

Yönetim Araştırmaları Dizisi - I

# AKILLI DÖNÜŞÜME YOLCULUK



## Editörler

**Prof. Dr. Semra Birgün**  
**Prof. Dr. Kemal Güven Gülen**  
**Doç. Dr. Atik Kulaklı**  
**Dr. Yıldız Şahin**

artikol  
akademi

**Bu kitap**



**İstanbul Gedik Üniversitesi**

**ve**



**Yönetim Araştırmaları Derneği**

**Destek ve katkıları ile hazırlanmıştır.**

ARTİKEL AKADEMİ: 190

*AKILLI DÖNÜŞÜME YOLCULUK*

Editörler:

Prof. Dr. Semra Birgün

Prof. Dr. Kemal Güven Gülen

Doç. Dr. Atik Kulaklı

Dr. Yıldız Şahin

Yayına hazırlayanlar: Tuğçe Beldek - Serkan Mutlu

ISBN: 978-605-74067-9-8

Birinci Basım Aralık - 2021

Bu kitapta yer alan çalışmalar, çift-kör hakem değerlendirme sürecinden geçirilmiştir.

Ofset Hazırlık: Artikel Akademi

Baskı ve Cilt: Net Kırtasiye Tanıtım ve Matbaa San. Tic. Ltd. Şti.

Gümüşsuyu, İnönü Caddesi & Beytül Malcı Sokak 23/A,

34427 Beyoğlu/İstanbul

Matbaa Sertifika No: 48627

Artikel Akademi bir Karadeniz Kitap Ltd. Şti. markasıdır.

© Karadeniz Kitap - 2021

Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında

yayımcının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

KARADENİZ KİTAP LTD. ŞTİ.

Koşuyolu Mah. Mehmet Akfın Sok. No:67/3 Kadıköy-İstanbul

Tel: 0 216 428 06 54 // 0530 076 94 90

Yayıncı Sertifika No: 19708

mail: [info@artikelakademi.com](mailto:info@artikelakademi.com)

[www.artikelakademi.com](http://www.artikelakademi.com)

# AKILLI DÖNÜŞÜME YOLCULUK

## EDİTÖRLER

Prof. Dr. Semra Birgün  
Prof. Dr. Kemal Güven Gülen  
Doç. Dr. Atik Kulaklı  
Dr. Yıldız Şahin

## YAYINA HAZIRLAYANLAR

Tuğçe Beldek  
Serkan Mutlu

## YAZARLAR

Abdulkadir Yelman  
Abdullah Türk  
Afşin Ahmet Kaya  
Ahmet Topuz  
Ali Gökhan Demir  
Ali Görener  
Ali Köse  
Alişan Gönül  
Alp Deveboynu  
Alper Canbaz  
Anıl Cıvgin  
Anıl Çubukçu  
Arif Demir  
Asım Kaygusuz  
Atınç Yılmaz

Atik Kulaklı  
Aysam Akses  
Ayşe Merve Koca Uyar  
Ayşe Muhammetoğlu  
Aziz Kemal Konyalıoğlu  
Bahar Ünsal Yılmaz  
Banu Güner  
Begüm Erten  
Beliz Ayşe Güvemli  
Berfu Fırtına  
Beyza Akyüz  
Billur Deniz Karahan  
Buğra Erkartal  
Burcu Özcan  
Bülent Soykan  
Büşra Kulaklı  
Can Sönmez  
Caner Güney  
Cansev Keşoğlu  
Cansın Özgör  
Cem Savaş Aydın  
Cem Yıldırım  
Cemile Aşkın  
Ceyhan Sarı  
Çağın Karabıçak  
Deniz Ürk  
Derya Eren Akyol  
Devrim Rodop  
Didem Ovalı Döndaş  
Dilara Yücel  
Ebru Bilici  
Ebru Diler  
Ebru Güzel  
Elçin Kerkhoff  
Elif Ağdaş  
Elif Çelenk Kaya  
Emel Gelmez

Emine Gündoğmuş  
Erdoğan Aktürk  
Eren İnel  
Esin Can  
Ezel Özkan  
Fatma Serab Onursal  
Fatma Yaşlı  
Fatoş Germirli Babuna  
Filiz Bektaş Balçık  
Funda Şensoy  
Furkan Bacak  
Gökçe Özden  
Gözde Sezgin Tunçay  
Gülşen Akman  
Habib Muhammetoğlu  
Hakan Erdoğan  
Hakan Tozan  
Hale Nur Güler  
Hasan Barboros  
Haşim Çapar  
Hatice Atalay  
Hatice Camgöz-Akdağ  
Hikmet Yılmaz  
Hilal Çelik  
Huriye Beyza Erdoğan  
Hür Bersam Bolat  
Işıl Akmehmet Balcıoğlu  
İbrahim Nizamoğlu  
İbrahim Sabuncu  
İnci Sarıçiçek  
İrem Toprak  
İzel Çelikkaya  
Kaan Karaharman  
Kadir Demir  
Kasım Baynal  
Kasım Bolat  
Kemal Çağlar Pamuk

Kübra Akben  
Lütfiye Küçük  
M. Yekcan Mahmutoğlu  
Mahammadalı Nahmatlı  
Mahmut Tekin  
Mehlika Kocabaş Akay  
Melis Almula Karadayı  
Mert Tolon  
Merve Ayaz  
Mesut Ulu  
Mikail Güneydaş  
Muhammet Kahrıman  
Murat Sükuti  
Mustafa Yağımlı  
Mutlu Yakın  
Müge Ensari Özay  
N. Necla Uluğtekin  
N. Ümit Başdaş  
Nazlı Akçamlı  
Nazlı Eser  
Nergis Çanakçı  
Nilay Elginöz Kanat  
Nilay Utlı  
O. Emre Yelek  
Olgay Yılmaz  
Ozan Akdağ  
Ozan Ateş  
Ozan Çoban  
Ömer Saygın  
Önder Umut  
Pelin Vardarlıer  
Polathan Kusbeci  
Redvan Ghasemlounia  
Sabahattin Kerem Aytulun  
Sebiha Yıldız  
Sedanur Selay Kasap  
Selen Avcı

Selime Döğer  
Selin Pınarcı  
Selin Yalçın  
Semra Birgün  
Sena Doğan  
Serkan Mutlu  
Serpil Erol  
Sevgi Güneş-Durak  
Simge Enderoğlu  
Sunullah Özbek  
Şebnem Ateş  
Şeyma Duman  
Taylan Hayri Balcıoğlu  
Tuba Karahan  
Tuğbay Burçin Gümüş  
Tuğçe Beldek  
Tunahan Oskan  
Türkü Sıla Özkan  
Uğur Özbalkan  
Ülkü Uzunçarşılı  
Vecdi Emre Levent  
Yalçın Beşiktaş  
Yasemin Tunç  
Yeliz Akçay  
Yıldırım Özüpak  
Yıldız Şahin  
Yiğit Bozdağ  
Zeki Hasgür  
Zerrin Aladağ  
Zeynep Altan  
Zeynep Yürek

artikol  
akademi



*Üretimin bir hayat felsefesi olduğunu savunan görüşleri ile  
bizleri aydınlatan ve yaşamlarımıza dokunan değerli hocamız*

*Prof. Dr. Ayhan Toraman'a ithafen...*



*Sevgi, saygı ve minnetlerimizle*

# ÖNSÖZ

Doğa, birbirine bağlı sayısız alt sistemlerden oluşan bir sistemdir ve bu alt sistemler arasındaki ilişkiler mükemmeldir. İnsanoğlu, doğada var olan alt sistemleri anlayarak ve aralarındaki ilişkileri keşfederek gelişimini sürdürür. Geliştikçe doğadan uzaklaşması ve doğaya zarar veren roller üstlenmesi ise bir paradigmadır, bir süre sonra doğa insan ihtiyaçlarına cevap veremeyecek seviyede zarar gördüğünde insanın gelişimini de olumsuz etkileyecektir. Doğal kaynakların paylaşımında yaşanan sorunların başında daha fazla kaynağa sahip olmak gelmektedir. Kaynak paylaşım sorunları ise insanları ve toplumları sürekli rekabet eden unsurlar haline getirmektedir.

Rekabet, yaşamımızın hemen her alanında yeni süreçler ve yeni teknolojilerin yaratılması ve yeni ürünler üretilmesi ile yaşanır. Rekabette süreç, teknoloji ve ürün olarak özetlenebilecek bu üç alandaki yaratıcılığın dinamizmi insanlığı sonsuz gelişim fırsatları ile tanıştırmaktadır. Rekabetin dinamik yapısı tarihten bu yana vardır ve giderek hızlanmaktadır. Tüm bunlar bizlere, içinde bulunduğumuz dönemde en hızlı değişimin yaşandığını, ancak gelecekte değişimin daha kapsamlı ve daha hızlı olacağını anlatır. Bu bakımdan yaşadığımız dönemde artık değişimden değil, dönüşümden bahsetmemiz yerinde olur. Yakın geçmişte büyük bir hamle olduğunu düşündüğümüz değişim ve gelişim felsefesi çok kısa sürede tüketilmiş ve yerini dönüşüm anlayışına bırakmıştır. Teknolojik yaratıcılık tüm zamanlardakinden daha hızla insanlığın hizmetine sunulabilmektedir ve tüm yaşam unsurlarımız bu ürünler üzerinden yeniden tanımlanmaktadır. Yeni ürünlerin yarattığı yaşam tarzı gerek yönetim süreçlerinde gerekse de mühendislik süreçlerinde akıllı stratejiler geliştirmemizi, yaşadığımız dönüşüme planlı ve programlı biçimde uyum sağlamamızı da zorunlu kılmaktadır. Zira, ülkemizde sanayi altyapısı oldukça gelişmiş ve birçok sektörde hemen her türlü üretimi gerçekleştirecek kadar yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte, sanayimizin çeşitli dallarında faaliyet gösteren işletmelerimiz ağırlıklı olarak küçük ve orta ölçekli işletmelerdir, görece orta seviyede teknolojilerle ve süreçlerle faaliyetlerini sürdürmektedirler. Bunların bir sonucu olarak, dünya ölçeğinde

rekabete açık işletmelerimiz azdır. Firmalarımızın büyük kısmı görece kısıtlı finansal ve teknik olanaklara sahiptirler. Bu nedenle, firmalarımızın hedefleri ve kapasiteleri eski dönemlerde olduğundan çok daha iyi analiz edilmelidir. Akıllı dönüşümü gerçekleştirme süreçlerine ilişkin uzun, orta ve kısa dönemli planlar hazırlanmalı; süreçler verimlilik kriterlerine uygun yönetilmelidir.

Kısaca açıklamaya çalıştığımız düşünceler ışığında, kitabımızın adını “Akıllı Dönüşüme Yolculuk” olarak belirledik. Bu adı verirken, birbirinden bağımsız gibi görünen ancak yakından ilişkili iki geniş çalışma alanını bir araya getirmeyi amaçladık. Söz konusu iki çalışma alanını “dünyada geliştirilen akıllı teknolojiler” ve “bu teknolojilere akıllı biçimde uyum sağlamak” olarak ifade edebiliriz.

Ülkemizde akıllı teknolojileri geliştirmeye; diğer bir deyişle, akıllı teknoloji ürünlerini tasarlamaya ve üretmeye her geçen gün daha fazla ilgi göstermekteyiz ve bu anlamda üretim kapasitemiz de sürekli gelişmektedir. Ancak, tasarım ve üretim sürecinin doğası bilgi ikliminden beslenir; bilgi üretiliyorsa ve bu bilgi ürüne dönüşebiliyorsa tasarım ve üretimde fark yaratılabilir. Bu konudaki gelişme hızımızın gelişmiş ülkeleri yakalayacak seviyede olması için yapılması gerekenler rekabet stratejilerinin özel bir konusudur ve kitabımızın kapsamı dışındadır.

Ülkemizde “akıllı teknolojilere akıllı biçimde uyum sağlamak” için de yapılabilecek çok şey vardır. Giderek daha pahalı ve vazgeçilmez hale gelen akıllı teknoloji ürünlerinin çok büyük bir kısmını gelişmiş ülkelerden ithal etmekteyiz. Bu bakımdan ülke olarak “akıllı teknoloji üreticisi” değil, daha çok “akıllı teknoloji kullanıcısı” rolünü üstlenmekteyiz.

Kitabımızdaki çalışmaların ağırlıklı kısmı, yaşamımızın hemen her alanında akıllı teknolojilerin getirdiği yararlar konusuna odaklanmaktadır. Ancak kitabın bütününde göz önünde tutulması gereken, yaşamımızda akıllı dönüşümü gerçekleştirme sürecinin kapsamı ve aşamalarıdır. Yeni gündeme gelen bir konu olması itibarıyla oluşturulabilecek stratejilere ve süreçlere ışık tutarak başlamayı amaçladık. Yakın gelecekte, ülkemiz

genelinde büyük ölçekli ve kapsamlı verilerin de üretilerek “akıllı dönüşüme yolculuk” konusunda daha ayrıntılı çalışmaların ve araştırmaların yapılacağını umut etmekteyiz.

Kitabımız Özgün Çalışmalar ve İngilizce Özetler olmak üzere iki kısımda düzenlenmiştir. İlk kısım dijital dönüşüm, yönetim araştırmaları ve mühendislik uygulamaları adı altında üç bölümden oluşmaktadır. İkinci kısımda ise bu çalışmalara ait İngilizce özetler yer almaktadır. Kitabımızda teknolojideki gelişmeler ve dijitalleşme, üretim araştırmaları, akıllı yaşam ve akıllı kentler gibi alanlarda mühendislikten yönetime, spordan sağlığa, şehircilik ve çevre yönetiminden eğitime her alanda akademik çalışmaları ve uygulama örneklerini bulabilirsiniz.

Birlikte çıktığımız yolculukta çalışmamıza sağladıkları katkılarından dolayı değerli yazarlarımıza ve hakemlerimize; her aşamada bizleri koşulsuz destekleyen İstanbul Gedik Üniversitesi adına Sayın Rektör Prof. Dr. Nihat Akkuş'a ve Yönetim Araştırmaları Derneğine şükranlarımızı sunarız.

Yayına hazırlık sürecinin tüm aşamalarında büyük bir özveri ile çalışan sevgili Tuğçe Beldek ve Serkan Mutlu'ya; basına hazırlayan Artikel Akademi Yayınevi adına Sevgili Aysel Akdaş'a, ekibine ve kitabımızın karşınıza çıkmasında emeği geçen herkese teşekkür ederiz.

Bizler bir fayda sağlamaya çalıştık, umarız beğenirsiniz. İyi okumalar...

Editörler Kurulu

Aralık, 2021



## İÇİNDEKİLER

<b>KISIM 1 – ÖZGÜN ÇALIŞMALAR</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1 – DİJİTAL DÖNÜŞÜM</b>	<b>2</b>
<b>Endüstri 4.0 Paradigması: Bibliyometrik Bir Analiz</b> <i>Mahmut Tekin, Emel Gelmez</i>	<b>3</b>
<b>İşletmelerin Dijital Dönüşümü</b> <i>Abdullah Türk, Pelin Vardarlier, Yasemin Tunç</i>	<b>21</b>
<b>İş Dünyasında ve Literatürde Kurumsallaşma Süreci Çelişkisi: Dönüşüm Yolculuğunun Farklı Yorumları</b> <i>N. Ümit Başdaş</i>	<b>38</b>
<b>Endüstri 4.0 ile İlgili Yapılan Çalışmaların İçerik Analizi Yöntemiyle İncelenmesi</b> <i>Hasan Barboros, Kasım Baynal</i>	<b>57</b>
<b>IMPULS Modeli ile Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi: Otomotiv Kümesi İçin Bir Çalışma</b> <i>Tuğbay Burçin Gümüş, Semra Birgün</i>	<b>82</b>
<b>Akıllı Şebekeler ve Blokzincir Uygulamaları</b> <i>Abdulkadir Yelman, Asım Kaygusuz</i>	<b>102</b>
<b>İşletmelerde Dijital Dönüşüm Sürecinde Dijital İkiz Teknolojisinin Rolü</b> <i>Polathan Küsbeci, Ülkü Uzunçarşılı</i>	<b>112</b>
<b>Yapay Zeka Algoritma Önyargılarına Yönelik Analiz: Kalitatif Ön Test Çalışması</b> <i>Atik Kulaklı, Büşra Kulaklı</i>	<b>130</b>
<b>Farklı Geri Bildirimlerle BİST100'ün Sonraki Gün Kapanış Yönünü Tahmin Etmek İçin Makine Öğrenme Tekniklerinin Kullanılması</b> <i>Buğra Erkartal, Atınç Yılmaz</i>	<b>146</b>
<b>Dağıtım Operasyonlarında Kamyon-Dron Ekip Lojistiği Çalışmaları</b> <i>Gökçe Özden, İnci Sarıçiçek</i>	<b>155</b>

<b>Otomotiv ve Tekstil Sektörlerinden Örnek Kümelerin Uluslararasılaşma Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile Karşılaştırılması</b>	<b>175</b>
<i>Tuğbay Burçin Gümüş</i>	
<b>Dijital Liderlerin İşletmelerin Dönüşüm Sürecindeki Önemi</b>	<b>190</b>
<i>Emine Gündoğmuş, Pelin Vardarlier, Huriye Beyza Erdoğan</i>	
<b>Uzaktan Test Yönetimi için Akıllı Dönüşüm Uygulaması</b>	<b>205</b>
<i>Aysam Akses, Olgay Yılmaz, Anıl Cıvgın, O. Emre Yelek</i>	
<b>İşe Alım Süreçlerinde Dijital Dönüşüm: Sanal Mülakat Simülasyon Sistemi</b>	<b>215</b>
<i>Pelin Vardarlier</i>	
<b>Kentlerin “Akıllı” Dönüşümü: Açık Veri-Açık Kent</b>	<b>229</b>
<i>Mikail Güneydaş, Caner Güney, Filiz Bektaş Balçık, Hatice Atalay</i>	
<b>Yeni Nesil Afet Önleyici Yapılar</b>	<b>243</b>
<i>Afşin Ahmet Kaya</i>	
<b>Akıllı Kentler ve Mekânsal Bilişim</b>	<b>271</b>
<i>İzel Çelikkaya, Furkan Bacak, Ceyhan Sarı, Hatice Atalay, Caner Güney, N. Necla Uluğtekin</i>	
<b>Akıllı Kentler ve Kartografik Görselleştirme Problemleri: Pandemi Örneği</b>	<b>287</b>
<i>Hatice Atalay, N. Necla Uluğtekin</i>	
<b>Akıllı Şehir Planlamaları ile Sürdürülebilir Turizm İmkanlarının İncelenmesi</b>	<b>301</b>
<i>Alp Deveboynu, Ebru Bilici, Nazlı Eser</i>	
<b>Afet Sonrası Barınma Sürecinde Konteynır Kent Gereksinimi</b>	<b>317</b>
<i>Elif Çelenk Kaya</i>	
<b>Yalova’da Bir Binanın Yapımında Oluşan Küresel Isınma Potansiyelinin Saptanması</b>	<b>337</b>
<i>Can Sönmez, Nilay Elginöz Kanat, Fatoş Germirli Babuna</i>	
<b>Marmara Bölgesi için Temel Rüzgâr Hızlarının Belirlenmesi</b>	<b>346</b>
<i>Önder Umut, Zeki Hasgür</i>	

<b>BÖLÜM 2 – YÖNETİM ARAŞTIRMALARI</b>	<b>357</b>
<b>Ergonomik Kısıtlı Karma Modelli U-Tipi Montaj Hattı Dengelemesi</b>	<b>358</b>
<i>Mahammadalı Nahmatlı, Banu Güner</i>	
<b>Operasyon Modelinde Reengineering: Bankacılık Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması</b>	<b>375</b>
<i>Devrim Rodop</i>	
<b>İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetiminde Kaizen Yaklaşımı, Bireysel Yaratıcı Öneri Sistemi Uygulama Örneği</b>	<b>391</b>
<i>Lütfiye Küçük, Mustafa Yağımlı, Hakan Tozan</i>	
<b>Türk Hava Yolları'nda Turnaround Yönetimi (TMAN) Projesi İçin Referans Model Geliştirilmesi</b>	<b>405</b>
<i>Hikmet Yılmaz, Alper Canbaz, Aziz Kemal Konyalıoğlu, Tuğçe Beldek, Hatice Camgöz-Akdağ</i>	
<b>Dayanıklı Çizelgeleme ve Operasyonel Belirsizliği Dikkate Alan Çizelge Eniyileme Yaklaşımları</b>	<b>419</b>
<i>Bülent Soykan, Serpil Erol</i>	
<b>Sürekli Kısıtsız Optimizasyon Problemlerinde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Parametrelerinin Tam Faktöriyel Deney Tasarımı ile Seçilmesi</b>	<b>434</b>
<i>Serkan Mutlu, Banu Güner</i>	
<b>Endüstri 4.0'ın İnşaat Projelerindeki İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunlarına Katkısı</b>	<b>454</b>
<i>Begüm Erten, Gözde Sezgin Tunçay, M. Yekcan Mahmutoğlu</i>	
<b>Rafineri İnşaatındaki Boru Taşıma Hatları Üzerindeki Elle Kablo Çekme Prosesinin OWAS Yöntemi ile Analizi</b>	<b>475</b>
<i>Hakan Erdoğan, Mustafa Yağımlı</i>	
<b>Sürdürülebilir Rüzgâr Enerjisinin Kurulumunda Proje Yönetiminin Rolü</b>	<b>493</b>
<i>Selime Döğer, Fatma Serab Onursal</i>	
<b>İnşaat Sektörünün Hammaddesi Agregalaboratuvarlarında Risk Değerlendirme Çalışması: Model Bir Çalışma, Tehlike Tanımlaması ve Risklerin Değerlendirilmesi</b>	<b>514</b>
<i>Şebnem Ateş</i>	



<b>Havalimanı Yer Hizmetleri Binalarının Temizlik İşlerinde REBA Ve RULA İncelemesi</b>	<b>532</b>
<i>Nergis Çanakçı, Müge Ensari Özay</i>	
<b>Üniversite Kampüsünde Su Tüketimi ve Sayaç Sonrası Sızıntıların Akıllı Su Sayaçları Kullanılarak İncelenmesi</b>	<b>547</b>
<i>Simge Enderoğlu, Ayşe Muhammetoğlu, Habib Muhammetoğlu</i>	
<b>Emek Yoğun Süreçlerin Teknoloji Adaptasyonu: Yeraltı Madenciliği</b>	<b>562</b>
<i>Fatma Yaşlı, Hür Bersam Bolat</i>	
<b>Çalışan Memnuniyeti İle İşe Tutulma Arasındaki İlişkide Yaş Ve Tecrübenin Rolü Üzerine Bir Araştırma</b>	<b>579</b>
<i>Mutlu Yakın</i>	
<b>Endüstriyel Tesislerde Çatı Yangınları ve Bir Otomotiv Firması İncelemesi</b>	<b>594</b>
<i>Anıl Çubukçu, Mustafa Yağimli, Hakan Tozan</i>	
<b>Sanayide Kullanılan Basınçlı Kaplarda İş Güvenliği Uygulamaları</b>	<b>606</b>
<i>Cem Yıldırım, Mustafa Yağimli</i>	
<b>Gelişmekte Olan Ülkelerde Çokuluslu İşletmelerin Doğrudan Yabancı Yatırımlarında ÇKKV ile Lokasyon Seçimi: Türkiye Örneği</b>	<b>618</b>
<i>Nilay Utlu, Yıldız Şahin, Esin Can</i>	
<b>Bulanık AHS ve EDAS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi: İmalat Sektöründe Bir Uygulama</b>	<b>631</b>
<i>Elçin Kerkhoff, Ali Görener</i>	
<b>Bulanık AHP Yöntemi ile Bir Dağıtım Planlama Uygulaması</b>	<b>649</b>
<i>Ozan Ateş, Cem Savaş Aydın</i>	
<b>Sürdürülebilir Lojistik Sürecinde Araç Tedarik Performans Analizi</b>	<b>666</b>
<i>Erdoğan Aktürk, Burcu Özcan</i>	
<b>Uyarlanabilir Üretim Sistemlerinde Dağıtım Maliyetlerinin Optimizasyonu</b>	<b>679</b>
<i>Muhammet Kahrıman, Erdoğan Aktürk, Yıldız Şahin</i>	

<b>Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi için Karınca Kolonisi Optimizasyonu ve Tavlama Benzetimi Algoritmaları Kullanılarak Bir Çözüm Önerisi</b>	<b>693</b>
<i>Selin Yalçın, Sabahattin Kerem Aytulun</i>	
<b>Kimya Endüstrisinde Çok Kriterli ABC-VED Analizine Dayalı Envanter Yönetimi</b>	<b>708</b>
<i>Yıldız Şahin, Ezel Özkan, Sedanur Selay Kasap</i>	
<b>Blok Zinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Sistemine Entegrasyonunda Karşılaşılan Zorlukların AHP ile Değerlendirilmesi</b>	<b>722</b>
<i>Ebru Diler, Derya Eren Akyol</i>	
<b>Topraksız Tarım ile Yaş Sebze Üzerine bir Fizibilite Çalışması: Türkiye Örneği</b>	<b>737</b>
<i>Beliz Ayşe Güvemli, Tunahan Oskan, Tuğçe Beldek, Aziz Kemal Konyahoğlu, Hatice Camgöz-Akdağ</i>	
<b>KOBİ'lerin E- Ticarete Bakış Açısının İstatistiksel Olarak İncelenmesi</b>	<b>753</b>
<i>Mehlika Kocabaş Akay, Burcu Özcan, Çağın Karabıçak</i>	
<b>E-Ticaret Sektöründe Şikayet Yönetimine Yönelik Gri İlişkisel Analiz Tekniği Uygulaması</b>	<b>769</b>
<i>Hale Nur Güler</i>	
<b>COVID-19 Pandemi Sürecinin Tüketici Satın Alma Davranışlarına Etkisi: E-Ticaret Sektöründe Bir Uygulama</b>	<b>786</b>
<i>Selin Pınarcı, Dilara Yücel, Selen Avcı, Zerrin Aladağ</i>	
<b>Depremlerin Gömülü Boru Sistemlerine Olası Etkileri: Tedarik Zinciri Açısından Bir Literatür İncelemesi</b>	<b>799</b>
<i>İrem Toprak, Redvan Ghasemlounia, Mert Tolon</i>	
<b>Otomotiv Sektöründe Hedef Programlama Yöntemi ile Tedarikçi Değerlendirmesi</b>	<b>815</b>
<i>Kemal Çağlar Pamuk, Yıldız Şahin</i>	
<b>E-Atık Yönetiminde Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi</b>	<b>831</b>
<i>Sevgi Güneş-Durak</i>	
<b>Zeytinyağı Endüstrisi Atıklarının Sürdürülebilir Yönetimi</b>	<b>850</b>
<i>Sena Doğan, Merve Ayaz, Ömer Saygın, Işıl Akmeahmet Balcioğlu</i>	

<b>İşletmelerin Kriz Yönetimi ve Stratejileri: Sağlık İşletmelerinde Bir Uygulama</b>	<b>870</b>
<i>Haşim Çapar, Mesut Ulu, Hilal Çelik</i>	
<b>Sporla Girişimcilik ve Yeni Çalışma Biçimleri: Spor Girişimciliğine Doğru</b>	<b>890</b>
<i>Nilay Utlu, Bahar Ünsal Yılmaz</i>	
<b>Spora Katılım Düzeyinin Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri Yaklaşımı ile İncelenmesi</b>	<b>904</b>
<i>Bezya Akyüz, Yalçın Beşiktaş</i>	
<b>Eş Zamanlı Fiziksel ve Zihinsel Egzersiz Yönetim Sistemi Tasarımı</b>	<b>927</b>
<i>Uğur Özbalkan, Taylan Hayri Balcıoğlu, Cansın Özgör, Murat Sükuti, Vecdi Emre Levent</i>	
<b>Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ünitesinin Simülasyon Yöntemi ile Değerlendirilmesi</b>	<b>944</b>
<i>Elif Ağdaş, Hakan Tozan, Melis Almula Karadayı</i>	
<b>Kişisel Özelliklerin Dinlenen Müzik Türü Üzerindeki Etkileri</b>	<b>964</b>
<i>Çağın Karabıçak, Burcu Özcan, Mehlika Kocabaş Akay</i>	
<b>Üniversite Öğrencilerinin Kariyer Hedeflerinin Tahminine Yönelik Kavramsal Çözümleme: Ontoloji</b>	<b>983</b>
<i>Zeynep Altan</i>	
<b>Öğrencilerdeki Akademik Erteleme Davranışının Akademisyenlerin Örgütsel Bağlılıklarına Etkisi: Bir Vakıf Üniversitesinde Kalitatif Araştırma</b>	<b>108</b>
<i>Yeliz Akçay</i>	
<b>Yükseköğretim Kurumlarında Öğrenci Başarı Faktörlerinin Çok Kriterli Analizi</b>	<b>1022</b>
<i>Yıldız Şahin, Sedanur Selay Kasap, Ezel Özkan, Berfu Fırtına</i>	
<b>COVID-19'un Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Öğrencileri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi</b>	<b>1038</b>
<i>Cemile Aşkın, Selen Avcı, Zerrin Aladağ</i>	
<b>COVID19 Vaka Sayılarının Twitter Verilerine Dayalı Tahmin Modeli</b>	<b>1052</b>
<i>İbrahim Sabuncu, Zeynep Yürek</i>	

<b>Sürdürülebilir Beslenmenin Yönetilmesi, Örnek Uygulama: Pazar Atığından Sofraya</b>	<b>1076</b>
<i>Funda Şensoy, Ayşe Merve Koca Uyar, Ebru Güzel</i>	
<b>Ekonomik, Sağlıklı ve Sürdürülebilir Beslenmede Maliyet Yönetimi</b>	<b>1093</b>
<i>Ayşe Merve Koca Uyar, Funda Şensoy</i>	
<b>Dijitalleşmenin Salgın Hastalık Gölgesinde Jenerasyon Farkıyla Değerlendirilmesi</b>	<b>1107</b>
<i>Erdoğan Aktürk, Gülşen Akman</i>	
<b>BÖLÜM 3 – MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI</b>	<b>1122</b>
<b>Elektrik Enerjisinin Kablosuz Aktarımının İncelenmesi</b>	<b>1123</b>
<i>Yıldırım Özüpak</i>	
<b>Güç Sistemlerinde TLBO Algoritması İle Zehirli Gaz Emisyonlarının Azaltılması</b>	<b>1136</b>
<i>Ozan Akdağ</i>	
<b>Araçlardaki Kablosuz Güç Aktarımının ANSYS-Maxwell ile Analizi</b>	<b>1148</b>
<i>Yıldırım Özüpak</i>	
<b>Mikro İşleme Yapabilen 5 Eksenli Takım Bileme Tezgâhının Lazer Yüzey İşleme ile Geliştirilmesi</b>	<b>1157</b>
<i>Cansev Keşoğlu, Kasım Bolat, Yiğit Bozdağ, İbrahim Nizamoğlu, Kadir Demir, Ali Gökhan Demir</i>	
<b>Fotokatalitik Uygulamalar için Karbon Kaplı CuO Nanopartiküllerin Sentezi</b>	<b>1168</b>
<i>Didem Ovalı Döndaş, Şeyma Duman, Nazlı Akçamlı</i>	
<b>Ergiyik Metal/Alaşım Proseslerinde LIBS Analizi Uygulamaları</b>	<b>1184</b>
<i>Kübra Akben, Arif Demir, Deniz Ürk, Ozan Çoban, Kaan Karaharman, Türkü Sıla Özkan</i>	
<b>Hidrodinamik ve Isıl Olarak Gelişmekte ve Tam Gelişmiş Boru İçi Akışta Isı Geçişi ve Basınç Düşüşünün Sayısal Olarak İncelenmesi</b>	<b>1204</b>
<i>Ali Köse, Alişan Gönül, Sebiha Yıldız</i>	

**Nanoyapılı Molibden Oksitin Değişen Hidrotermal Parametrelerinde Sentezi ve Lityum- İnterkalasyon Özelliklerinin Değerlendirilmesi** 1223  
*Billur Deniz Karahan, Eren İnel*

**Tahribatsız Replika Tekniği Kullanılarak Süper Isıtıcı Borularda Sürünme Hasarı ve Kalan Ömrün Belirlenmesi** 1236  
*Tuba Karahan, Ahmet Topuz, Sunullah Özbek*

---

**KISIM 2 – İNGİLİZCE ÖZETLER** 1247  
**(ABSTRACTS)**

---

**Industry 4.0 Paradigm: A Bibliometric Analysis** 1248  
*Mahmut Tekin, Emel Gelmez*

**Digital Transformation of Businesses** 1251  
*Abdullah Türk, Pelin Vardarlier, Yasemin Tunç*

**Paradox of Institutionalization Process Concept in Business and Academic Circles: Another Way of Journey to Smart Transformation** 1254  
*N. Ümit Başdaş*

**Analysis of the Studies on Industry 4.0 by Content Analysis Method** 1256  
*Hasan Barboros, Kasım Baynal*

**Determining the Industry 4.0 Maturity Level of an Automotive Clustering with IMPULS Model** 1258  
*Tuğbay Burçin Gümüüş, Semra Birgün*

**Smart Grids and Blockchain Applications** 1260  
*Abdulkadir Yelman, Asım Kaygusuz*

**The Role of Digital Twin Technology in the Digital Transformation Process in Business** 1262  
*Polathan Küsbeci, Ülkü Uzunçarşılı*

**Analysis of Artificial Intelligence Algorithmic Biases: Qualitative Pre-Test Study** 1265  
*Atik Kulaklı, Büşra Kulaklı*

<b>Using Machine Learning Techniques to Predict the Direction of the Next Day's Closing Price of BİST100 with Different Feedbacks</b>	<b>1268</b>
<i>Buğra Erkartal, Atınç Yılmaz</i>	
<b>Truck-Drone Team Logistics Studies in Distribution Operations</b>	<b>1270</b>
<i>Gökçe Özden, İnci Sarıçiçek</i>	
<b>Comparison of Internationalization Performances of Sample Clusters from Automotive and Textile Sectors with TOPSIS Method</b>	<b>1272</b>
<i>Tuğbay Burçin Gümüş</i>	
<b>The Importance of Digital Leaders in the Business Transformation Process</b>	<b>1274</b>
<i>Emine Gündoğmuş, Pelin Vardarlier, Huriye Beyza Erdoğan</i>	
<b>Smart Transformation Application for Remote Test Management</b>	<b>1276</b>
<i>Aysam Akses, Olgay Yılmaz, Anıl Cıvgın, O. Emre Yelek</i>	
<b>Digital Transformation in Recruitment Processes: Virtual Interview Simulation System</b>	<b>1279</b>
<i>Pelin Vardarlier</i>	
<b>“Smart” Transformation of Cities: Open Data – Open City</b>	<b>1281</b>
<i>Mikail Güneydaş, Caner Güney, Filiz Bektaş Balçık, Hatice Atalay</i>	
<b>New Generation of Disaster Preventive Structures</b>	<b>1284</b>
<i>Afşin Ahmet Kaya</i>	
<b>Smart Cities and Spatial Informatics</b>	<b>1286</b>
<i>İzel Çelikkaya, Furkan Bacak, Ceyhan Sarı, Hatice Atalay, Caner Güney, N. Necla Uluğtekin</i>	
<b>Smart Cities and Cartographic Visualization Problems</b>	<b>1289</b>
<i>Hatice Atalay, N. Necla Uluğtekin</i>	
<b>Investigation of Sustainable Tourism Opportunities with Smart City Planning</b>	<b>1291</b>
<i>Alp Deveboynu, Ebru Bilici, Nazlı Eser</i>	
<b>Container City Needs After Disaster Housing Process</b>	<b>1293</b>
<i>Elif Çelenk Kaya</i>	

<b>Global Warming Potential of the Construction of a Building in Yalova</b>	<b>1295</b>
<i>Can Sönmez, Nilay Elginöz Kanat, Fatoş Germirli Babuna</i>	
<b>Determination of Basic Wind Speeds for the Marmara Region</b>	<b>1297</b>
<i>Önder Umut, Zeki Hasgür</i>	
<b>Ergonomic Constrained Mixed Model U-Shaped Assembly Line Balancing</b>	<b>1300</b>
<i>Mahammadalı Nahmatlı, Banu Güner</i>	
<b>Reengineering in Operating Model: Business Process Reengineering in Banking Processes</b>	<b>1302</b>
<i>Devrim Rodop</i>	
<b>Kaizen Approach in Occupational Health and Safety Management, Individual Creative Suggestion System Application Example</b>	<b>1304</b>
<i>Lütfiye Küçük, Mustafa Yağımlı, Hakan Tozan</i>	
<b>Reference Model Development for Turkish Airlines Turnaround Management (TMAN) Project</b>	<b>1307</b>
<i>Hikmet Yılmaz, Alper Canbaz, Aziz Kemal Konyalıoğlu, Tuğçe Beldek, Hatice Camgöz-Akdağ</i>	
<b>Robust Scheduling and Schedule Optimization Approaches Under Operational Uncertainty</b>	<b>1309</b>
<i>Bülent Soykan, Serpil Erol</i>	
<b>Selection of Particle Swarm Optimization Algorithm Parameters via Full Factorial Design of Experiment in Continuous Unconstrained Optimization Problems</b>	<b>1312</b>
<i>Serkan Mutlu, Banu Güner</i>	
<b>Contribution of Industry 4.0 to Occupational Health and Safety Issues in Construction Projects</b>	<b>1314</b>
<i>Begüm Erten, Gözde Sezgin Tunçay, M. Yekcan Mahmutoğlu</i>	
<b>Analysis of Manually Cable Pulling Process in Refinery Construction Site on the Pipe Rack with OWAS</b>	<b>1317</b>
<i>Hakan Erdoğan, Mustafa Yağımlı</i>	
<b>The Role of Project Management in the Installation of Sustainable Wind Energy</b>	<b>1320</b>
<i>Selime Döğer, Fatma Serab Onursal</i>	

<b>Risk Assessment Study in Aggregate Laboratories: A Model Study, Hazard Identification and Assessment of Risks</b>	1322
<i>Şebnem Ateş</i>	
<b>REBA and RULA Inspection in Cleaning Works of Airport Ground Service Buildings</b>	1324
<i>Nergis Çanakçı, Müge Ensari Özay</i>	
<b>Investigation of Water Consumption and Post Meter Leakages at a University Campus Using Smart Water Meters</b>	1326
<i>Simge Enderoğlu, Ayşe Muhammetoğlu, Habib Muhammetoğlu</i>	
<b>Technological Adaptation of Labour-Intensive Processes: Underground Mining</b>	1328
<i>Fatma Yaşlı, Hür Bersam Bolat</i>	
<b>A Study on the Role of Age and Experience in the Relationship between Work Satisfaction and Job Engagement</b>	1330
<i>Mutlu Yakın</i>	
<b>Roof Fires at Industrial Plants and an Automotive Company Investigation</b>	1333
<i>Anıl Çubukçu, Mustafa Yağimli, Hakan Tozan</i>	
<b>Occupational Safety Measures in Pressure Vessels Used in Industry</b>	1335
<i>Cem Yıldırım, Mustafa Yağimli</i>	
<b>Site Selection through MCDM for Foreign Direct Investment of Multinationals in Developing Countries: The Case of Turkey</b>	1337
<i>Nilay Utlu, Yıldız Şahin, Esin Can</i>	
<b>Supplier Selection with Fuzzy AHP and EDAS Methods: An Application in Manufacturing Industry</b>	1339
<i>Elçin Kerkhoff, Ali Görener</i>	
<b>Distribution Planning Application with the Fuzzy AHP</b>	1341
<i>Ozan Ateş, Cem Savaş Aydın</i>	
<b>Sustainable Performance Measurement for Vehicle Supply Performance in Logistics</b>	1343
<i>Erdoğan Aktürk, Burcu Özcan</i>	



<b>Optimization of Distribution Costs in Adaptive Production Systems</b>	<b>1345</b>
<i>Muhammet Kahrıman, Erdoğan Aktürk, Yıldız Şahin</i>	
<b>Hybrid Ant Colony Optimization-Simulated Annealing Method for the Capacitated Vehicle Routing Problem</b>	<b>1347</b>
<i>Selin Yalçın, Sabahattin Kerem Aytulun</i>	
<b>Inventory Management based on Multi-criteria ABC-VED Analysis in the Chemical Industry</b>	<b>1349</b>
<i>Yıldız Şahin, Ezel Özkan, Sedanur Selay Kasap</i>	
<b>Evaluation of The Challenges in Integrating Blockchain Technology to The Supply Chain System with AHP Method</b>	<b>1352</b>
<i>Ebru Diler, Derya Eren Akyol</i>	
<b>A Feasibility Study on Soilless Agriculture and Fresh Vegetables: A Case Study for Turkey</b>	<b>1355</b>
<i>Beliz Ayşe Güvemli, Tunahan Oskan, Tuğçe Beldek, Aziz Kemal Konyalıoğlu, Hatice Camgöz-Akdağ</i>	
<b>The Statistical Analysis of SMEs' Perspectives About Using E-Commerce Service</b>	<b>1357</b>
<i>Mehlika Kocabaş Akay, Burcu Özcan, Çağın Karabıçak</i>	
<b>Gray Relative Analysis Technique Application for Complaint Management in the E-Commerce Sector</b>	<b>1359</b>
<i>Hale Nur Güler</i>	
<b>The Effect of COVID-19 Pandemic Process on Consumer Purchasing Behavior: A Study of E-Commerce Industry</b>	<b>1361</b>
<i>Selin Pınarcı, Dilara Yücel, Selen Avcı, Zerrin Aladağ</i>	
<b>Possible Effects of Earthquakes on Buried Pipelines: A Literature Review from Supply Chain Perspective</b>	<b>1363</b>
<i>İrem Toprak, Redvan Ghasemlounia, Mert Tolon</i>	
<b>Supplier Evaluation using the Goal Programming Method in the Automotive Industry</b>	<b>1365</b>
<i>Kemal Çağlar Pamuk, Yıldız Şahin</i>	
<b>Waste Management: Evaluation of Sustainability in E-Waste Management</b>	<b>1367</b>
<i>Sevgi Güneş-Durak</i>	

<b>Sustainable Management of Olive Oil Industry Waste</b> <i>Sena Doğan, Merve Ayaz, Ömer Saygın, Işıl Akmeahmet Balcıoğlu</i>	1369
<b>Crisis Management and Strategies of Businesses: An Application in Health Institutions</b> <i>Haşım Çapar, Mesut Ulu Hilal Çelik</i>	1372
<b>Entrepreneurship and New Ways of Working in Sports: Towards Sports Entrepreneurship</b> <i>Nilay Utlu, Bahar Ünsal Yılmaz</i>	1374
<b>Examining the Level of Participation in Sports with the Theory of Constraints – Thinking Processes Approach</b> <i>Beyza Akyüz, Yalçın Beşiktas</i>	1376
<b>Design of Simultaneous Physical and Cognitive Training Management System</b> <i>Uğur Özbalkan, Taylan Hayri Balcıoğlu, Cansın Özgör, Murat Sükuti, Vecdi Emre Levent</i>	1378
<b>Evaluation of Physical Therapy and Rehabilitation Unit with Simulation Method</b> <i>Elif Ağdaş, Hakan Tozan, Melis Almula Karadayı</i>	1380
<b>The Effects of Personal Features on the Genres of Music</b> <i>Çağın Karabiçak, Burcu Özcan, Mehlika Kocabaş Akay</i>	1382
<b>Conceptual Analysis to Predict Career Goals of University Students: Ontology</b> <i>Zeynep Altan</i>	1384
<b>The Effect of Students' Academic Procrastination Behavior on Academics' Organizational Commitment: Qualitative Research at a Foundation University</b> <i>Yeliz Akçay</i>	1386
<b>Multi-Criteria Analysis of Student Success Factors in Higher Education Institutions</b> <i>Yıldız Şahin, Sedanur Selay Kasap, Ezel Özkan, Berfu Fırtına</i>	1388
<b>Investigation of the Effects of COVID-19 on Kocaeli University Industrial Engineering Undergraduates</b> <i>Cemile Aşkın, Selen Avcı, Zerrin Aladağ</i>	1391

<b>Forecast Model of COVID-19 Case Numbers Based on Twitter Data</b>	<b>1393</b>
<i>İbrahim Sabuncu, Zeynep Yürek</i>	
<b>Managing Sustainable Nutrition, Sample Application: From Market Waste to Table</b>	<b>1395</b>
<i>Funda Şensoy, Ayşe Merve Koca Uyar, Ebru Güzel</i>	
<b>Cost Management in Economic, Healthy and Sustainable Nutrition</b>	<b>1397</b>
<i>Ayşe Merve Koca Uyar, Funda Şensoy</i>	
<b>Evaluation of Digitalization in the Shadow of the Epidemic by Generation Difference</b>	<b>1399</b>
<i>Erdoğan Aktürk, Gülşen Akman</i>	
<b>Wireless Transmission of Electrical Energy</b>	<b>1402</b>
<i>Yıldırım Özüpak</i>	
<b>Reducing Toxic Gas Emissions with TLBO Algorithm in Power Systems</b>	<b>1404</b>
<i>Ozan Akdağ</i>	
<b>Analysis of Wireless Power Transmission in Vehicles with ANSYS-Maxwell</b>	<b>1406</b>
<i>Yıldırım Özüpak</i>	
<b>Development of a 5-Axis Laser Micromachining System for Shaping Woodworking Tools</b>	<b>1408</b>
<i>Cansev Keşoğlu, Kasım Bolat, Yiğit Bozdağ, İbrahim Nizamoğlu, Kadir Demir, Ali Gökhan Demir</i>	
<b>Synthesis of Carbon Coated CuO Nanoparticules for Photocatalytic Applications</b>	<b>1411</b>
<i>Didem Ovalı Döndaş, Şeyma Duman, Nazlı Akçamlı</i>	
<b>LIBS Applications for Molten Metal/Alloy Processes</b>	<b>1414</b>
<i>Kübra Akben, Arif Demir, Deniz Ürk, Ozan Çoban, Kaan Karaharman, Türkü Sıla Özkan</i>	
<b>Numerical Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop in Hydrodynamically and Thermally Developed and Fully Developed In-Pipe Flow</b>	<b>1417</b>
<i>Ali Köse, Alişan Gönül, Sebiha Yıldız</i>	

<b>Process Map for Hydrothermal Synthesis of Nanostructured MoO<sub>3</sub> and Evaluation of the Lithium - Intercalation Properties</b>	<b>1419</b>
<i>Billur Deniz Karahan, Eren İnel</i>	
<b>Determination of Creep Damage and Remaining Life for Super Heater Tubes by Using Non-Destructive Replica Technique</b>	<b>1421</b>
<i>Tuba Karahan, Ahmet Topuz, Sunullah Özbek</i>	

**KISIM 1**  
**ÖZGÜN ÇALIŞMALAR**

# BÖLÜM 1

## DİJİTAL DÖNÜŞÜM

# **Endüstri 4.0 Paradigması: Bibliyometrik Bir Analiz**

**Mahmut Tekin**

*Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye*  
**(0000-0001-2345-6789)**

**Emel Gelmez**

*Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye*  
**(0000-0002-8774-607X)**

## GİRİŖ

Endüstri 4.0, son yıllarda dünya çapında bilim çevreleri ve çeŖitli sektörlerde dikkat çeken önemli iŖletme kavramlarındanr. Endüstri 4.0, fiziksel ve dijital dünyayı birleŖtirerek sadece imalat endüstrisini değil diğer tüm sektörleri ve kuruluşları etkileyen otomasyona dayalı robot teknolojisi sistem ve araçlarıyla önemli deęiŖimler ve dönüŖümlere yol açmaktadır (Turkyilmaz vd., 2021). Endüstri 4.0 kavramının temelinde bir ağa bağlı akıllı sistemlerle otomasyona dayalı olarak üretimi sağlayan süreçlerle çalıŖan sistemler yer almaktadır. Bunun sonucunda; insanlar, makineler ve ekipmanlar sistem üzerinden iletiŖim kurarak ürün/hizmet ortaklaŖa süreçlerini yönetebileceklerdir (Gubán, ve Kovács, 2017).

Endüstri 4.0'ın amacı; akıllı cihazlar ve yapay zekâ uygulamalarıyla, akıllı sistemlere göre akıllı iŖ süreçleriyle nesnelere interneti ile geliŖen teknolojiyi üretim ve sanayide verimliliği artırarak katma değerli ürün ve hizmet üretmektir. Hedef; otomasyona dayalı akıllı sistemlerle bilgiyi ürüne dönüŖtürerek daha esnek, hızlı ve verimli üretim yapabilmektir (Tekin, 2018). Endüstri 4.0, iŖletmelerin esnek üretim süreçlerine sahip olarak büyük miktarda veriyi gerçek zamanlı analiz ederek küçük veriye dönüŖtürerek stratejik ve operasyonel karar verme süreçlerini de iyileŖtirmektedir (Dalenogare vd., 2018). Aynı zamanda Endüstri 4.0 teknolojileri, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaŖmak için bir kuruluşun dijital dönüŖümlerine etkili bir Ŗekilde yardımcı olmak için kullanılabilir (Bağ vd., 2021). Dolayısıyla iŖletmelerin stratejilerini, organizasyonunu, iŖ modellerini, değer ve tedarik zincirlerini, süreçlerini, ürünlerini, becerilerini ve paydaŖ iliŖkilerini önemli ölçüde deęiŖtirmektedir. Endüstri 4.0 ortaya çıkardığı önemli otomasyona dayalı esneklik, hız ve doğru süreç yönetimi avantajlarıyla ve ortaya çıkan fırsatlarla hem iŖ dünyasını hem de toplumu olumlu yönde etkilemiŖtir (Büchi vd., 2020).

Endüstri 4.0 konsepti çeŖitli araŖtırmalara konu olmuŖ ve çeŖitli yönleri incelenerek tartiŖılmıŖtır (Lee ve Lim, 2021). Bu nedenle bu çalıŖma kapsamında Endüstri 4.0 ile ilgili iŖletme alanında gerçekteŖtirilen çalıŖmaların geliŖim seyri bibliyometrik analiz yöntemi ile deęerlendirilmiŖ olup Endüstri 4.0 terminolojisine yönelik yapılacak olan çalıŖmalara önemli faydalar sağlanacağı düşünölmektedir.



## TEORİK ÇERÇEVE

Endüstri 4.0 teknolojisi, günümüzde işletme faaliyetlerinde uygulamada kabul görmekte olup konu ile ilgili araştırmalar ve gelişmeler günden güne artmaktadır (Nimawat ve Gidwani, 2021). Aynı zamanda Endüstri 4.0; Dördüncü Sanayi Devrimi olarak ifade edilmekte ve bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki ilerlemelerin bir sonucu (Gajdzik vd., 2020) olarak literatürde yer almaktadır.

Dördüncü Sanayi Devrimi küresel ölçekte etkisini hızla hissettirmektedir. 18. yüzyılda gerçekte ilk endüstriyel devrim; güç kaynağı olarak buharın kullanılması ile endüstrilerde büyük değişiklikleri beraberinde getirmiştir. İkinci Sanayi Devriminde seri üretimde elektrik gücü ve montaj hattı kullanılmıştır. Bilişim teknolojisi ve bilgisayarların üretime entegrasyonu Üçüncü Sanayi Devriminin temel özelliğidir. Günümüzde ise Dördüncü Sanayi Devrimi makinelerin iletişim kurduğu ve bireysel işlevlerin yerine getirdiğı bir üretim düzeyini ortaya çıkarmaktadır (Muhuri vd., 2019). Nitekim, Endüstri 4.0; günümüzde işletmelerin ve kuruluşların iş ve üretim süreçlerini dönüştürmektedir (Cobo vd., 2018).

2013 yılında Alman Hükümeti tarafından tanıtılan Endüstri 4.0 paradigması (Li, 2018); kısaca üretim ve hizmetlerin dijitalleşmesi olarak tanımlanabilmektedir (Elibal ve Özceylan, 2020). Bu noktada Endüstri 4.0 konseptinin temel amacı, akıllı bir mantıkla kendi kendini yönetebilen üretim ve yönetim süreçlerinin meydana getirdiğı akıllı fabrikaların hayata geçirilmesi şeklinde ifade edilebilmektedir. Akıllı fabrika oluşturmak için ise bu süreçte “Siber-Fiziksel Sistem” ve “Nesnelerin İnterneti” olmak üzere iki kavram karşımıza çıkmaktadır (Doğan ve Baloğlu, 2020).

Endüstri 4.0 konsepti, nesnelerin interneti, bulut bilişim, büyük veri, modelleme ve simülasyon, otonom sistemler, artırılmış gerçeklik, katmanlı üretim ve siber güvenlik gibi yeni teknolojilerdeki sürekli ilerlemelerden kaynaklanan temel unsurlara dayanmaktadır (Gajdzik vd., 2020). Bununla birlikte dijitalleşme olgusu ve yenilikçi teknolojilerin giderek daha fazla benimsenmesi, kuruluşların siber fiziksel sistemlere dönüşümünü desteklemektedir (Trotta ve Garengo, 2018). Akıllı bilgi çağında Endüstri 4.0; nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zekâ, artırılmış gerçeklik ve 3D (eklemeli üretim)

uygulamalarıyla birlikte ağ üzerinden dijital sistemle online olarak makine insan etkileŖimi en yüksek düzeve ıkarmıŖtır (Tekin, 2019)

Endüstri 4.0 konseptinin popüler hale gelmesiyle birlikte ilgili yazında 2017 yılından itibaren araŖtırma sayısında artış olduğu görölmektedir. Endüstri 4.0'ın deđiŖtirici etkilerinin ele alındığı ve bu etkinin sadece üretim alanını kapsamadığı ifade edilmektedir. GeliŖen yeni teknolojilerin gündelik yaŖamın bütün aŖamalarında hissedileceği ve hatta ilgisiz gibi görünebilen alan ve sektörlerde de bunun etkili olacağı vurgulanmaktadır (Yıldırım, 2020). Dolayısıyla Endüstri 4.0 terminolojisinin çeŖitli çalıŖmalara konu olduğu ve çeŖitli alanlarda bibliyometrik analize tabi tutularak incelendiği görölmektedir (Trotta ve Garengo, 2018; Muhuri vd., 2019; Ahmi vd., 2019; Cobo vd., 2018; Gontijo ve Alves, 2019). Bu doğrultuda, bu alıŖmada Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili iŖletme alanında yer alan çalıŖmalar bibliyometrik analiz yöntemi ile deđerlendirilmiŖtir.

## **ARAŖTIRMA YÖNTEMİ**

Bu alıŖmada Endüstri 4.0 ile ilgili iŖletme alanında farklı sektörlerde gerekleŖtirilmiŖ çalıŖmalarda ön plana çıkan araŖtırma trendlerinin belirlenmesi ile, ilgili alanda çalıŖan araŖtırmacılara önemli fayda sağlayacağı düşünceinden hareketle Endüstri 4.0 araŖtırmalarının kavramsal haritasının çıkarılması amacıyla bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıŖtır. Analizin yapılabilmesi için R programlama dili ile Bibliometrix paketinden yararlanılmıŖtır.

Bibliyometri terimi ilk kez 1969'da kullanılmıŖtır (Broadus, 1987). Bibliyometri, bibliyografik bilgileri nicel olarak inceleyen bir araŖtırma alanıdır (Bonilla vd., 2015). Bibliyometrik analiz, bir konuyla ilgili yayınlar arasındaki iliŖkileri sayısal olarak değerlendirir. Bu analiz; kiŖiler ya da kurumlar tarafından yapılmıŖ olan belirli bir konudaki belirli bir dönemdeki yayınlar arasındaki iliŖkileri incelemektedir. Bibliyometrik yöntemler veya analiz ise günümüzde özellikle bilimsel ve uygulamalı alanlarda araŖtırma değerlendirme metodolojisinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiŖtir (Ellegaard ve Wallin, 2015). Dolayısıyla bibliyometrik analiz yöntemi yazında mevcut olan tüm kaynakların (makale, kitap ve ilgili tüm dokümanlar) ve istatistiklerin birleŖtirilmesi, yorumlanması ve analiz edilmesi sonucunda bir disiplinin doğasının ve geliŖim sürecinin tespit

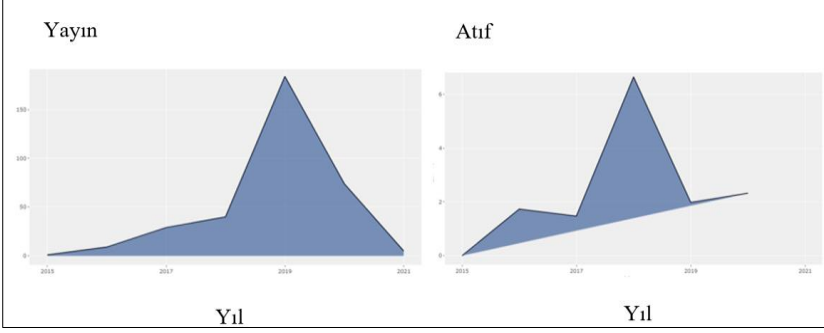
edilmesi amacıyla yapılan analizleri kapsamaktadır (Pritchard ve Groos, 1969). Bibliyometrik analizlerde atıf analizi, ortak atıf analizi, ortak yazar analizi, ortak kelime analizi gibi farklı analiz teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada alanda önemli etkiye sahip olan yazarların belirlenebilmesi için atıf analizi, Endüstri 4.0 alanındaki paradigmların belirlenmesi ve alanın bilimsel gelişiminin incelenmesi amacıyla ortak atıf analizi ve ortak kelime analizinden yararlanılmıştır.

Araştırma kapsamında öncelikle Endüstri 4.0 literatürüne ilişkin bir inceleme yapılmış ve araştırmada analiz birimi olarak işletme alanında yapılmış olan 364 yayın değerlendirilmeye alınmıştır. Araştırma verileri Web of Science Core Collection (WoS) veri tabanından 04.02.2021 tarihinde elde edilmiştir. WoS veri tabanında Endüstri 4.0 ile ilişkili olan anahtar kelimeler belirlenerek “Industry 4.0” OR “4th Industrial Revolution” şeklindeki kelime kombinasyonu Boolean taraması ile taranmıştır. Araştırmada dil olarak İngilizce filtrelenmiş, işletme alanındaki tüm çalışmalar 2015-2021 yılları arası 6 yıllık periyotta yer alan 364 yayın bibliyometrik analiz yöntemi ile incelenmiştir.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

Çalışma bulgularında öncelikle işletme alanında Endüstri 4.0 çalışmaları kapsamında değerlendirilen 364 çalışmaya ilişkin genel bilgilere yer verilmiştir. Bu kapsamda Endüstri 4.0 kavramına yönelik yapılan çalışmaların yıllara göre yayın ve atıf sayılarının dağılımı Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde Endüstri 4.0 çalışmalarının 2015 yılında literatürde görünür bir hal aldığı ve bu alanda yapılan çalışmaların 2017 yılından 2019 yılına kadar istikrarlı bir şekilde artış gösterdiği, ancak 2019 yılından itibaren ise bu çalışmaların oranında bir azalış olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Endüstri 4.0 çalışmalarına ilişkin atıf sayıları incelendiğinde, 2015 yılından itibaren atıf sayılarında da bir artış eğilimi gözlemlenmiş olup 2021 yılına kadar yayınlara ilişkin atıf sayılarında düzenli artış olduğu tespit edilmiştir.



*Şekil 1. Yıllara göre yayın ve atıf sayıları*

İŖletme alanında Endüstri 4.0 kavramı kapsamında yapılan çalıŖmalara iliŖkin 2015-2021 dönemine ait genel bilgiler Tablo 1'de yer almaktadır.

İŖletme alanında Endüstri 4.0 çalıŖmalarının incelenmeye baŖladığı dönemden bu yana (2015-2021) 364 adet çalıŖmanın 903 yazar tarafından ve 438 farklı anahtar kelime kapsamında incelendiği görülmektedir (Tablo 1). Yayın başına düşen ortalama atıf sayısı 5,407; yayın başına düşen yazar sayısı 0,403; çok yazarlı yayınların yazar sayısı ise 842'dir. ÇalıŖmalar kapsamında işbirliği indeksinin 2,83 olduğu tespit edilmiştir. Toplam çalıŖmalar içerisinde yaklaşık %83,2'sinin çok yazarlı çalıŖmalardan oluştuğu gözlemlenmiştir.

*Tablo 1. Genel bilgiler*

<b>İncelenen Dönem</b>	<b>2015-2021</b>
Yayın	364
Anahtar Kelime	438
Yayın Başına Ortalama Atıf	5,407
Yazarlar	903
Yazar Görünüm Sayısı	1005
Tek Yazarlı Yayınların Yazar Sayısı	61
Çok Yazarlı Yayınların Yazar Sayısı	842
Tek Yazarlı Yayın Sayısı	66
Yazar Başına Düşen Yayın	0,403
Doküman Başına Düşen Yazar	2,48
İşbirliği İndeksi (CI)	2,83

Bununla birlikte atıf analizi kapsamında işletme alanında yer alan Endüstri 4.0 çalışmaları incelenmiş olup, Endüstri 4.0 çalışmalarında en çok atıf yapılan yazar ve dergi dağılımı ise Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. En çok atıf yapılan yazar ve dergi dağılımı

Yazar	Dergi	Toplam Atıf	Yıllık Ortalama Atıf Sayısı
Li, 2018	Technological Forecasting and Social Change	176	44
Müller vd., 2018	Technological Forecasting and Social Change	147	36,75
De Sousa Jabbour vd., 2018	Technological Forecasting and Social Change	121	30,25
Strange ve Zucchella, 2017	Multinational Business Review	85	17
Sung, 2018	Technological Forecasting and Social Change	80	20
Frank vd., 2019	Technological Forecasting and Social Change	62	20,667
Reischauer, 2018	Technological Forecasting and Social Change	55	13,75
Ardito vd., 2019	Business Process Management Journal	54	18
Abubakar vd., 2019	Journal of Innovation ve Knowledge	53	17,667
Horváth ve Szabó, 2019	Technological Forecasting and Social Change	49	16,333
Popkova, 2019	Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century	44	14,667
Bienhaus ve Haddud, 2018	Business Process Management Journal	40	10
Prause ve Atari, 2017	Entrepreneurship and Sustainability Issues	40	8
Lu vd., 2018	Technological Forecasting and Social Change	37	9,25

Tablo 2 (devam)

Yazar	Dergi	Toplam Atıf	Yıllık Ortalama Atıf Sayısı
Ungerma n vd., 2018	Journal of Competitiveness	33	8,25
Sjöd in vd., 2018	Research-Technology Management	32	8
Kamble vd., 2019	Journal of Retailing and Consumer Services	30	10
Büchi vd., 2020	Technological Forecasting and Social Change	28	14
Rennung vd., 2016	Procedia-Social and Behavioral Sciences	28	4,667

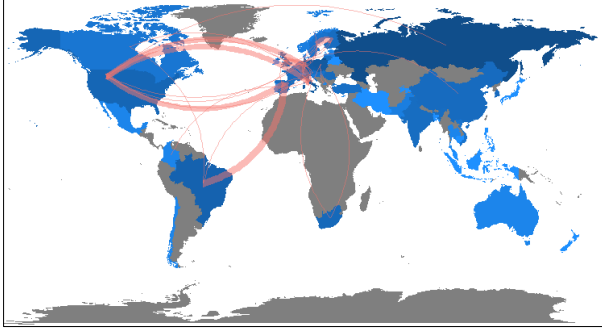
Tablo 2’de yer alan araştırma göstergeleri incelendiğinde Endüstri 4.0 alanında yapılan ve en fazla atıf olarak alanda hakim etkisi bulunan çalışmaların “Technological Forecasting and Social Change” dergisinde yer aldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca Endüstri 4.0 alanında alana en çok katkı sağlayan yazarların ise Li (2018), Müller vd. (2018), De Sousa Jabbour vd. (2018), Strange vd. (2017), Sung (2018), Frank vd. (2019) ve Reischauer (2018) olduğu ifade edilebilmektedir. Bununla birlikte Ardito vd. (2019), Abubakar vd. (2019), Horváth vd. (2019), Popkova (2019), Bienhaus vd. (2018), Prause vd. (2017), Lu vd. (2018), Ungerma n vd. (2018), Sjöd in vd. (2018), Kamble vd. (2019), Büchi vd. (2020), Rennung vd. (2016) ve Bogoviz (2019)’in de katkı sağladığı görülmektedir.

Bibliyometrik analizler kapsamında atıf analizi yapılmış olup çalışma kapsamında ülkeler açısından değerlendirilen atıf analizi sonuçları ve Endüstri 4.0 çalışmalarında yazına en fazla katkı sağlayan ülkeler Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. En fazla atıfta bulunulan ülkeler

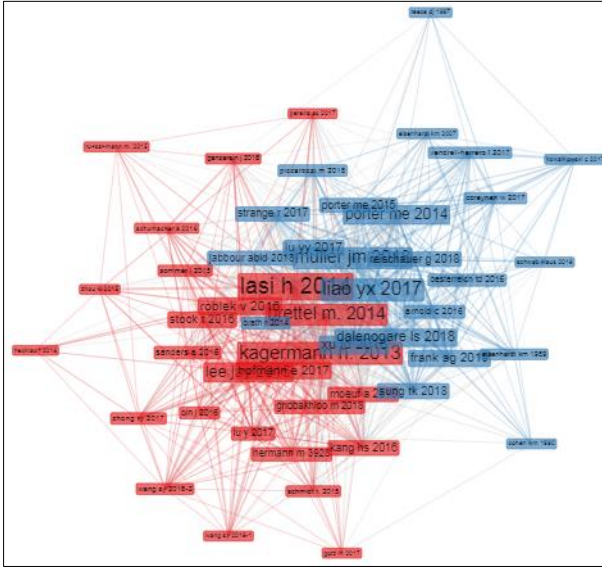
Ülke	Toplam Atıf Sayısı	Ortalama Atıf Sayısı
Almanya	245	11,667
ABD	215	35,833
Rusya	207	3,044
İtalya	177	7,080
Birleşik Krallık	162	18,000
Kore	129	12,900
Fransa	121	24,200
Brezilya	103	6,438
Avusturya	77	15,400
Macaristan	76	12,667
Türkiye	53	7,571
Finlandiya	48	8,000
Çek Cumhuriyeti	47	1,880
Çin	41	4,556
İsveç	35	11,667
Romanya	32	2,909
Hindistan	25	4,167
Portekiz	21	10,500
Slovenya	21	5,250
Estonya	18	18,000

Tablo 3 incelendiğinde Endüstri 4.0 çalışmalarının Almanya başta olmak üzere, ABD, Rusya, İtalya, Birleşik Krallık, Kore, Brezilya, Avusturya, Macaristan ve Türkiye’de yapılan çalışmalardan oluştuğu görülmektedir. Bu açıdan Endüstri 4.0 yazının yoğunluklu olarak Avrupa ülkelerinde çalışıldığı bununla birlikte yazında Çin, Kore gibi Uzak Doğu ülkelerinin de etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu ülkeler arasında Türkiye’de yapılan çalışmaların da toplam atıf (53) ve ortalama atıf sayısı (7,571) değerlendirildiğinde yazında ön plana çıktığı ve alana katkı yaptığı ifade edilebilmektedir. Bununla birlikte ülkeler bazında işbirliği haritasına ise Şekil 2’de yer verilmiştir.



Ŗekil 2. Ülkeler iŖbirliđi haritası

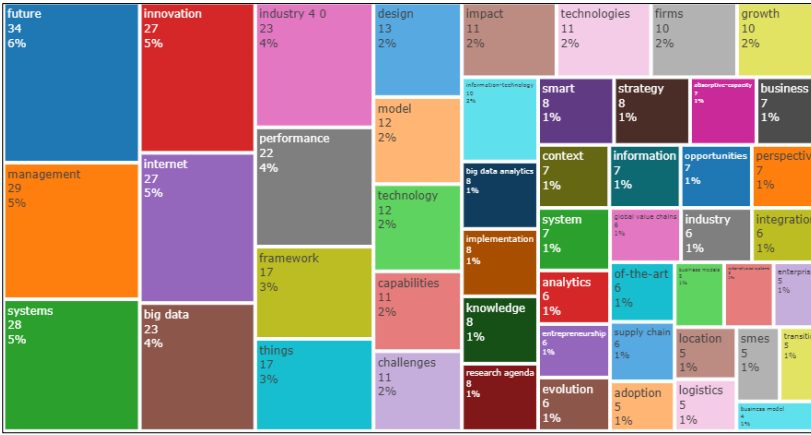
Endüstri 4.0 alanına ait iŖ birliği yapan ölkelerin yoğunlukları incelendiğinde, Endüstri 4.0 ile ilgili çalıŖmalarda en fazla iŖ birliği yapan ölkeler; Brezilya ve Fransa (4), İtalya ve BirleŖik Krallık (4)'dir. Bu ölkeler dıŖında en fazla iŖ birliği yapan ölkeler sırasıyla; Finlandiya ve İŖve (3), Almanya ve ABD (3), İtalya ve ABD (3), ABD ve Fransa (3) olarak sıralanabilmektedir. Sonuç olarak ABD, BirleŖik Krallık ve İtalya'nın bu alana en fazla katkı yapan ölkeler olduğu ifade edilebilmektedir. Ayrıca ortak atıf ağları Endüstri 4.0 alanında çalıŖma yapan çalıŖmalar açısından incelenmiŖ olup Ŗekil 3'de gsterilmiŖtir.



Ŗekil 3. Yayınlarla iliŖkin ortak atıf ağı



Ortak atıf analizi kapsamında en çok atıf alan ve dolayısıyla Endüstri 4.0 yazınına en çok katkı sağlayan yazarların; Lasi vd. (2014), Brettel vd. (2014), Lee vd. (2015), Liao vd. (2017), Müller vd. (2018), Dalenogare vd. (2018), Sung (2018) olduğu görülmektedir. Şekil 4’de ise işletme alanında Endüstri 4.0 çalışmalarında yer verilen anahtar kelimeler incelenmiştir.



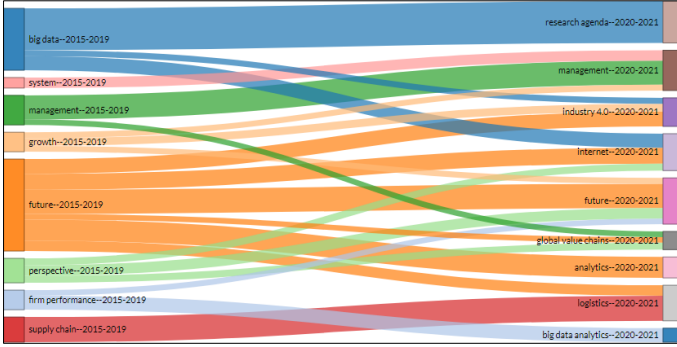
Şekil 4. Anahtar kelime sayıları

Endüstri 4.0 kavramına yönelik yapılan çalışmalarda anahtar kelimeler incelendiğinde “gelecek”, “yenilik”, “yönetim”, “sistem”, “büyük veri”, “tasarım”, “yetenek”, “bilgi”, “teknoloji”, “performans” gibi Endüstri 4.0 yazınında sıklıkla yer alan kavramların kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0 çalışmalarında ön plana çıkan anahtar kelimelerin daha ayrıntılı incelemek amacıyla çalışmalara yönelik olan kelime bulutu Şekil 5’te görselleştirilmiştir.



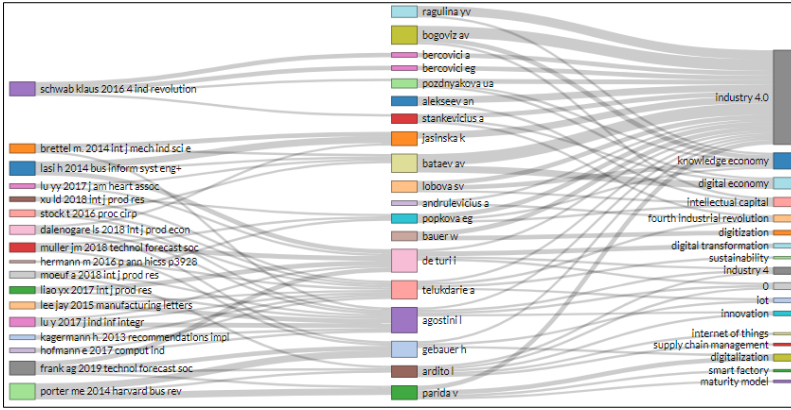
Şekil 5. Kelime bulutu

Anahtar kelime sayılarına benzer Ŗekilde Endüstri 4.0 alıŖmalarında ön plana çıkan kavramların “gelecek”, “yenilik”, “yönetim”, “sistem”, “büyük veri”, “tasarım”, “yetenek”, “bilgi”, “teknoloji”, “performans” kavramlarının sıklıkla kullanıldığı bununla birlikte çalıŖmalarda “internet”, “akıllı iŖletmeler”, “strateji”, “küçük ve orta ölçekli iŖletmeler”, “büyüme” kavramlarına yer verildiği tespit edilmiŖtir. Ayrıca Endüstri 4.0 alanında yapılan çalıŖmaların yıllara göre gelişim seyrinin incelenmesi açısından anahtar kelimelere iliŖkin trend analizi yapılmıŖ olup analize iliŖkin bilgiler Ŗekil 6’da yer almaktadır.



Ŗekil 6. Anahtar kelime trendleri

Endüstri 4.0 alıŖmalarının 2015-2021 yılları arasında gelişim seyrini anahtar kelimeler üzerinden incelenmiŖ olup, bu alanda yapılan çalıŖmaların kavramın ortaya çıktığı yıllardan 2019 yılına kadar olan süreçte yoğunluklu olarak büyük veri, iŖletme performansı, tedarik zinciri yönetimi gibi konu başlıkları altında alıŖıldıđı bu nedenle Endüstri 4.0’ın iŖletme performansı ve tedarik zinciri yönetimi üzerine etkilerinin yazında sıklıkla değerlendirildiği ifade edilebilmektedir. Endüstri 4.0 alana kazandırdığı büyük veri gibi kavramın doğasına özgü olguların yanı sıra, özellikle 2019 yılından günümüze kadar yapılan çalıŖmalarda ise lojistik, küresel değer zinciri kavramlarına odaklandığı ifade edilebilmektedir. Endüstri 4.0 kavramının yazında daha ayrıntılı bir değerlendirilmesinin yapılması ve alana en çok katkıyı sunan yazarların ve alanda sıklıkla ele alınan ana temaların belirlenmesi amacıyla referans, yazar ve anahtar kelimelere ait üç alan grafiği incelenmiŖ olup ilgili grafik Ŗekil 7’de gösterilmiŖtir.



Şekil 7. Referans, yazar ve anahtar kelimelere ait üç alan grafiği

Endüstri 4.0 kavramının alan yazında gelişim seyri değerlendirildiğinde Endüstri 4.0 kavramının tanımlanmasında ve alanda gelişimine en fazla katkı sağlayan yazarın 4. Endüstri Devrimi isimli yayını ile Schwab olduğu gözlemlenmiştir (Schwab, 2016). Ayrıca; kavramın gelişmesine katkı sağlayan bir çok öncü çalışmalar olduğu ifade edilebilmektedir (Lasi vd., 2014; Liao vd., 2017; Xu vd., 2018; Dalenogare vd., 2018; Hermann vd., 2016; Müller vd., 2018; Frank vd., 2019; Porter ve Heppelmann, 2014). Endüstri 4.0 kavramı işletme yazında genel olarak kavramın tanımlanması ve 4. Sanayi Devrimi olarak nitelendirilen bu kavramın genel perspektifinin incelenmesi üzerine konumlanmıştır. Bu doğrultuda kavramın tanımlanmasının yanı sıra bilgi ekonomisi, dijital ekonomi, entelektüel sermaye, dijitalleşme, sürdürülebilirlik, nesnelere interneti, yenilik, tedarik zinciri yönetimi, akıllı fabrikalar kapsamında da Endüstri 4.0 yazınında incelenmiştir.

## SONUÇ

Bilginin nesneye dönüştüğü bilgi toplumunda Endüstri 4.0'la artık her iş, işlem ve süreç şey, bilgiye (bilgi ve bilgi yönetimine) göre şekillenmektedir. Bu, bir bakıma bilginin ürüne, ürününde nesnelere bir başka ürüne dönüştüğü nesnelere dünyasıdır. Veriden bilgi, bilgiden nesneye yani ürüne dönüşümü sağlayan işlem ve süreçlerin yönetimidir. Bu bağlamda bilgi dünyasında her şey ürün, hizmet, yönetim, işletme, pazarlama ve finans gibi tüm alanlar bilgi yönetim

süreçlerinin nesnelere göre tasarlanmasına göre kurgulanarak ve gerçekteŖerek önemli deęiŖim ve dönüŖüm ortaya çıkmıŖtır (Tekin, 2018).

Bu çalıŖmada Endüstri 4.0 paradigması iŖletme yazını bağlamında bibliyometrik analiz yöntemi ile incelenmiŖtir. Bu kapsamda öncelikle iŖletme alanında 2015-2021 yılları arasında gerçekteŖmiŖ olan yayınlar analiz birimini oluŖturmuŖtur. Aynı zamanda alanda ön plana çıkan yazarların belirlenebilmesinde atıf analizinden; Endüstri 4.0 alanındaki paradigmaların belirlenmesinde ve alanın bilimsel gelişiminin incelenmesi amacıyla ise ortak atıf analizi ve ortak kelime analizinden yararlanılmıŖtır.

Yapılan analizler sonucunda; Endüstri 4.0 çalıŖmalarının 2015 yılında literatürde dikkat çektiği görölmektedir. Endüstri 4.0 çalıŖmalarına iliŖkin atıf sayıları incelendiğinde ise 2015 yılından itibaren atıf sayılarında da bir artış eğilimi gözlemlenmiŖtir. Bu durum iŖletme alanında Endüstri 4.0'a literatür bağlamında gösterilen eğilimin bir göstergesi olarak ifade edilebilmektedir. Aynı zamanda en fazla atıfta bulunan ölkeler bağlamında incelendiğinde, Almanya'nın ilk sırada olduğu görölmektedir. Bu durum ise kavramın Almanya'da ortaya çıkması ve ilk olarak uygulamaya ve literatüre sunulmasının bir sonucu olarak görölebilmektedir. Ayrıca Türkiye'de yapılan çalıŖmalara da önemli ölçüde atıfta bulunulduğu ve ön plana çıktığı söylenebilmektedir.

Endüstri 4.0 kavramına yönelik yapılan çalıŖmalar anahtar kelimeler bağlamında incelendiğinde ise gelecek, yenilik, yönetim, sistem, büyük veri, tasarım, yetenek, bilgi, teknoloji, performans kavramlarının sıklıkla kullanıldığı görölmektedir. Kavramın gelişim seyri dikkate alındığında küresel değer zinciri, lojistik, iŖletme modellerinin uygulamada son zamanlarda incelenmeye baŖlandıęını ancak yazında sınırlı sayıda çalıŖma kapsamında incelendiği göz önünde bulundurulduğunda gelecekte yapılacak araŖtırma yönelimlerinde bu kavramların Endüstri 4.0 bağlamında incelenmesi önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

Abubakar, A. M., Elrehail, H., Alatailat, M. A., ve Elçi, A. (2019). Knowledge management, decision-making style and organizational performance. *Journal of Innovation ve Knowledge*, 4(2), 104-114.

- Ahmi, A., Elbardan, H., ve Ali, R. H. R. M. (2019). Bibliometric analysis of published literature on industry 4.0. In *2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., ve Garavelli, A. C. (2019). Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *Business Process Management Journal*, 25(2), 323-346.
- Bag, S., Gupta, S., ve Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 231, 107844.
- Bienhaus, F., ve Haddud, A. (2018). Procurement 4.0: Factors influencing the digitisation of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*, 24(4), 965-984.
- Bogoviz, A. V. (2019). Industry 4.0 as a new vector of growth and development of knowledge economy. In *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 85-91). Springer, Cham.
- Bonilla, C. A., Merigó, J. M., ve Torres-Abad, C. (2015). Economics in Latin America: A bibliometric analysis. *Scientometrics*, 105(2), 1239-1252.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., ve Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 perspective. *World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37-44.
- Broadus, R. N. (1987). Toward a definition of "bibliometrics". *Scientometrics*, 12(5-6), 373-379.
- Büchi, G., Cugno, M., ve Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
- Cobo, M. J., Jürgens, B., Herrero-Solana, V., Martínez, M. A., ve Herrera-Viedma, E. (2018). Industry 4.0: A perspective based on bibliometric analysis. *Procedia Computer Science*, 139, 364-371.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., e Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.
- De Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., ve Godinho Filho, M. (2018). When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the

environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18-25.

Doğan, O., ve Baloğlu, N. (2020). Üniversite öğrencilerinin Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyleri. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 13(1), 126-142.

Elibal, K., ve Özceylan, E. (2020). A systematic literature review for industry 4.0 maturity modeling: State-of-the-art and future challenges. *Kybernetes*, Doi: 10.1108/K-07-2020-0472.

Ellegaard, O., Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?, *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831.

Frank, A. G., Mendes, G. H., Ayala, N. F., ve Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 341-351.

Gajdzik, B., Grabowska, S., Saniuk, S., ve Wieczorek, T. (2020). Sustainable development and industry 4.0: A bibliometric analysis identifying key scientific problems of the sustainable Industry 4.0. *Energies*, 13(16), 4254.

Gontijo, T. S., ve Alves, F. A. M. (2019). A bibliometric study on Industry 4.0. *International Journal of Professional Business Review: Int. J. Prof. Bus. Rev.*, 4(2), 63-70.

Gubán, M., ve Kovács, G. (2017). Industry 4.0 conception. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 10(1), 111-115.

Hermann, M., Pentek, T., ve Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.

Horváth, D., ve Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H., ve Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 48, 154-168.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., ve Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business ve Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.

Lee, C., ve Lim, C. (2021). From technological development to social advance: A review of Industry 4.0 through machine learning. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120653.

Lee, J., Bagheri, B., ve Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.

Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66-74.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., ve Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629.

Lu, H. P., ve Weng, C. I. (2018). Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 85-94.

Muhuri, P. K., Shukla, A. K., ve Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218-235.

Müller, J. M., Buliga, O., ve Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.

Nimawat, D., ve Gidwani, B. D. (2021). Identification of cause and effect relationships among barriers of Industry 4.0 using decision-making trial and evaluation laboratory method. *Benchmarking: An International Journal*, Doi: 10.1108/BIJ-08-2020-0429.

Popkova, E. G. (2019). Preconditions of formation and development of industry 4.0 in the conditions of knowledge economy. In *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 65-72). Springer, Cham.

Porter, M. E., ve Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.

Prause, G., ve Atari, S. (2017). On sustainable production networks for Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 421-431.

Pritchard, A., ve Groos, O. V. (1969). Documentation notes, *Journal of Documentation*, 25(4), 344-349.

Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26-33.

- Rennung, F., Luminosu, C. T., ve Draghici, A. (2016). Service provision in the framework of Industry 4.0. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 221, 372-377.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., ve Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies. *Research-Technology Management*, 61(5), 22-31.
- Strange, R., ve Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45.
- Tekin, M. (2018). *Akıllı bilgi çağı*, 1. Baskı, Ağustos, Konya.
- Tekin, M. (2019). *Akıllı iŖletme reğeteleri*, 1. Baskı, Ekim, Konya.
- Trotta, D., ve Garengo, P. (2018). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. In *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)* (pp. 113-117). IEEE.
- Turkyilmaz, A., Dikhanbayeva, D., Suleiman, Z., Shaikholla, S., ve Shehab, E. (2021). Industry 4.0: Challenges and opportunities for Kazakhstan SMEs. *Procedia CIRP*, 96, 213-218.
- Ungerma, O., Dedkova, J., ve Gurinova, K. (2018). The impact of marketing innovation on the competitiveness of enterprises in the context of industry 4.0. *Journal of Competitiveness*, 10(2), 132-148.
- Xu, L. D., Xu, E. L., ve Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Yıldırım, Y. (2020). Farklı Disiplinlerde Endüstri 4.0. *OPUS Uluslararası Toplum AraŖtırmaları Dergisi*, 15(21), 756-789.



# **İşletmelerin Dijital Dönüşümü**

**Abdullah Türk**

*İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-2804-4203)**

**Pelin Vardarlier**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-5101-6841)**

**Yasemin Tunç**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9704-1057)**

## GİRİŖ

İŖletmelerin endüstriyel yaŖamda tıpkı insanlar gibi bir yaŖam seyri vardır. Ancak biyolojik bir canlı olan insanlardan farklı dinamiklerle hareket eden organizasyon yapısı için sosyal özellikleri daha ağır basmaktadır. Bu bakımdan sosyal bir canlı denilebilecek iŖletmeler aslında onları kuran kurucularından daha uzun yaŖayabilecek özelliklerine de sahiptir. Hatta bu uzun ömürlülük asırları aŖabilmektedir. Buna karŖılık kurulduktan çok kısa süre sonra faaliyetine son veren iŖletmeler de mevcuttur. Bu durum, iŖletmelerin yaŖam süre farklılığına bakıldığında aynı sektörde hatta benzer kaynaklarla da iŖ yapıyor olsalar dahi birbirlerinden farklılaŖtıklarını göstermektedir. Bu noktada neden bu kadar çok farklı iŖletme yapısı olduğunu araŖtıran popölasyon ekolojisi kuramcıları bu durumu, evrimsel bakıŖ açısıyla çevreye uyum göstermek bir diğer deyiŖle adapte olmak tabirleri ile açıklamaya çalıŖmıştır. Bu kuram kısaca; deđiŖime ayak uyduramayanların doğal seçilim yolu ile yaŖamının son bulması durumu ile açıklanmıştır. Her yeni endüstriyel dönemde olduğu gibi, içinde bulunulan endüstriyel süreçteki teknolojik hızın getirilerine ayak uyduramayan iŖletmelerin de seçilim yolu ile faaliyet sonu görünümü açıklayan bu araŖtırma, iŖletmelerin dijital dönüŖümünü süreçler üzerinden nasıl uyumlaŖtırdıklarına odaklanmaktadır.

Dijital çağ hızlı geliŖme, büyüme, yenilik ve bozulma ile karakterize edilir. Hayatta kalmak isteyen organizasyonlar, yeni dijital ortama uyum sağlamaya hazır olmalıdır. Dijital dönüŖüm süreci yeni teknolojiyi uygulamaktan, araçlara yatırım yapmaktan veya mevcut sistemleri yükseltmekten daha fazlasıdır. Bu adımlar önemlidir, ancak resmin tamamı değildir. Bir organizasyon rekabet halinde kalmak istiyorsa, yalnızca deđiŖikliklere yanıt vermekle yetinmemeli, onları beklemeli ve yeniliğin kendisini teŖvik etmelidir. Bunu yapmak için Ŗirketlerin önceden plan yapmaları ve gelecekleri için aktif tasarımcılar olmaları gerekmektedir (Albukhitan, 2020).

Bu çalıŖmada öncelikle dijital dönüŖüm kavramı ele alınmakta, bu noktada kavramsal çerçeve dijital dönüŖmenin; iŖletme, çalıŖan ve yönetici açısından önemine değinmektedir. Diğer kısımlarda ise özellikle iŖletmelerin fonksiyonel uyum süreçlerinin nasıl olduğu; çalıŖan odağında “İnsan Kaynakları Yönetimi”, ürün odağında ”Üretim

Yönetimi”, varlıklar odağında ”Muhasebe Yönetimi” ve müşteri odağında ”Pazarlama Yönetimi” departmanı üzerinden aktarılmıştır.

## **DİJİTALLEŞMENİN TANIMI**

Türk Dil Kurumu dijital kelimesini kökenini Fransızca olarak göstermiştir ve aşağıdaki şekilde tanımlamıştır.

1. Sayısal verileri ekran yüzeyinde dijital olarak gösteren (Sıfat)
2. Sayısal (Sıfat)
3. Verilerin bir ekran üzerinde elektronik olarak gösterilmesi (isim, fizik)

Bu noktada Dijitalleşme, yeni organizasyonel prosedürler, iş modelleri veya ticari teklifler geliştirmek için sayısallaştırılmış ürünleri veya sistemleri kullanmanın sosyo-teknik süreci ifade etmektedir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014). Sayısallaştırma, ne olduğu ve yetenekleri hakkında bilgi veren teknoloji sistemini tanımlarken, dijitalleştirme, bu teknolojinin neden belirli bir süreç veya organizasyonla ilgili olduğunu yanıtlar. Örnek olarak içerik ve ortamın ayrılması iTunes ve Spotify’ın ses eğlencesine nasıl eriştiğimizi ve tükettiğimizi yeniden tanımlamasını sağladı. Ayrıca, akıllı ses hizmetleri, sanatçıların, üreticilerin ve distribütörlerin telafi edilme şeklini değiştirerek altta yatan iş modelini yeniden tanımlamıştır. Dijitalleşme aynı zamanda fiziksel ürünleri nasıl kullandığımızı da etkiler. Örneğin, paylaşım ekonomisinde birden fazla kullanıcı aynı ürünü bulabilir ve kullanabilir, böylece işin doğasını ürün perakende satışından ürün erişimine kaydırır (Kathan vd., 2016). Endüstriyel makineler benzer bir geçişten geçiyor ve tedarikçiler her şey dahil hizmet sözleşmeleri sunmaya hevesli, böylece müşteriler ürün satın almak yerine ürün kullanımı için ödeme yapıyorlar. Sayısallaştırılmış makineler, bu dijitalleştirilmiş iş modelini, ürünlerini sahada kolayca denetleyebilen tedarikçiler için daha çekici hale getirir ve sürekli performans için sorumluluklarının neden olduğu riski azaltır. Ayrıca, makine koşullarını izleyebilir ve pahalı arızalar meydana gelmeden önce tahmini bakım yapmak için teknisyenleri gönderebilirler (Saarikko vd., 2017). Dijitalleşmenin bir bütün olarak bir işletmeden izole edilmesi zordur, çünkü doğrudan ve çoğu zaman örgütsel süreçleri ve iş modellerini derinden etkiler. Ürün perakende satışından ziyade hizmet sunumuna dayanan yeni sözleşmeler de müşteri ilişkilerine zarar verebilir. Bununla birlikte, etkiler, temel yetkinlikleri etkilememek veya yerinden etmemek için hafifletilebilir.

Dijital dönüŖüm, firmaları dijital bir ortam için gerekli olan yeni organizasyonel formlara ve beceri setlerine uyarlamanın sosyo-kültürel bir sürecidir. Bilgi Teknolojisi (BT) veya mevcut süreçleri iyileŖtirmeyi amaçlayan iŖ süreçlerinin yeniden canlandırılması gibi daha önceki kavramların ötesine geçer (Benjamin ve Levinson, 1993; Grover vd., 1995). Dijitalleşme bugün firmaların pazarlara ulaşması, iŖ verimliliğinin artışı, önemli maliyet tablolarının oluşturulması ve rekabet avantajlarını sağlması, ürünlerinin iyileŖtirilmesi için zorunluluk olmuŖtur (Riedl vd., 2018). Bu noktada; iŖletmeler tüm endüstriyel süreç ve dönemlerde rekabet üstünlüğü sağlamak için çağın getirmiş olduğu yeniliklere ayak uydurarak fonksiyonel yararlık gösterecek bazı değişimler uygulamışlardır. Dijitalleşme bu yararın açığa çıkmasında zaman ve maliyetler odağında yeni bir iŖletme tasviri sunmuŖtur.

Dijital iŖletme olarak sunulan bu tasvir; yenilenen ekonomik faaliyetler ile bilgi teknolojilerindeki yeniliklerin getirdiği faaliyet ve iŖlevlerin ileri teknolojidenden faydalanılarak gerçekleştirildiği iŖletme tipidir (Aksel vd., 2013). Günümüzde sosyal medya, mobil hizmetler, analitik, bulut teknolojileri ve nesnelerin interneti gibi yeni dijital teknolojilerle birlikte dijital dönüŖüm daha fazla öne çıkmıştır (Ismail vd., 2017). Dijital dönüŖüm, bir iŖletmenin müşteri odaklılığını da arttırarak dijital müşterilerle daha iyi iletişim kurmak ve isteklerine yanıt vermek için mevcut iŖ modellerinin geliştirilmesi olarak görölmektedir (Schuchmann ve Seufert, 2015). Özetle dijital dönüŖüm ileri teknolojidenden faydalanarak iŖletmeleri farklı seviyelerde yenilemeyi tanımlar. İŖletmelerin dijitalleşmesi ile insanların dijital ürünler ile etkileşimlerinde değişimler yaşanmaktadır. Bu değişiklik kısmen dijitalin artan hareketliliği ile insanların yaşam tarzı sorunlarını ve insanların kimliklerini nasıl ifade ettikleri ile alakalı olabilir (Anaman vd., 2018). Her ne şekilde olursa olsun dijitalleşme iŖletmelerin performansında önemli ölçüde artış sağlamaktadır (Piccinini vd., 2015) Dijital dönüŖüm, öngörülemeyen bir gelecek hakkında uzun vadeli stratejik seçimleri zorlayarak iŖletmeleri genellikle konfor bölgelerinden uzaklaştırır (Nylen ve Holmström, 2015).

## DİJİTALLEŞMENİN ÖNEMİ

Dijitalleşme endüstriyel süreçler içine girdikçe, endüstrinin sosyal çevresinde ve endüstriyel pazarın yapısında bir takım değişiklikler yapmıştır. Bu değişimler makro düzeyde olmuştur. Değişen bu koşullara uyum sağlamak zorunda olan işletmeler gerek iç çevrede gerek dış çevrede birçok paydaş ilişkisinde bunu çok yakından deneyimlemiş ve süreci kabullenmeyen firmaların hantallaştığı görülmüştür. Bu bakımdan adaptif olmak zorunda kalan işletmeler hem lokal hem de genel bir bakış açısı geliştirmek zorunda kalmıştır. Bu durum işletmeler için büyük bir önem arz etmektedir. Bu bakımdan dijitalleşmenin gerek işletmeler gerek yöneticiler gerekse de çalışanlar için birçok açıdan önemi mevcuttur.

Günümüzde dijital altyapı, bulut bilişim, mobil teknoloji, ara katman yazılımı, minyatürleştirme ve akıllı sensörlerin geliştirilmesi sayesinde arka ofis sunucularından cephe etkinliklerine kadar uzanmaktadır. Tüm bu gelişmeler sonucunda elde edilen verilerin işlenmesi ve iletilmesi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi için yeni imkanlar sunmaktadır (Lee ve Lee, 2015). Bu imkanların bir getirisi olarak tedarikçilerin ürünleri verimli bir şekilde izlemelerini ve satış sonrası hizmet sunmalarını sağlamaktadır. Böylece tedarikçiler, ürünlerin nerede bulunduğu, nasıl kullanıldığı ve en iyi şekilde çalışıp çalışmadıkları veya bakıma ihtiyaç duyup duymadıkları hakkında bilgi edinmektedir. Birden fazla bağlı üründen gelen veriler bir araya getirildiğinde, davranış kalıpları ve süreçler analiz edilebilir hale gelmektedir. Gelişmiş algoritmalar sayesinde, hizmetlerin nasıl gerçekleştirileceği veya süreçlerin nasıl optimize edileceği konusunda alınacak kararlar ile durumsal, akıllı, çekici ve verimli ürünlerin oluşturulması mümkün olmaktadır (Saarikko vd., 2020). İşletmelerin dijital dönüşümü gerçekleştirebilmeleri için öncelikle bu süreci daha iyi anlaması ve bunun homojen bir kavram olmadığını kabul etmesi gereklidir.

*Dijitalleşmenin İşletmeler Açısından Önemi:* İşletmelerin dijitalleşmeyi özümsemesi ve hayata geçirmesi verimlilik düzeyini de artırmaktadır. Ancak verimlilik düzeyi sadece dijitalleşmenin işletme bünyesinde hayata geçirilmesine bağlı değil aynı zamanda dijitalleşmeyi destekleyici olacak işletme özelliklerinin sağlanması ile de alakalıdır. Bu özellikler kurumsal reform, coğrafî özellikler,

potansiyel yayılma iŖletme kapasitesi ve yaşı olarak sayılmaktadır (Erbay vd., 2018).

*DijitalleŖmenin Yönetici Açısından Önemi:* Günümüz ekonomi uzmanları, dijitalleŖmenin ekonomik hareketliliği nasıl etkilediğini araŖtırmaktadırlar. Bu araŖtırmalar, dijitalleŖmenin bazı maliyetleri düşürdüğünü öne sürmektedir. (Erbay vd., 2018). Bu durumda yöneticilerin kendilerini kanıtlayabilmesi için günümüz şartlarını takip ederek iŖletmelerin lehine süreçleri yürütmeleri gerekmektedir.

*DijitalleŖmenin Çalışan Açısından Önemi:* Dijital dönüşümün geniş anlamı elektronik sistemlerin ileri teknoloji ile kullanılmasıyla oldukça hızlı biçimde, olabildiğince fazla bilgiye az emek ve işgücü ile ulaşılmaya olanak sağlar. Bu çerçeveden bakıldığında çalışanlara fazla iş yükü verilmeyerek çalışan bağıllığı dijitalleşme sayesinde arttırılabilir. İşletmeler, sektördeki dijital dönüşüm süreçlerine sahiplik dereceleri, işletmedeki yabancı dil bilen personel sayısı, bilginin doğru şekilde yönetilmesi ile ilgili soruları kendilerine sormalıdır. Çalışanlar ise yabancı dil bilgilerinin ne kadar olduğunu, online eğitimler konusunda bilgi derecelerini sorarak kendilerini değerlendirmelidirler.

## **DİJİTAL DÖNÜŖÜMÜNE POPÜLASYON EKOLOJİSİ ÜZERİNDEN BAKIŖ**

Popülasyon ekolojisi teorisi organizasyonların çevredeki değişim taleplerine duyarlı olmalarını faaliyet devamı için vazgeçilmez bir unsur olarak kabul eder. Popülasyon ekolojisine göre, organizasyonlarda bazen katı bir hal oluşabilir, bunu çevreden gelen değişimlere cevap verememe durumu olarak çözümleyen bu kuram; çevreye uyum sağlayan, değişimleri gerçekleştirmeyi başaran uygun sayı ve özellikte organizasyonun seçilmesini, diğerlerinin ise ayıklanarak yok olmasını ifade etmektedir (Jaffee, 2001). Özellikle çalışmanın kavramsal yanı için zemin oluşturan bu teorinin değişen koşullara karşı kurumlar düzeyinde sorduğu sorular vardır. Bu soruların başında; “Aynı popülasyon içindeki organizasyonlardan bazıları neden diğerlerinden farklı davranıyor?” sorusu gelmektedir. (Scott, 1998). Bu noktada işletmelerin teknolojinin getirilerine uygun bir davranış olarak dijital dönüşmesi bir davranış biçimidir. Çevreye olan duyarlılık derecesi buradaki hayati noktadır, çünkü sürdürülebilirlik uyumlu olabilmek ile mümkündür.

Popülasyon ekolojisinin örgütsel yansımasının temelinde endüstriyel dünyadaki evrimin çevresel seçimle ya da yeni koşullara uyumlu özellikler gösteren örgütlerin doğması veya çoğalması ve adapte olamayanların ise; örgütlerin yok olması veya azalması ile gerçekleşebileceği şeklinde açıklanabilir (Erdil vd., 2010). Özellikle endüstriyel gelişmenin günümüzde ulaştığı son noktada olan dijital dönüşüme uyum sağlamak kendi ekosistemi içinde varlığını sürdürmek isteyen işletmeler için çağın sorumluluğu değil zorunluluğu olmuştur. Bu çalışmada işletme birimlerinin dijitalleşme süreçlerinin nasıl olduğu, hangi uygulamaların bu değişime adapte olmak için kullanıldığı; çalışan, ürün, varlık yönetimi ve müşteri odağından aktarılmıştır.

*Dijital İnsan Kaynakları Yönetimi:* Dijital insan kaynakları yönetimi, ilk kez e-ticaret kavramının çokça duyulduğu 1990'lı yıllarda ortaya çıkmıştır (Olivas-Lujan vd., 2007). Bu serüvenin teknolojik bir tabanı bulunmakla birlikte işletmelere birçok fırsat sunmuştur. Bunların başında süreçlerin kısalması ve maliyetleme yapabilme imkanı olarak sıralanabilir. Burada bahsedilen maliyetleme hem ekonomik hem de zamansal bir verimlilik artışı anlamına gelmektedir. Elbette görevi çalışanları ile örgüt arasında uyumlaştırma olan insan kaynakları departmanı, hem yatay uyumla içsel verimlilik sağlamak hem de dikey uyumla çevreden örgüte doğru çekilen çalışanlar ile değer yaratmaktadır. Bu uyumun bir sorumluluk değil bir zorunluluk olduğu anlamak hayati bir öneme sahiptir.

Nitekim bu uyum bakış açısıyla dijital insan kaynağı süreçleri altı maddeye dayandırılmıştır. Bu maddeler işletme maliyetlerini azaltırken, insan kaynaklarının değerini artırmak isteyen insan kaynağı profesyonellerine yönelik olarak da düşünülmektedir (Jones, 1997).

- *Bilgi Teknolojisi:* Dijital bir geleceğin planlanması; bilgisayar ağları, yazılımı ve donanımları ile dijital insan kaynağı için mutlaka ilgilenilmesi gereken konu haline gelmiştir. Sanal işbirliğini kolaylaştırma, dijital işe alım süreci gibi.
- *Süreci Yeniden Planlayıp Düzenleme:* İnsan kaynağı yöneticileri sürekli olarak stratejik iş süreçlerini düzenlemek ve daha etkili hale getirmek için gittikçe modernleşen dünyada çağdaş fikirler araştırmalıdır.

- *Yüksek Hızda Yönetim:* İşletmeler aralarında sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlamak için yarış içindedir. Ciddi bir yenilik stratejisi isteyen bu süreçte dijital insan kaynağı kıyas kabul etmeyecek önemdedir.
- *Ağ Organizasyonları:* En çok ağ işletmelerinde dijital insan kaynakları ortaya çıkmaktadır. Uzaktan katılım ve ara birimlerin ağ teknolojisi ile birleştirilmesi.
- *Bilgi İşçileri:* Dijital insan kaynağı yöneticileri dijitalleşen iş süreçlerinde donanımlı bilgi işçilerine ihtiyaç duymaktadırlar. Öğrenen organizasyonlarda istihdam kendi kendini yöneten bilgi işçileri ile sağlanmak zorundadır. Yetenek yönetimi, işveren markası uygulamaları ile dijital platformlardan cezbetme süreçlerinin artırılması.
- *Küreselleşme:* İşletmeler sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlamak için küreselleşme çerçevesinde planlarını geliştirmelidir. İK yöneticileri bu süreçleri yönetebilmelidir. Yöneticiler dijitalleşmiş insan kaynakları süreçlerini doğru şekilde yönetebilirlerse maliyetleri ciddi şekilde düşürerek kendilerini üstlerine kanıtlamalarına imkan vereceklerdir.

*Dijital Muhasebe Yönetimi:* Dijital dönüşüm organizasyonel yapının bir parçasıdır. İlerleyen teknoloji, muhasebecilerin online platformlar ile işletme müşterilerine daha hizmet sunulmasını sağlamakta; muhasebe belgelerinin depolanmasını ve taşınabilirliğini arttırmaktadır (Tekbaş, 2019). Bu da yakın gelecekte işletmelerin muhasebeleşme sürecinde verilerinin kayıt ve analiz edilerek raporlanmasının daha da hızlı ve karmaşık bir duruma döneceği anlamına gelmektedir.

Bu süreçten sorumlu olan şirket yöneticileri ve mali işler sorumluları, endüstri 4.0 ile değişen iş yöntemlerine uyum sağlayacak yeni donanımlara sahip olmak zorundadır. Nesnelerin de birbirleriyle iletişime geçmesi sonucu muhasebe işlemlerinde emek gücünün azalması ile geleneksel muhasebe yaklaşımı bir dizi değişime öncü olmuştur. Muhasebe verileri içinden kullanılabilir anlamlı bilgiye erişmek ve bilgi kullanıcılarına zamanlı ve faydalı bilgi sunmak ciddi bir uzmanlık gerektirmektedir. Bu nedenle teknolojiyi kullanabilen, sistem tasarlayıcısı muhasebe mühendislerine ihtiyaç duymaktadır (Erturan ve Ergin, 2018). Küreselleşme, para akışının bir sermaye piyasasından diğer sermaye piyasasına yönlendirilmesine imkan tanıırken teknik ve meslek bilgi ve becerilerine ihtiyaç duymakta, ayrıca



denizaşırı dış kaynakların kullanımında yerel kültürlerin farklı olmasından kaynaklanan sorunların çözümüne, vergi ve finans sistemlerine yönelik tehditler yaratmaya devam etmektedir. Ayrıca işletmeler için kayıt dışı girdi ve çıktılarının günümüzde önemli bir sorun haline gelmesi, muhasebe süreçlerinin dijitalleşmesini zorunlu hale getiren gelişmelerden olmuştur. Özellikle ödeme şekillerinde gerçekleşecek değişimle nakit ödeme işlemi olmadan kasiyersiz yazar kasalar neticesinde nakit kavramının ortadan kalkması sebebiyle kasa gibi parasal varlıkların denetimine gerek kalmaması, banka mutabakatları bilgi şeffaflığı sayesinde kolay bir biçimde aşılacak ve bir çok denetim olayları ortadan kalkması gibi bazı gereksinimler ve zorunlulukları işaret etmektedir. Böylece kayıt dışılığı önlemek amacıyla elektronik uygulamalara daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Bu noktada yapılan işlemler sonrasında faturalar otomatik olarak müşterinin ve muhasebe sistemine düştüğünde eş güdümlü bir muhasebe kayıt süreci başlamış olmaktadır.

Denetçi, geleneksel sistemde denetlenen şirkete gidip görevini yapmakta iken endüstri 4.0 sürecinde bilginin eşgüdümlü bir biçimde denetçiye iletilmesi sonucunda kanıt toplama işlemi ile uğraşmadan elde edilen bilgilerin analizi ile ilgilenecektir (Kablan, 2018). Bununla birlikte özellikle devlet ile kurumlar, kurumlar ile birey ve devlet ile birey arasında, e-işletme e-vergi, e-bordro, e-irsaliye, e-fatura gibi elektronik platformlarda yürütülen işlemlerin tamamı dijital dönüşüm çatısı altında daha etkin süreçlerle değişime uyum sağlayan uygulamalardır. Bugün birçok dijital teknoloji muhasebecilik mesleğinin dijital dönüşümüne katkı sunmaktadır. Muhasebe işlemlerinin tespit edilmesi, sınıflandırılması, yönetilmesi, raporlandırılması gibi muhasebe işlevlerinin ileri teknoloji ile bilgisayar programları ile gerçekleştirilmesini sağlayan muhasebe yazılımları, işletmeler dijitalleştikçe yönetsel karar verme mekanizmalarında öne çıkmıştır. Maliyetleme konusunda avantaj sağlanabilmesi için muhasebe bilgi sistemleri kullanılmak zorunda kalmıştır. Böylece hem ekonomik hem de zaman tasarruf sağlanmıştır.

*Dijital Pazarlama Yönetimi:* İnternet teknolojilerinin ticari amaçlarla kullanılmaya başlayarak tüketicilerin hayatlarının vazgeçilmez bir parçası haline gelmesinin üzerinden çeyrek asır geçmiştir (Kannan, 2017). Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte pazarlama sektöründe bazı

geleneksel yöntemler de değişime uğramıştır (Erdal, 2002). Pazarlamadaki yenilikler, küreselleşme, teknolojinin ilerlemesi ve müşterinin eğitim seviyesinin artması ile gündeme gelmiştir. Değişime ayak uydurmak için yapılan yeniliklere bağlı olarak pazarlamanın anlamı, pazarlama departmanının işletmelerdeki rolü ve işletmenin örgüt şeması da değişime gitmek zorunda kalmıştır. Yeniliklere ayak uydurma sürecinde ilişki pazarlaması ilerlemiş, müşteri işletmenin ana noktasına konulmuş, yeni kavramlar olarak değer aktarma ve üretme kavramları gelişmiş ve pazara yönelme ana hedef haline gelmiştir. Dijital pazarlama yönetimi genel bir çerçevede internet mecrasını ve bilişim teknolojisinden faydalanarak pazar araştırması yaparak, ürün sunumundan ücret farklılığına, ödeme sitelerinin oluşturulmasından, ürünlerin dağıtım sistemlerine ve satış sonrasındaki sunulan hizmetlere kadar pazarlama fonksiyonlarının tümünü dijital ortamlarda gerçekleştirmeyi kapsamaktadır (Özmen, 2009). Bu süreci yönetmek yoğun planlamalar gerektirmiştir. Bunun sebebi ise, her yaştan, her cinsiyetten veya maddi durum olarak her kesimden müşterinin sosyal mecralarda bulunması, ürünün veya hizmetin kime yönelik olduğunu doğru belirlemeyi gerektirmesindedir.

Dijital teknolojilerdeki gelişmelerin pazarlamaya etkisi, ürün ve hizmetlerin doğasını değiştirmiş, değişim hızlanarak devam etmiştir (Yoo, vd., 2010). Yaşanan hızlı değişim ve gelişim sürecinde dijital teknolojilerin benimsenmesiyle firmalar da hızla dönüŖmek zorunda kalmıştır. Bu noktada Dijital dönüŖüm, ürün ve hizmetlerde yeni değer önermelerine, müşterilere ürün veya hizmetlerin sunumu ve teslimatı açısından farklı etkileşim yollarının kullanılmasına ve yeni organizasyon biçimlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır (Rouse, 2005). Bu süreçte pazarlama departmanı birçok unsuru ile değişime ayak uydurmak zorunda kalmıştır. Pazarlama departmanının sürece adapte olması farklı uygulamalar vasıtası ile olmuştur; sensörler aracılığıyla müşterilerden elde edilen verilerin analizi incelenerek fiyatlandırma konusunda değişimler gelişmeler olmuştur (Bayuk ve Öz, 2017). Bununla birlikte dijital para birimi Blockchain kullanılmaya başlanmıştır. Blockchain teknolojisiyle; her iki taraf için finansal işlem gerçekleştirecek sanal para biriminin oluşturulması, işlemlerin onaylanması ve mülkiyetin aktarılmasına dayalı ve işlemlerin kayıt defteri niteliğinde sistemde kayıt altına alınması, oluşturulan sözleşmelerin dijital koda indirgenerek paylaşılan verilere

dönüştürülmesi, gerektiğinde silinmesi ve değiştirilmesi yapılarak, taraflar arasında aracılar gerek kalmadan finansal işlemler gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Iansiti ve Lakhani, 2017). Dağıtım konusunda ağa bağlı araçlar sayesinde depolama, taşıma, stok durumları, boşaltma gibi faaliyetler adım adım izlenmekte, taşıma sırasında izleme ve takip hızı, güvenli ve öngörülü şekilde gerçekleştirilmektedir (Muradoğlu, 2015). Pazarlama departmanının dijital teknolojilere adaptasyonu Artırılmış Gerçeklik, Büyük Veri, Bulut Çözümler, Robotik Sistemler, Sensor Teknolojileri, Omni Kanallar, Nesnelerin İnterneti, Sürücüsüz Araçlar, İnsansız Hava Aracı gibi teknolojik araçların kullanılması ile süreç sağlanır (Büyüközkan ve Göçer, 2018). Dijital dönüşüm süreci sonu gelebilecek bir yapıda olmamakla birlikte kendisinden önceki hiçbir değişime benzememektedir. Dijital dönüşüm işletmenin hangi fonksiyonu içinde olursa olsun dönüşüm belli bir noktaya varınca son ermeyecek hatta kümülatif bir çizgide daha da hız kazanacaktır. Bu noktada değişim ve dönüşümü müşterilerinin algısında yakalamak isteyen işletmeler, yenilikleri süreçlerine adapte etmede daima bir adım önde olmak zorunda kalacaktır.

*Dijital Üretim Yönetimi:* İşletmelerin üretim süreçleri maliyet kalemlerinin en yüksek olduğu süreçlerdir. Verimliliğin rekabet için önemli olan yanı fireyi sınırlamak ile başlayarak rakiplere oranla daha ucuza mal edebilmeyi sağlamaktır. Bu da fiyat rekabetine girebilme avantajı sağlamaktadır. Ayrıca ürünlerin kalitesinde artış ve işlem sürelerindeki azalış dolayısıyla hız ve müşteriye zamanında ulaşım gibi tüm noktaları doğrudan etkileyen üretimin dijitalleşmesi, sadece zamandan değil robotik teknolojisi sayesinde enerjiden de tasarruf sağlanmasına olanak sunmaktadır. Tüm bu avantajlar rekabeti yıkıcı hale getirmekte ve işletmeleri sürece adapte olmaya zorlamaktadır; herhangi bir sebepten adapte olmayanların ise faaliyetlerine son vermesine neden olmaktadır.

Üretim yönetimi uygulamalarında dijital dönüşebilmenin ilk olarak, geliştirme ve tasarım süreçlerinin artırılmış gerçeklik (AR) ve 3D baskı gibi araçlarla daha hızlı ve daha iyi bilgilendirildiği ve kullanıcıların etkileşimli verilerini gerçek zamanlı olarak kullandığı üretkenliğin artırılması yönü öne çıkmaktadır. Özellikle ürünlerin kalite değerlendirmesi için yeni makine öğrenme araçları (Jang vd., 2019), kalite kusurlarının temel nedenlerini otomatik olarak belirtmek ve

ortaya çıkmadan önce atıkla ilgili sorunları tahmin edebilmeyi sağlar. Ayrıca makine verileri, üretim hattı, nakliye ve lojistik dahil olmak üzere tüm aŖamalarda üretim sürecini yakalayan ve analiz eden verilerin maliyeti düşürölür. Bu da talepleri karşılamak için envanterin daha iyi yönetilmesine yardımcı olurken makineler, ürünler arasında hızlı değişikliklere izin veren yüksek düzeyde esneklik sunar. Bir sonraki fayda, müşteriler için önemli bir seçim faktörü olan daha fazla ürün özelleştirmesine sahip olmakla ilgilidir (Barni vd., 2019). Dijitalleşmeye sahip üretim hatları, müşterilere cazip seçeneklerle özelleştirme sunarken, yine de büyük ölçekte ve rekabetçi fiyatlarla verimli bir şekilde üretim yapmaktadır. Ayrıca robotlar tarafından tehlikeli görevlerin gerçekleştirilebildiği işyerlerinde kurulu sensorler kullanılarak potansiyel ve olası tehlikeler hakkında önceden bilgilendirilebilir.

Ayrıca sensor teknolojisiyle diğer veri toplama noktalarından güncellemelerin gerçek zamanlı olarak alınıp analiz edebilmesi, sistemi anında harekete geçebilir fırsatlar sunmaktadır. Bu şekilde, makine öğrenimi ve algoritmalarla yeni bilgilere erişerek üretimin, davranışını ve performansını anlayabilmeyi kolaylaştırmıştır. Bu durum, beklenmeyen hataları ve arızaları yüksek doğrulukla tahmin etmeye olanak sağlamıştır. Dağıtılmış Kontrol Sistemi (DCS) veya Programlanabilir Mantık Denetleyicileri (PLC'ler) kullanılarak otomatik üretim yapılması sağlanabilmiştir. Robotların endüstriyel üretimde kullanımı, bugün dünya çapında yaklaşık iki milyon robotla katma değer üretim sağlanmasını sağlamıştır. Hatta üretimde kullanılan robotlara, fabrika katında senkronizasyon ve performans ile ilgili kararların alınmasında kullanılacak anlık veriler sağlanmaktadır (Bragança vd., 2019). Son dönemde IoRT, üreticilerin müşteri gereksinimlerini daha iyi karşılamasına ve beklentilerin aşılmasına ve tedarik zincirindeki sapmalara doğru tepki vermesine olanak tanımıştır. Bu noktada yarının firmaları bu teknolojileri süreçlerine adapte ederek kullanabilen firmalar olacaktır.

## **SONUÇ**

Dijitalleşme, teknolojinin iş ve sosyal hayata entegre edilmesidir. Günümüzde sadece işletmeler değil aynı zamanda bireyler sosyal hayatlarında da dijital birçok araç ve gereçlerden faydalanmaktadır. İhtiyaçların daha hızlı giderilmesi ve bireylerin iletişim kurmaları

dijitalleşme ile daha basit bir hale dönüşmüştür. Dijitalleşme anlık bir kolaylık sağlamaktan daha çok geçmiş bilgilerin depolanmasında da önemli bir rol üstlenmiştir. Dijitalleşmenin bu şekilde yaygınlaşması her sektörü yakından etkilemiştir. Dijitalleşme ile birlikte sektördeki rekabet üstünlüğü ve sürdürülebilirliği sağlamak için işletmelerin geçmişte izlediği stratejiler de değişkenlik göstermiştir. Bu dönüşüme ayak uydurabilmek öncelikle zaman ve ekonomik maliyetler açısından ön plana çıkmış ardında ise daha uzak noktalara erişim avantajı oluşmuştur. Bu süreçte dijital alt yapının sağlanmaması ve bireylerin dijitalleşmeye karşı bilgilerinin yeterli seviyede olmaması bu süreçte işletmelerin en büyük sorunları arasında yer almıştır. Dijital dönüşüm kısmi bir hareket olmadığı için belirli sektörler için değişim mühendisliği uygulamalarının hayata geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Değişim mühendisliğinin getirisi olarak süreçlerde topyekün bir değişim zorunluluğu bazı işletmelerin faaliyetlerini devam ettirememesine neden olmuştur. Bu dönüşüm sürecine ayak uydurabilen işletmeler ise sürece adapte olarak faaliyetlerine devam edebilmiştir. Her sektörde topyekün bir değişim zorunluluğu olmasa da etkinlik verimlilik, maliyetleme, daha geniş kitlelere hitap edebilme daha fonksiyonel ürün ve hizmetler ortaya koyulabilmeyi sağlayan dijital dönüşüm, sürece ayak uydurabilenler ile diğerleri arasında belirgin bir üstünlük açığa çıkmasına neden olmuştur. Bu noktada dijital dönüşüm sürecinden yeterli derece de olumlu sonuç alınabilmesi için işletmenin tüm birimlerinde dijitalleşmeye gidilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu bakış açısıyla ürün, bu ürünü ortaya koyan beşeri yetenekler, bu değerlerin yönetilebilmesi için gereken varlık ve maddi kaynakların tahsisi sonuç olarak ortaya çıkan değerın tüketiciye ulaşması kapsamında;

İnsan kaynakları, muhasebe, üretim ve pazarlama gibi departmanlar dijital dönüşümde öncelik olarak öne çıkmıştır. Özellikle gerek ekonomik maliyet gerekse de zaman maliyeti açısından belirgin farklar yaşamaya başlayan işletmeler rakipleri karşısından rekabet avantajı elde etmiş verimlilikleri artış fire azalmış, kalite artmış ve süreçleri kısaltmaya başlamıştır. Bu noktada; İnsan kaynaklarının dijitalleşmesi; online iş görüşmeleri uzaktan çalışabilme imkanı, çalışanların performans ödül sistemlerinin doğru şekilde oluşturulması motivasyonel olarak öne çıkmıştır.

Muhasebe departmanın dijitalleşmesi ile hata payı en aza indirilmiş, önemli kalemler dijital programlar vasıtası ile yürütölmeye başlamış ve evrak ve kırtasiye maliyetleri sağlanmış bununla bilirlte evrak depolama ve fiziksel arşivlerin getirdiği ekonomik yükler azalmış ve evrakların depolanmasını ve ilerleyen süreçlerde geçmişe dönüŖ kontrollerinin sağlanması daha elverişli hale gelmiştir.

Pazarlama departmanın dijitalleşmesinde özellikle sosyal ağlar üzerinden hedef kitle analizleri yapılmı, algoritmalar sayesinde bu hedeflere daha çabuk gidilmiş, nesnelerin interneti sayesinde hayatlar kolaylaşmış ve mobil uygulamalar sayesinde bize gelemeyen müşterinin evine ve odasına kadar gidilebilme imkanı gelmiştir.

Üretim teknolojilerinin dijitalleşmesi ile zamanın etkili kullanılmasını ve ürün maliyetlerinin azalması sağlanmıştır. Endüstriyel makine öğrenmesi sayesinde fire azalmış ürün kalitesi artmış ve 24 saat ışıkların kapalı olduğu yüksek enerji tasarruflu fabrikalar işler hale gelmiştir.

Sonuç olarak günümüzde birçok işletme çağın gerektirdiği ve rekabet üstünlüğü sağlayacağı hitap ettikleri hedef kitle tarafından tercih edilebilirliğini arttırmak ve potansiyel tüketicilere ulaşmak için değişen koşullara ayak uydurmak zorundadır. Dijital dönüŖüm bu uyumun sağlanması hususunda işletmelerin departman faaliyetlerinden başlayarak süreçlerinde uyumlaştırma yapmasında onlara bir sorumluluk değil hayatta kalabilmek için zorunluluk hali getirmiştir.

## KAYNAKÇA

Aksel, İ., Arslan, M. L., Kizil, C., Okur, M. E. ve Seker, S. (2013). Dijital işletme (digital business). Cinius Yayınları (Cinius Publishing).

Albukhitan, S. (2020). Üretim İçin Dijital DönüŖüm Stratejisinin Geliştirilmesi. 3. Uluslararası Yükselen Veri ve Endüstri 4.0 Konferansı (EDI40) 6-9 Nisan 2020, Varşova, Polonya. Prosedür Bilgisayar Bilimleri 170 (2020) 664–671.

Anaman, M., Lycett, M. ve Love S. (2008) Enhancing Customer Experience within the Mobile Telecommunications Industry. Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems, Galway, Ireland.

Barni, A. ve Carpanzano, E. ve Landolfi, G. ve Pedrazzoli, P. (2019). “Urban Manufacturing of Sustainable Customer-Oriented Products”, Proceedings of

the 4th International Conference on the Industry 4.0 Model for Advanced Manufacturing”, pp. 128-141.

Bayuk, N. M. ve Öz, A. (2017). “Nesnelerin İnterneti ve İşletmelerin Pazarlama Faaliyetlerine Etkileri”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (43), 41-58.

Benjamin, R. I. ve Levinson, E. (1993). A framework for managing IT-enabled change. *Sloan Management Review*, 34(4), 23-33.

Bragança, S., Costa, E., Ignacio Castellucci ve Pedro M. Arezes (2019). “A Brief Overview of the Use of Collaborative Robots in Industry 4.0: Human Role and Safety”, *Occupational and Environmental Safety and Health*, pp 641-650.

Brynjolfsson, E. ve McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, NY: WW Norton ve Company.

Büyüközkan, G. ve Göçer, F. (2018). “Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research”, *Computers in Industry*, 97, 157–177.

Erbay, E. R., Tulgar, D. ve Özden, Ö. G. M. (2018). *Dijital Ekonomi ve Dijitalleşmenin Ekonomik Açından Sonuçları*. Cataloging-In-Publication Data, 329.

Erdal, M. (2002). *Elektronik Ticarete Web Site Stratejilerinin Pazarlamadaki Yeri ve Sağlık Sektörü Üzerine Değerlendirmeler*, *Pazarlama Dünyası*, (6).

Erdil, O., Kalkan, A. ve Alparıslan, A. M. (2010), *Örgütsel Ekoloji Kuramından Stratejik Yönetim Anlayışına*, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12 (1), 17-31.

Erturan, İ. E. ve Ergin E. (2018). *Muhasebe Mesleğinde Dijitalleşme: Endüstri 4.0 Etkisi*. *The Journal of Academic Social Science*, 72, 153-165.

Grover, V., Jeong, S. R., Kettinger, W. J. ve Teng, J. T. (1995). The implementation of business process reengineering. *Journal of Management Information Systems*, 12(1), 109-144.

Iansiti, M. ve Lakhani, K. R. (2017). “Blockchain Hakkındaki Gerçekler”, *Harvard Business Review Türkiye*.

Ismail, M. H., Khater, M. ve Zaki, M. (2017). *Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far*. Cambridge Service Alliance, November.

Jaffee, D. 2001. Organization theory: tension and change. Singapore: McGrawHill.

Jang, J. M., Seo, S. J., Lee, Y. ve Kim, Y. S. (2019). A Study on Improving the Quality of Clothing Companies: Focusing on Kutesmart using Quality 4.0 Matrix. Journal of the Korean Society for Quality Management, 47(1), 199-211.

Jones, J. W. (1997): Virtual HR: Human Resources Management in the Information Age Crisp Publications, USA.

Kablan, A. (2018). Endüstri 4.0, “Nesnelerin İnterneti - Akıllı İşletmeler Ve Muhasebe Denetimi”. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı, 23, 1561-1579.

Kannan, P. (2017). Digital marketing: A framework, review and research agenda. International Journal of Research in Marketing, 34(1), 22-45.

Kathan, W., Matzler, K. ve Veider, V. (2016). The sharing economy: Your business model’s friend or foe? Business Horizons, 59(6), 663-672.

Lee, I. ve Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58(4), 431-440.

Muradoğlu, C. (2015). “Nesnelerin İnterneti tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarına 1.9 trilyon dolar kazandıracak” <http://www.turkishtimedergi.com/dijital-ekonomi/nesnelerininterneti-1-9-trilyonkazandiraca>.

Nylen, D. ve Holmström, J. (2015). Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. Business Horizons, 58(1), 57-67.

Olivas-Lujan, M. Ramirez J. ve Zapata-Cantu I. (2007). “E-HRM in Mexico: Adapting Innovations for Global Competitiveness”, International Journal of Manpower (5), 419.

Özmen, Ş. (2009). Ağ Ekonomisinde Yeni Ticaret Yolu: E-Ticaret, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R. ve Kolbe, L. (2015). Transforming industrial business: the impact of digital transformation on automotive organizations.; 36th International Conference on Information Systems, Fort Worth



Riedl, J., Delenclos, F. ve Rasmussen, A. (2018). To Get Smart, Ports Go Digital. <https://www.bcg.com/publications/2018/to-get-smartports-go-digital.aspx>

Rouse W.B. (2005). “A theory of enterprise transformation”. Syst. Engin, 8, 279–295.

Saarikko, T., Westergren, U. H. ve Blomquist, T. (2017). The Internet of Things: Are you ready for what’s coming? Business Horizons, 60(5), 667-676.

Saarikko, T. ve Westergren, U. H. ve Blomquist, T. (2020). Dijital dönüşüm: Dijital bilince sahip firma için beş öneri. Business Horizons (2020) 63, 825-839.

Schuchmann, D. ve Seufert, S. (2015); Corporate Learning in Times of Digital Transformation: A Conceptual Framework and Service Portfolio for the Learning Function in Banking Organizations; iJAC, 31-39.

Scott, W.R. (1998) Organizations: Rational, Natural and Open Systems, Prentice Hall, New Jersey.

Tekbaş, İ. (2019). Muhasebenin Dijital Dönüşümü ve Mali Mühendislik. Ceres Yayınları.

Yoo, Y., Henfridsson, O. ve Lyytinen, K. (2010). “Research Commentary — The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research”. Information Systems Research, 21(4), 724–735.

**İş Dünyasında ve Literatürde  
Kurumsallaşma Süreci Çelişkisi:  
Dönüşüm Yolculuğunun Farklı  
Yorumları**

**N. Ümit Başdaş**

*Tess Tasarım Danışmanlık, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9755-0134)**

## GİRİŞ

Kurumsal Teori, örgüt teorileri arasında önemli bir yere sahip olmakla beraber iş dünyasında pek kullanılmamış ve bu nedenle de etkisi izafi olarak azdır. Dünya literatüründeki ve uluslararası iş dünyasındaki bu gerçekle tezat oluşturacak boyutta, kurumsallaşma Türkiye’de iş dünyasında en çok duyulan ve atıfta bulunulan kavramlardan biridir. Üniversite – iş dünyası bağ ve işbirliğine hizmet eden ve firma temsilcilerinin katılımı ile gerçekleşen KOBİ ya da aile işletmeleri kongrelerinde olduğu kadar çeşitli akademik forumlarda da “kurumsallaşma” ve “kurumsal şirket” ifadeleri global pratikten farklı olarak sıklıkla kullanılmaktadır.

Kurumsallaşma, sosyolojik kökenli, anlaşılması pek te kolay olmayan soyut bir kavramdır. Bu nedenle olsa, özellikle mevcut şirketlerin çok büyük çoğunluğunu oluşturan KOBİ’ler ve aile şirketleri üzerine dilimizde çokça kullanılan şirketlerin kurumsallaşması kavramı üzerine yazılmış çok sayıda akademik yazı ya da makale WOS / Scopus indeksli dergilerde kabul görmemiştir.

İşletme, yönetim ve kurumsal teorinin çıkış alanı olan sosyoloji disiplinleri içinde, araştırma kapsamını biraz daha daraltmak için seçilen KOBİ tarzı şirketler ve kurumsallaşma süreci ile ilgili yapılan 50,000 kitap, 409,000 e-kitap, 80,000 e-dergi ve 74 veri tabanına (Wiley Online Library, Web of Science, Springer, Science Direct, SCIELO, Sage Journals, Passport, Oxford Journals, EndUse, Britannica Ansiklopedisi, EMIS, Ebsco, Ebrary, DOAJ, Cambridge, vb dahil) sahip erişime açık veya kapalı kaynaklar (kitap, e-kitap, makale) üzerinde yapılan geniş kapsamlı bir yayın taraması şu dikkat çeken sonucu vermiştir. 1994-2000 yılları arasında 20,000, 2001-2011 yılları arasında 11,500, 2011-2018 yılları arasında 14,000 adet olmak üzere 1994 ila 2018 yılları arasında başlığında KOBİ ve kurumsallaşma kelimelerinin beraberce geçtiği eser sayısı 6 adettir. Başlığında “KOBİ’lerin kurumsallaşması” ifadesi geçen üç makale Türk yazarlara ait olup, yabancı kaynaklı diğer makalalarda yazılı iletişim ve raporlamanın kurumsallaşması, e-ticaretin kurumsallaşması veya insan kaynakları (İK) yönetiminin kurumsallaşması gibi KOBİ’lerde bir disiplinin kurumsallaşmasını ele almıştır.

Bu araştırmadan iki sonuç çıkarmak mümkündür: 1. Literatürde KOBİ’ler üzerine yeterli sayıda çalışma olmasına rağmen, KOBİ ve

kurumsallaŖma baŖlığı altında çalıŖma ya da baŖka bir ifadeyle KOBİ'lerin kurumsallaŖması baŖlık veya konulu eser sayısı yok denecek kadar azdır 2. “KOBİ'lerin kurumsallaŖması” kavramını sadece Türk yazarlar kullanmıŖtır, dolayısıyla bu kavram Türk akademik literatüründe tam doğru karŖılıđında kullanılmamakta, yerli literatürde sıklıkla kullanılan bu kavramla ilgili çalıŖmalar da uluslararası yayınlarda kabul görmemektedir (BaŖdaŖ, 2020a).

Kütüphane araŖtırmasında konuyu iki kelime / kavramın (kurumsallaŖma ve örgüt) ikisinin birden eser baŖlığında aranması Ŗeklinde yaptığımızda ise 172 adet sonuçla karŖılaŖılmıŖtır ki bu da çok düşük bir sayıdır; yine burada da genellikle örgütlerde İK, profesyonelleŖme gibi bir alandaki kurumsallık boyutu ele alınmaktadır.

alıŖmanın giriŖ bölümünden sonraki ikinci bölümünde uluslararası yazındaki kurumsal teori (KT), kurumsallaŖma kavramı ve örgüt yapısı ele alınmıŖtır. Bu bölümde KT ve yeni-kurumsal teori yaklaŖımları yanında KT'nin ađdaŖ yorumları arasında yer alan kurumsallaŖma alıŖması (Institutional Work) açıklanmıŖtır. Türkiye ve yurtdıŖı literatürü karŖılaŖtırmak açısından bu bölümde Türkiye’de kurumsallaŖma yazını ve iŖ hayatındaki kullanımları da gözden geçirilerek yüklenen anlamlardan örnekler verilmiŖtir. Üçüncü bölümde seçilmiş üst düzey bilinçli profesyonel ya da baŖarılı giriŖimci nitelikli iŖ insanları ile gerçekleŖtirilen kurumsallaŖma ve kurumsal Ŗirket kavramlarının kendileri nezdindeki anlamları ile ilgili bir nitel araŖtırma ve bulguları yer almaktadır. Dördüncü bölüm sonuç ve önerileri kapsamaktadır. Sonuç ve öneriler konu ile ilgili araŖtırma yapan özellikle genç Türk akademisyenlerini ve kurumsallaŖma konusu ile ilgilenen profesyoneller, giriŖimcilerle akademisyenleri ilgilendirecektir. Bu alıŖmanın amacı, kurumsallaŖma, kurumsallaŖma süreci, kurumsal örgütler / Ŗirketler kavramlarındaki belirsizliği gidermek; Türkçe’de yerleŖen farklı anlamlar ile literatür anlamları arasında bir bağ kurmak; böylelikle de hem konu ile ilgili araŖtırmalara baŖlayacak olan Türk akademisyenlerine bir iğörü kazandırmak hem de Türkiye’deki Ŗirketlerin % 99’unu oluŖturan KOBİ ve aile Ŗirketleri ile ilgili yapılan çalıŖmalarda en büyük sorunlardan biri olarak beliren kurumsallaŖma ile ne ifade edildiğini irdeleyip, KOBİ'lerin sorunlarına yardımcı olmaktadır.

## KURUMSAL TEORİ VE KURUMSALLAŞMA SÜRECİ

Kurumsallaşma kavramı sosyoloji disiplini içinde ortaya çıkmış ve sonradan örgüt teorisinde de yer almış bir kavramdır. Sosyoloji disiplini içinde örgüt (organizasyon) çalışmalarının rölatif olarak kısa bir geçmişi vardır. Robert Merton ve ekibinin 1940'larda yaptıkları çalışmadan önce sosyologlar, örgütleri üzerinde çalışmaya değer ayrı sosyal olgular olarak görmemişlerdir (Tolbert ve Zucker, 1996).

Örgüt teorisi içinde önemli teorik perspektiflerden birisi haline gelen kurumsal teori, örgütsel özellik ve uygulamaların altında yatan, kendiliğinden oluşmuş gibi görünen varsayımlar, inanç ve değerler ile ilgili olan kurumsal teori (Meyer ve Rowan, 1977; Powell ve DiMaggio, 1991) sosyal teoriye baz edilir. Anlaşıldığı gibi teori, örgüt ve yönetim uygulamalarının ekonomik yaptırımlardan ziyade sosyal yaptırımlar ürünleri olduğu şeklinde bir yaklaşımı içermektedir. Kurumsal teorideki temel fikre göre birçok organizasyonel uygulamaların adaptasyon ve tutunmaları, ekonomik performans amaçlı teknik baskılardan ziyade daha çok uyumluluk ve meşruiyet gibi sosyal baskılardan dolayı olmaktadır. Kurumsal teori sosyal hayata anlam veren sosyal hareketleri kısıtlayan ya da yönlendiren yerleşmiş kural, norm ve kültürel inanç ve kodları vurgulamaktadır (Başdaş, 2020b). North'a göre kurumlar bir toplumda oyunun kuralları ya da daha resmi bir dille insan ilişkilerini kısıtlayan insanlarca geliştirilmiş kısıtlamalardır (North, 1990).

Yeni-kurumsal teori örgütlerin formal yapılarının yalnızca koordinasyon, kural ve prosedürlerden (örgüt yapısı) ibaret olmadığını, formal yapının yeni kaynağının ögelerinin rasyonelleşmiş mitler olarak işlev gören güçlü kurumsal kuralların tecelli etmeleri olduğunu söyler. Mitler somutlaşmış ancak üzerinde anlam ve kabullenme yüklenmiş, meşruiyet kazanmış uygulamalardır. Örnek olarak artık kurumsallaşmış üretim, satış, muhasebe programları, kurumsal çevre kabullenilmiş teknikler ve teknoloji, İK süreçleri, sağlık hizmet destekleri, personel eğitim programları, işgüvenliği departmanları ve sigara içilmez işaretleri ya da alanları sayılabilir.

Kurum, Oxford sözlüğe göre prensipler toplamı; Business Dictionary'ye göre genel kabul görmüş normlara göre kendi kendini düzenleyen tutarlı ve organize hareket ve faaliyetler (kanun veya

geleneklerce oluşturulmuş) düzeni / yapısı olarak tanımlanmaktadır. Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre ise kurum, 1. toplumun dil, din, adalet, aile, hukuk, mülkiyet, devlet gibi insanlarca oluşturulan ve belli düzeni, yasası, ilkesi bulunan manevi varlıklardan her biri; 2. Evlilik, aile, ortaklık, mülkiyet gibi köklü bir yapıyı içeren birlik, müessese olarak tanımlanmaktadır. Clegg ve Bailey'e göre kurumlar kültürel kuvvetler tarafından oluşturulmuş, sembolik, komplike, kendi kendini harekete geçirebilen, üretken sosyal süreçlerdir (Clegg ve Bailey, 2008). KT'nin kurucuları arasındaki Philip Selznick'e göre kurumlar bazı sembolik öğelerin sosyal kabullenilme ve itibar kazanıp meşruiyet elde etmeleri ile oluşur. Selznick'e göre kurumsallaşma bir süreçtir. Başka bir şekilde ifade edersek, kurumsallaşma bir yapı ya da uygulamanın örgüt tarafından benimsenmesi ve kabullenilmesi sürecidir. Tolbert ve Zucker "Kurumsal Teorinin Kurumsallaşması" konulu ünlü makalelerinde tanımlanan kurumsallaşma süreci modeline göre kurumsal çevrenin etkisi (kanun, teknolojik değişim ya da pazar güçleri) bir değişim veya inovasyon etkisi yaratmakta, bu etki zaman içinde alışkanlık haline gelen eylemleri oluşturmakta (habitulization), bunu içselleşme (objectification) ve sedimentasyonun takibi ile süreç sona ermektedir (Tolbert vd., 1999).

### ***Kurumsallaşma Çalışması***

Kurumsallaşma çalışması, kurumsallaşma süreçlerini etkileyebilen çeşitli aktörlerin amaçlı çalışmaları şeklinde ifade edilebilecek olan kurumsallaşma çalışması (institutional work), görece yakın zamanlarda, 2006 yılında ilk olarak kullanılmış bir kavramdır. Kurumsallaşma çalışması (KÇ) kavramı, geleneksel süreç bazlı uyum ve oluşum yaklaşımına bazı aktörlerin kendi beceri ve yetenekleriyle yaratıcı, muhafaza edici ya da değiştirici (bozucu) etkileri ile ilgilidir. Lawrence ve Suddaby, kurumsallaşma çalışmasını bireylerin ve örgütlerin kurumları yaratmaya, muhafaza etmeye ve bozmaya yönelik amaçlı hareketleri olarak tanımlamışlardır (Lawrence ve Suddaby, 2013).

KÇ kurumsal değişime tesir eden kurumsal aktörler ile kurumsal yapılar arasındaki dinamik karşılıklı etkileşimin incelenmesi için önemli bir odak noktasını temsil eder (Beunen ve Patterson, 2019). Kurumsal girişimcilik (institutional entrepreneurship)'ten farklıdır. Kurumsal girişimcilik aktif olarak kurumsal yapıları geliştirme ve

değiştirmeyi arayan değişim etmenleri (agents) üzerine odaklanır. (Winkel ve Leipold, 2016). “Girişimci” veya lider etiketi bireysel ve kolektif aktörler için kullanılır

### ***Türkiye’de Kurumsallaşma Yazını***

Bazı örnekler aşağıda verilmiş olup, kısmen akademi ve iş dünyasını buluşturan aile şirketleri kongreleri, KOBİ kongreleri, kısmen de akademik forumlar ve üniversitelerin sürekli eğitim merkezlerinden olması nedeniyle bu iki kurumsal alan (üniversite ve iş dünyası) arasında bir etkileşim de olmuştur.

*“Aile şirketlerinde kurumsallaşma iki farklı boyutta ele alınmalıdır. Bunlardan birincisi; “şirketin kurumsallaşması” yani, amaçlara uygun bir örgüt yapısının oluşturulması; iş ve görev tanımlarının yazılması; iç yönetmeliklerin hazırlanması, yetki ve sorumlulukları dağıtarak profesyonel bir yönetime geçmeyi içermektedir. İkinci boyut ise, aile ilişkilerinin kurumsallaşmasıdır. Yani, bir aile anayasasının oluşturulmasını, aile-yönetim ilişkilerinin belirlenmesini, aile konseyini oluşturarak iletişimin artırılmasını, bir çalışma sistematığının oluşturulmasını.....” (Özkaya ve Şengül, 2006).*

*“Kurumsallaşma süreci, işletmelerin lider bağımlı ve yönetimli birimler olmaktan, kişiye bağımlılıklarını en aza indirgeyecek yönetsel sistemlere sahip kurumlar olmaya yönelik girişimlerin toplamı anlamına gelmektedir.” “...vazgeçilmez bir yönelim..” (URL-1)*

*“İşletmelerde kişiye değil modele dayalı bir sistemin olması gerektiğini ifade eden kurumsallaşmanın..” “... bazı göstergeleri bulunmaktadır. Bu göstergeler; işletme anayasası, profesyonelleşme, etkin bir örgüt yapısı, yetki devri, yetkilendirme, yönetim anlayışı, karar verme şekli ve etkin bir iletişim sisteminin kurulması şeklinde özetlenebilir” (Yazıcıoğlu ve Koç, 2009)*

*“Kurumsallaşmanın tanımı değişik araştırmacılarca yapılmasına rağmen boyutlarının açıkça ortaya konmaması..... Kurumsallaşmayı oluşturan kavramlar formalleşme,*

*profesyonellik, hesap verebilirlik, örgüt kültürü oluŖurma ve tutarlılıktır.” (Apaydın, 2009)*

*“UlaŖ Bıçakçı’ya göre kurumsallaŖma “Kamuya mal olmaktır.” “Vehbi Koç ise kurumsallaŖmayı “İŖletmelerin kiŖilerden bağımsız olarak uzun yıllar hayatta kalabilmesi” olarak ifade etmiştir.” “Kurumsal yönetimin amacı kurumun uzun vadede karlı ve başarılı bir Ŗekilde büyümesi için adil ve sorumlu davranmasını ve kurumla ilgili tüm hak sahiplerinin çıkarlarını gözetmesini sağlamaktır.” (Genç ve Karcioğlu, 2004)*

*“KurumsallaŖma iŖletmenin bir sistem haline gelebilmesi demektir” (Pazarcık, 2004)*

*“iŖletmenin kurumsallaŖması, faaliyet alanına uygun örgüt yapısı oluŖturarak yetki ve sorumlulukların stratejik yönetim sayesinde belirlenmesidir” (Kırım, 2005)*

*“KurumsallaŖma iŖletme sahipleri ve yöneticileri açısından ele alındığında ise, bir Ŗirketin, kiŖilerden bağımsız olarak kurallara, standartlara, prosedürlere sahip olması; deęiŖen çevre koŖullarını takip eden sistemleri kurması ve geliŖmelere uygun olarak organizasyonel yapısını oluŖturması; kendisine özgü selamlama biçimlerini, iŖ yapma usul ve yöntemlerini kültürü haline getirmesi ve bu sayede diğer Ŗirketlerden farklı ve ayırt edici bir kimliğe bürünmesi sürecidir Ŗeklinde ifade edilebilir” (Karpuzoğlu, 2004)*

*“KurumsallaŖmada; kiŖiler yerine tüzel kiŖilik ön plana çıkartılarak, bireylerden bağımsız, modern iŖ ve iŖletmecilik anlayıŖı üzerine bir sistem kurularak, bu sistemin organizasyon yapısına, iŖletme politikalarına, kültürüne; yönetim, insan kaynakları, tedarik, üretim, pazarlama, finansman ve araŖtırma geliŖtirme gibi iŖletme fonksiyonlarına hâkim kılınmasıdır” (TaŖ ve Akdemir, 2005)*

*“KurumsallaŖmış Ŗirket, otomatik pilot gibidir. Patronları-sahipleri gereksiz kılmaz, aksine onların daha verimli olabilmelerini sağlayan bir yapı kurar. ....KurumsallaŖma; yönetimin bir sisteme oturtulması ve aile bireyleri de dahil olmak üzere tüm çalışanların bu kurallar doğrultusunda yönetilmesidir.*



*Oluşturulan sistemin tüm parçaları ve görevler çok iyi belirlenmelidir. .... aklımızdan geçirip de söyleyemediklerimiz kurumsallaşmada ele alınır. .... Kurumsallaşma, firmadaki tüm faaliyetlerin (üretim, finans, muhasebe, insan kaynakları, personel alımı, satış, satın alma vb.) birbiriyle koordinasyon içinde yürütülmesi için her aşamada yapılması gerekli kurallar belirlenmeli ve yazılı prosedüre oturtulmalıdır. .... şirketteki tüm bölümlerdeki faaliyetleri, bölümler arasındaki iş düzeni, personel alımındaki kriterler, hisse dağılımı, yönetimdeki yer alan yöneticilerin kriterleri, yönetim devir planı, şirketin hedefleri, misyon ve vizyonu yazılı olarak hazırlamaları gereklidir” (Sığı, 2020)*

*“kurumsallaşma süreci ile ilgili “İşletme belirli bir büyüklüğe geldiğinde artık aile bireyleri, kısıtlı çalışanları ile işlere yetişemezler, işler aksamaya başlar, sürekli problemler yaşanır ve işlerin yürütülmesi mümkün olmaz, işletmede yeni birimlerin oluşmasına ihtiyaç vardır. Örneğin, insan kaynakları, finans, üretim bölümü, ar-ge, pazarlama bölümü gibi. Tabi bu bölümlere yöneticilerin de getirilmesi gerekir. Artık patronun işin gidişatını görebilmesi için raporlara ihtiyacı vardır, çalışanları ile yakın ilişkisinin yerini seviyeli iletişime bırakır. İşletmede bürokrasi artar. İşte bu düzeye gelen işletmeler için kurumsallaşma gereklidir” (OTÜSEM, 2020)*

Yukardaki örneklerde görüldüğü gibi uluslararası yazından farklılık yaygındır.

### **Örgüt Yapısı**

Yukardaki örnekler genellikle örgüt teorisi içinde örgüt yapısından çağırışmalar yaratmaktadır. Bu nedenle bu bölümde örgüt yapısına da yer verilmiştir. Örgüt yapısını oluşturan altı bölüm şunlardır (Başdaş, 2020b):

1. *Formelleşme ve Standartlaşma:* Formelleşme firma içindeki tüm süreçlerin, prosedürlerin, otorite ilişkilerinin, rollerin, iletişim, norm ve yasakların belirlenme derecesidir. Standartlaşma kavram olarak formelleşmeye yakındır ve bu nedenle tek başlık altında ele alınmıştır. Standartlaşma, iş veya hizmet anlamında benzer iş kalemlerinin her zaman aynı şekilde

yapılmasına denir. Örnek olarak zincir mağazalardaki hizmet ve düzen verilebilir. FormelleŖme ve standartlaŖma bir örgütteki yazılı dökümantasyon miktarı ile ilgilidir.

2. *UzmanlaŖma ve İş Bölümü (division of labour)*: UzmanlaŖma arttıkça iş bölümü de artar. UzmanlaŖma ve iş bölümü arttıkça personelin yaptığı iş çeŖitliliğı azalır, çalışanlar kendi uzmanlık alanında çalışırlar. İş bölümü çeŖitliliğı ya da darlığı organizasyon Ŗemasında görülür. Uzmanlık ve iş bölümü, işlerin ne derece ayrıldığı, personelin görev tanımlarının ne denli dar ya da geniş bir yelpazede olması durumudur.
3. *Kurulum (Configuration, complexity)*: Burada hiyerarŖi düzeyi, kontrol genişliğı ve coğrafi yayılım ile üç boyutta (düşey, yatay ve sahasal) görülen karmaŖıklık derecesi, kurulum olarak ele alınmaktadır (BaŖdaŖ, 2020b)
4. *MerkezileŖme*: Otoritenin delegasyonu ve karar seviyeleri ile ilgilidir.
5. *ProfesyonelleŖme*: Çalışanların yetkinlik durumları ve eğitim durumları ile ilgilidir. ProfesyonelleŖmenin ölçüsü personelin yaptığı iş ile ilgili aldığı formasyon ve eğitimidir.
6. *Yönetişim (Corporate governance)*: Aile Ŗirketlerinin büyük ağırlığı, son çeyrekte görülen büyük yolsuzluklar ve halka açılımın artması ancak bunun yanında borsaya kote olmayan aile Ŗirketlerindeki paydaŖlar arasındaki çekişmeler yönetim kavramını formelleŖme ya da profesyonellik gibi önemli bir örgüt yapısı unsuru haline getirmiştir. Yönetişim hissedarlar, ortaklar, onların temsilcileri ve yöneticiler arasındaki ilişkileri düzenleyen bir kontrol yoludur (Klapper ve Love, 2004). TÜSİAD'a göre Ŗirketlerin yönetim tarzını da belirlemektedir. Ŗeffaflık, hesap verebilirlik (accountability), adillik (fairness) ve sorumluluk (responsibility) yönetişimin ilkeleridir.

## **TÜRK İŞ DÜNYASINDA KURUMSALLAŖMA VE ÖRGÜT TEORİSİNDEKİ YERİ**

KurumsallaŖma, kurumsallaŖma süreci, kurumsal Ŗirket vb kavramlarındaki belirsizliğı gidermek için önce belirsizliğın veya çelişkilerin tespiti gerekmektedir. Başka bir ifadeyle konu olan hangi belirsizliklik ya da çelişkilerdir sorusunun yanıtı gerekmektedir. Bu bölüm bu sorunun yanıtının incelenmesine ayrılmıştır. Böylelikle

işletme dünyasında pek de etkin olmayan kurumsal teorinin neden Türk iş dünyasında bu denli yaygın ve önemli hale geldiği de anlaşılabilir.

### **Yöntem**

Bu araştırma iş dünyası profesyonelleri arasında yapılmıştır. Veri kaynakları olarak eğitilmiş bir kütle alınmıştır. Araştırmaya katılan iş insanlarının tümü üniversite veya daha yüksek eğitimlidir. Bunun nedeni, buldukları / bulunduğumuz kurumsal ortamın oluşmasına katkıyı genellikle yapan, akademik dünya ile bağlantılar kuran, basın ile ilişkilerde yer alan ve rol model karakterler olmalarıdır.

Temel amaç algı ve deneyimin ortaya çıkartılması olduğu için nitel araştırma kullanılmış olup fenomenolojik yaklaşım yanında pozitivist ve yorumlayıcı biçimler tercih edilmiştir. Örneklem stratejisi olarak olasılık temelli nicel gelenek değil, nitel geleneğe uygun olasılıksız örneklem ve bunun yaygın biçimi olan amaçlı örneklem seçilmiştir. Örneklem büyüklüğü genel uygulamanın üzerinde 70 olarak belirlenmiş ve araştırma problemine yönelik en iyi bilgilerin alınabileceği kasıtlı, istekli ve hevesli bir grup iş insanı hedeflenmiştir. Bu grup çalışan profesyoneller ve kendi işini kurmuş ancak işin fiili yönetiminde bulunan girişimcilerden oluşmuştur. Böylelikle iş dünyasına tam olarak erişilmek amaçlanmıştır, yani çalışan profesyoneller ve iş sahibi girişimciler. Birincil veri toplama yöntemlerinden görüşme ve açık uçlu soru yöntemi kullanılmış; deneyimsel, sezgisel ve bilişsel çabayı öne çıkartan manuel nitel veri analizi ile sonuca gidilmiştir.

Araştırmada deneklere açık uçlu iki soru yöneltilmiştir. Birincisi, “kurumsallaşma nedir, ne anlıyorsunuz”; ikinci soru ise “kurumsallaşmış şirketleri nasıl ve hangi özellikleri / belirtileri ile tanımlıyorsunuz?” Böylelikle iki sorunun karşılığı olarak ta araştırmada yer alan katılımcıların kendi anlamları, bilgileri, ifadeleri bağlamında ele alınmıştır. Birinci soruya serbest formatta verilen yanıtlar kayıt edilmiş (Soruları bazı profesyoneller yazılı bazıları da sözlü olarak yanıtlamışlardır), daha sonra ayrıntılı bir şekilde içerik analizine tabii tutulmuş ve gruplandırılmıştır. İlk gruplandırmada deneklerin kendi kelimeleri ile olan ifadeler ayrıştırılmıştır. Literatür ile bağlantıyı sağlayabilmek ve aynı zamanda iş dünyasına tercüman olmak amaçlı ikinci bir gruplandırma yapılmış, burada da deneklerin kendi kelimeleri ile ifade ettiklerinin örgüt teorisi literatüründeki

karŖılıkları bulunmuŖ ve sınıflandırılmıŖtır. İkinci soru (KurumsallaŖmıŖ Ŗirketleri nasıl ve hangi özellikleri / belirtileri ile tanımlıyorsunuz?)'ya verilen yanıtlar da yukarda anlatıldığı (birinci sorunun içerik analiz süreçleri) Ŗekilde gruplandırılmıŖ ancak bir kavram altında toparlanamayacak olan ifadeler de (personel eğitimi, raporlama gibi) olduğu gibi bırakılmıŖtır.

### ***Bulgular ve TartıŖmalar***

Görüşmeler esnasında katılımcılarca kullanılan çeŖitli farklı ifadelerin örgüt teorisi literatüründeki karŖılıkları Tablo 1'de gösterilmektedir. (Not: Tablo 1'de kullanım sıklıkları yoktur)

UzmanlaŖma ve iŖ bölümü, formelleŖme, yönetiŖim ve profesyonelleŖmenin de örgüt yapısının elemanları olduğu düşünülürse büyük oranda kurumsallaŖma kavramının örgüt yapısının oluŖturulması (yapısallaŖma) anlamında kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Kurumsal çalıŖma kavramını da kurumsallaŖmanın oluŖması için çaba olarak değerlendirip bir arada düşündüğümüzde konu kavramın iŖ dünyasında literatüre uygun anlamda kullanım oranı (7 kiŖi / 70 katılımcı) % 10'dur. Tablo 1'de dikkat çekici bir bulgu da son satırda yer alan yurtdıŖında yaŖayan / yaŖamıŖ Türk iŖ insanlarının kurumsallaŖma kavramı ile ilgili geri bildirimleridir. Almanya'da yaŖamakta olan katılımcı iŖ dünyasında bu kavramı hiç duymadığını; ABD'de Boeing ve Microsoft Ŗirketlerinde uzun yıllar profesyonel olarak çalıŖmıŖ diğer bir katılımcının da kurumsallaŖma (institutionalization) kavramının iŖ hayatında hiç geçmediğini ifade etmeleridir.

Tablo 1'deki kavramların kullanım sıklığı ve yaygınlık sıralaması Tablo 2'de gösterilmektedir. Burada "profesyonellerin ima ettikleri kavramlar" dan en az iki kiŖi tarafından belirtilmiŖ olanlar sırası ile dahil edilmiŖlerdir. Tabloda sıklık rakamının toplam katılımcı sayısından fazla olmasının nedeni bazı katılımcıların birden fazla sayıda kavramdan söz etmelerinden dolaydır.

Tablo 1. Kurumsallaşma Kavramına Yüklene Anlamlar ve Örgüt Teorisindeki karşılıkları

Grup No	Katılımcıların kendi ifadeleri	Örgüt Teorisindeki Karşılığı
1	Kişilere bağlı olmadan faaliyetlerin sürdürülebilmesi ve geliştirilebilmesini sağlayan yapı / yapı / kişilere bağlı olmayan kurallara dayalı işleyen sistem / yeniden yapılanma / doğru tanımlanmış örgüt yapısı / tüm süreçlerini tamamlamış örgüt yapısı / doğru sistemle inkişaf / kişilerden bağımsız bir sistem / iç ve dış çevre etkileriyle oluşmuş doğru sistem / yönetim sistemi / altyapı, organizasyon ve denetim sistemi / risk yönetimi disiplini / şirketleşme çabası / yönetim tarzı / kendi sistemi ile faaliyetlerin sürdürebilmek / belirli kurallardan oluşmuş; avukat, hakim ve savcının ayrıştığı bir yapı / verimlilik ile ilgili kurallarla ortaya çıkan yapı / verimliliği maksimize edecek patronlardan bağımsız yönetim şekli / uygun idari sistem /...	Örgütsel Yapı
2	Liyakatlı yöneticiler / yönetimin profesyonelleşmesi / yetkin kişilerin yönetimi / doğru insan / profesyonel ve uzman kadrolar / profesyonellerle yönetim / profesyonellerin yetkinlik bazında seçimi / profesyonelleşme...	Profesyonelleşme
3	Kurumsal yönetim endeksi / XKURY/ pay sahiplerinin haklarının gözetimi, şeffaflık, paydaşlarla ilişkilerde standartlar ve yönetim kurulu (YK) yapısı / aile ve kurumların tüm paydaşlarına adil, şeffaf, hesap verebilir ve sorumluluk duygusuyla yaklaşım / YK, denetim ve şeffaflığın olduğu bir yapı / yöneticilerin şirket menfaatlerini ne derece kendi menfaatleri önüne koyabilmeleri. . .	Yönetişim

Tablo 1 (devam)

<b>Grup No</b>	<b>Katılımcıların kendi ifadeleri</b>	<b>Örgüt Teorisindeki Karşılığı</b>
4	Kurallı Ŗirket / yazılı ve yazılı olmayan kurallar seti / yetki, görev ve sorumlulukların belirlenmesi, iŖ tanımları, prosedürler / organizasyon Ŗeması, yönetimin belli kural ve kararlara uygunluğu / herkes ayrılısa da sürecek bir düzen / formelleŖmiŖ / belirsizliklerin asgari olması, yazılı ve belirli kurallar / öngörülebilir, neyin nasıl yapılacağı belli...	FormelleŖme
5	Organizasyon /doğru kiŖilerle doğru iŖ bölümü / yetki ve sorumlulukların paylaŖılması / doğru örgüt yapısı –doğru organizasyon anlamında- / departmanlar, departman md.leri, fin md., satıŖ md., GM vardır / organizasyon Ŗeması / yetki, sorumluluk ve organizasyon Ŗeması ile doğru tanımlanmıŖ bir örgüt yapısı / görev dağılımı yapılmıŖ...	UzmanlaŖma Ve İŖ Bölümü
6	KiŖisel becerinin ortaya çıkaracağı bir kurumsal yapılaŖma / kurumsallaŖma çalıŖması / süreç / oturmuŖ örgüt yapısının yerleŖmesine yönelik kiŖisel ve organizasyonel çalıŖmalar...	KurumsallaŖma ÇalıŖması
7	Yönetim ilkelerinin, süreçlerinin yazılı olmasından ziyade bunların oturmuŖ olması, benimsenmesidir / kurumsal kültürün kalıcılığıdır / oturmuŖ, yerleŖmiŖ kural, gelenek ve kültürdür / yerleŖmiŖ kurum kültürüdür...	KurumsallaŖma
8	Nesiller boyu sürdürülebilirlik / devamlılık / herkes ayrılısa bile devam edecek bir düzen / sürdürülebilirlik /	Sürdürülebilirlik

Tablo 1 (devam)

Grup No	Katılımcıların kendi ifadeleri	Örgüt Teorisindeki Karşılığı
9	Mevcut yasalara ve normlara uyumdur – 2 kişi	Kurumların 3 Ayağından: Düzenleyici Unsurlar
10	Hedefler, yol haritası, strateji – ayrı ayrı birer kişi	
11	Almanya’da duymadım - 1 kişi ABD profesyonel yaşantımda hiç duymadım, kullanılmıyor – 1 kişi	

Tablo 2. Kurumsallaşma Kavramına Yüklenen Anlamaların Kullanım Sıklığı

Sıra No	Anlaşılan (ima edilen) kavram	Sıklık	Oran %
1	Örgüt Yapısı	32	41
2	Profesyonelleşme	14	18
3	Formelleşme	12	16
4	Uzmanlaşma ve İş bölümü	5	6
5	Yönetişim / Kurumsal Yönetim (Corporate Governance)	4	5
6	Kurumsallaşma	4	5
7	Sürdürülebilirlik	4	5
8	Kurumsallaşma Çalışması (Institutional Work)	3	4

İlk beş sırayı alan ifadeler örgüt yapısının kendisi ve onu oluşturan yapısal elemanları olduğuna göre, görüldüğü gibi kurumsallaşma kavramı ile katılımcılar %81 oranında örgüt yapısını / yapılanmasını veya başka bir ifade ile yapılaşmayı kastetmektedirler. Yönetişim kavramı birçok dernek ve kurumda “kurumsal yönetim” olarak adlandırılmaktadır. Türkiye Kurumsal Yönetim Derneği’nin (TKYD), kurumun kendi sitesinde İngilizce karşılığı “Corporate Governance Association of Turkey” olarak geçer. Aynı ifade (kurumsal yönetim) Resmi Gazete’de yer alan SPK kurumsal yönetim tebliğinde de resmi

olarak kullanılmaktadır (Resmi Gazete, 2014); Türk Ticaret Kanunu'na (TTK) kurumsal yönetim ifadeleri "OECD Principles of Corporate Governance" deklarasyonundan sonra alınmaya başlanmıştır (OECD, 2004).

"Kurumsallaşmış şirketleri nasıl ve hangi özellikleri / belirtileri ile tanımlıyorsunuz?" sorusunun yanıtında en sık kullanılan / ima edilen kavramlar ve sıklık dereceleri Tablo 3'de gösterilmektedir. Görüşme kayıtlarında üçer kez ve daha az sıklıkla geçen ifadeler, rölatif olarak anlamlı olmadıkları için aşağıdaki listede yer almamışlardır.

*Tablo 3. Kurumsallaşmış Şirketlerin Belirtileri için Yanıtlar ve Kullanım Sıklıkları*

Sıra No	İfade veya anlaşılan kavram	Sıklık
1	Formelleşme	18
2	Bağımsız denetim mekanizmasının mevcudiyeti	14
3	Diğer nesillere geçiş / Devamlılık	13
4	Profesyonelleşme	10
5	Kurum / Şirket kültürü	8
6	Şeffaflık	8
7	Ortakların/Aile fertlerinin günlük yönetimde olmamaları	7
8	Uzmanlaşma ve İş bölümü	6
9	Yönetişim / Kurumsal yönetim	6
10	Marka / isim	6
11	İnsan, çevre, toplum sorumluluğu	6
12	Halka açık olması (Borsa)	5
13	Personel eğitimi	5
14	IT / ERP / Yazılım departmanı olması	4
15	Raporlama / Kayıt ve Ölçümleme olması	4

Yukardaki sonuçlar kurumsallaşmanın göstergeleri olarak yine yazılı kural ve prosedürlerin mevcut olduğu ama bunun yanında denetime açık, şeffaf, adil, isim yapmış ve sürdürülebilir bir yapıya özlemleri yansıtmaktadır. Bunların yanında bilgi işlem, ERP, eğitim, yönetişim, borsaya açılmak gibi günümüzde oldukça kurumsallaşmış diyebileceğimiz bazı akımlar da göstergeler arasında yer almaktadır. Bunlar ilk olarak kurumsal mitler adı altında yeni kurumsal teorinin



öncülerinden Meyer ve Rowan tarafından tanımlanmıştır (Meyer ve Rowan, 1977)

*“Kurumsallaşmış ürünler, hizmetler, teknikler, ilke, politika ve programlar güçlü kurumsal mitler olarak işlev görürler”.*

## SONUÇ

Kurumsallaşma kavramı Türkiye’de farklı bir şekilde kurumsallaşmaktadır! Bu farklı kavram yerleşme (sedimentation) aşamasında olmasa da kurumsallaşma sürecinin ikinci aşaması olan içselleşme (objectification) aşamasında olduğundan bahsedilebilir.

Öte yandan kurumsallaşma Türk iş dünyasında sıklıkla başvuru olan bir kavram; KOBİ ve aile şirketleri araştırmalarında önde gelen sorunlardan biri olarak belirlendiğinden bu kavram ile kimin neyi anladığının anlaşılması ve böylelikle daha sağlıklı bir diyalog ve tartışma ortamı imkanı olabilecektir. Bu belirlenmediği sürece iş dünyası ve akademi diyaloglarında biraz abartılı da olsa körler sağılar birbirini ağırlar sahnelerine rastlanmaya devam edilecektir.

Türkiye’ye özgü bir kurumsallaşma kavramından söz edilebilir. Bu hususun kabul görebilir ya da görmez olup olmaması bu çalışmanın kapsamında olmamakla beraber Türkiye’de kurumsallaşmadan yaygın olarak ne anlaşıldığı şöyle özetlenebilir: 1. Örgüt Teorisi kapsamında örgüt yapısının oluşturulması ya da yapısallaşma; 2. Şirketleri bağımsız, sürdürülebilir, denetlenebilir, adil, şeffaf bir yapıya kavuşturmak. Bunların ikisi de literatürde kurumsallaşma ya da kurumsallaşma süreci değilse de bu iki anlamda yapılan çalışmalar ve sesler de görmemezlikten gelinemez. Burada sektör temsilcilerinin sorunlarının akademik analizinde bilinçli olmak yani doğru teşhis, doğru çözümlerin bulunmasına neden olacaktır. %95’i aile şirketi olan ve global anlamda şirketlerin %96’sını oluşturan KOBİ’ler her ülke için önem oluşturur, KOBİ politikaları vardır ve bunlar sosyo-ekonomik boyutlu politiklardır.

Halen resmi dile girmiş olan kurumsal yönetim, yönetişim (corporate governance) anlamı taşıdığından kurumsallaşma kavramı ile bir tezat oluşturmadığı söylenebilir. Ancak TDK’da kurumsallaşma kavramının karşılığında sadece “kurumsallaşmak durumu” açıklaması vardır? Bu kavram üzerinde iş, akademi ve resmi anlamda tüm çevrelerin bilinçli olması ve çalışmalarda bulunması hem aile şirketleri ve KOBİ

verimliliğine katkı sağlayacak hem de üniversitelerde kurumsallaŖma konulu çok sayıda eser, makale, araştırma uluslararası yayınlarla anlam paralelliği sağlayacak ve WOS / Scopus gibi indeksli dergilerde yer alabileceklerdir.

Akıllı dönüŖümün sağlam temellere ihtiyacı vardır. . .

## KAYNAKÇA

Apaydın, F. (2009). Kurumsal teori ve iŖletmelerin kurumsallaŖması. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 10, Sayı 1*, 11

BaŖdaŖ, N.Ü. (2020a). *Küçük ve orta ölçekli kuruluşlarda örgütsel yapısallaŖma ve kurumsal boyutların oluşumu ile hayat döngüsü iliŖkisi* (Doktora tezi). EriŖim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

BaŖdaŖ, N.Ü. (2020b). *KOBİ'lerde yapısallaŖma; kurumsal boyutlar, Ŗirketlerde hayat döngüsü*. İstanbul: Türkmen Kitabevi

Beunen, R. ve Patterson, J.J. (2019). Analysing institutional change in environmental governance: exploring the concept of 'institutional work'. *Journal of Environmental Planning and Management, 62:1*, 12-29

Clegg, S. R. ve Bailey, J. R. (2008). *International Encyclopedia of Organization Studies*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Genç, N. ve Karcioğlu, F. (2004, Nisan). Aile iŖletmelerinin karŖılaŖtıkları sorunlar ve çözüm önerileri-bir uygulama. T. Koçel (Ed.), 1. Aile İŖletmeleri Kongresi, Kongre Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi

Karpuzoğlu, E. (2004, Nisan). Aile Ŗirketlerinin sürekliliğinde kurumsallaŖma. In T. Koçel (Ed.), *1. Aile İŖletmeleri Kongresi*, Kongre Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi

Kırım, A. (2005). *Aile Ŗirketlerinin Yönetimi. (3.Baskı)*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Klapper, L.F. ve Love, I. (2004). Corporate governance, investor protection, and performance in emerging markets. *Journal of Corporate Finance, 10(5)*, 703-728.

Lawrence, T. B.; Suddaby, R. (2013). "Institutions and Institutional work". In Clegg, S; Hardy, C; Lawrence, T; Nord, W.R. (eds.). *Handbook of Organization Studies* (2nd ed.). London: Sage.

Meyer, J. ve Rowan, B. (1977). Institutionalized organizations: Formal structures as myth and ceremony. *American Journal of Sociology*, 83: 340-63

North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change, and economic performance*. Cambridge, MA: Harvard University Press

OECD (2004). "OECD Principles of corporate governance. Erişim adresi: <http://www.oecd.org/corporate/ca/corporategovernanceprinciples/31557724.pdf>

OTÜSEM. (2020). Erişim Adresi: <https://otusem.ostimteknik.edu.tr/haberler/aile-isletmeerinde-kurumsallasma-sureci-46>

Özkaya M.O. ve Şengül, C.M. (2006). Aile şirketlerinde kurumsallaşma ve ikinci kuşağın "kurumsallaşma" konusuna bakış açısı. *D.E.Ü İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt.21, Sayı:1*, s.123

Pazarcık, O. (2004). Aile işletmelerinin tanımı kurumsallaşması ve yönetimi. T. Koçel (Ed.),1. Aile İşletmeleri Kongresi, Kongre Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi

Powell, W.W. ve DiMaggio, P.J. (1991). *The New Institutionalism in organizational analysis*. Chicago: University of Chicago Press.

Resmi Gazete, Sermaye piyasası kurulundan tebliğ, Sayı: 28871 (2014, 3 Ocak) Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/01/201401033.htm>

Sığırı, Ü. (2020). Kobiler kurumsallaşmada neden başarısız oluyor. Erişim adresi: <https://otusem.ostimteknik.edu.tr/haberler/kobiler-kurumsallasmadan-neden-basarisiz-oluyor-4>

Taş, Y. ve Akdemir, A. (2005). Hastane organizasyonlarında kurumsallaşma ve bunu etkileyen faktörler. Erişim adresi: <http://www.sabem.saglik.gov.tr/AkademikMetinler/linkdetail.aspx?id=3052>

Tolbert, P.S. ve Zucker, L.G. (1996). The institutionalization of institutional theory. S. Clegg. and C. Hardy (Ed.). *Handbook of Organization Studies*. Newbury Park, CA: Sage, 175-190.

Tolbert, P.S. ve Zucker, L.G. (1999). The institutionalization of institutional theory. *Studying Organization. Theory ve Method. London, Thousand Oaks, New Delhi*, 169-184.

Winkel, G. ve Leipold, S. (2016). Demolishing dikes: Multiple streams and policy discourse analysis. *Policy Studies Journal* 44: 108-129.

Yazıcıoğlu İ., Koç H. (2009). Aile iŖletmelerinin kurumsallaŖma düzeylerinin belirlenmesine yönelik karŖılaŖtırmalı bir araŖtırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21 / 2009 s.500

URL-1 BaŖer, G. Aile İŖletmelerinin KurumsallaŖması ve Sürdürülebilirliği - ppt indir <https://slideplayer.biz.tr/slide/3847111/> EriŖim Tarihi: 04.10.2021.

# **Endüstri 4.0 ile İlgili Yapılan Çalışmaların İçerik Analizi Yöntemiyle İncelenmesi**

**Hasan Barboros**

*Kırgızistan - Türkiye Manas Üniversitesi, Bişkek, Kırgızistan  
(0000-0002-2585-450X)*

**Kasım Baynal**

*Kırgızistan - Türkiye Manas Üniversitesi, Bişkek, Kırgızistan  
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye  
(0000-0003-1448-5937)*

## GİRİŖ

İnsanoğlu tarih sahnesine çıktığından beri doğa ile gerektiğinde savaŖmıŖ, gerektiğinde de onu kendi hayatını idame ettirmek için kullanmıŖtır. Zamanla doğadaki bu mücadelesinde aklı ve beyni sayesinde güçlü konuma gelmiŖtir. Böylelikle neredeyse doğanın bütün nimetlerinden ve verilerinden yararlanmaya baŖlamıŖtır. Doğadaki rnleri ve yaŖamları taklit ederek yapay ürünler elde etmiŖtir. Bu retim sanayinin doğmasına ve hayatımızın her anına etki etmesine neden olmuŖtur. Türk Dil Kurumu Sözlüğü’nde sanayi; “Ham maddeleri iŖlemek, enerji kaynaklarını yaratmak için kullanılan yöntemlerin ve araçların bütünü, iŖleyim, uran, endüstri” olarak tanımlanmaktadır.

Tarihsel süreç içerisinde her Ŗeyde olduğu gibi sanayi de deđiŖimlere uğrayarak gelmiŖtir. Sanayinin ortaya çıkması yaklaşık 300 yıl öncesine dayanmaktadır (Kyemen, 2008). Fakat kk tezghların, elde üretimlerin de sanayinin atası olduğu dŖnldđnde bu tarih çok daha eski yıllara dayanmaktadır. İnsanların hayatlarına yön veren sanayi büyük toplumsal deđiŖimlere de önayak olmuŖtur. Sanayi devrimleri toplumların üretimine, tüketime, yaŖam koŖullarına kısacası yaŖamlarının her anına etki etmiŖtir. Günümüzde de bu etki, sanayinin üretim ve icatlarına bağlı olarak devam etmektedir. Sanayinin geliŖimi bir anda ortaya çıkmak yerine, bilim insanların adlandırdığı aŖamalı devrimler Ŗeklinde olmuŖtur. Bu devrimlerin baŖlangıç büyük buluŖlara dayanmaktadır. AŖađıda beŖ sanayi devrimi, ortaya ıkıŖ nedenleri ve sonuçları kısaca ele alınmıŖtır.

Birinci sanayi devrimi (Endüstri 1.0) İngiltere’de ve yaklaşık olarak 18. yüzyılın ortalarında baŖlamıŖ ve 100 yıl etkisini srdrmŖtir. UlaŖım altyapısına yönelik olarak ortaya çıkan demiryolları ve su kanalları bu devrimin en belirgin tetikleyicisi olmuŖtur. (AkkuŖcu, 2019).

İkinci sanayi devriminin (Endüstri 2.0) ortaya ıkıŖ tarihi ise 19. yüzyılın ortalarına denk gelmektedir. Bu devrimin tetikleyicisi olan demiryollarının daha da geliŖmesiyle birlikte uzak pazarlara ulaŖım ve hammadde temini daha kolaylaŖmıŖtır.

nc sanayi devrimi yani Endüstri 3.0’ın ortaya ıkıŖı ise II. Dünya SavaŖı nedeniyle gecikmeye uđramıŖ ve savaŖlarda ihtiyaç duyulan

ürünlerin üretilmesiyle 1970 yıllarında ortaya çıkmıştır (Pamuk ve Soysal, 2018). Şu anda kullandığımız ürünlerin büyük çoğunluğu bu devrimin sonucunda üretilmiştir.

Yukarıda söz edilen üç devrimden de kazançlı çıkan devletler olduğu gibi bu devrimlerden fayda sağlayamayan devletler de olmuştur. Üretimde ve yenilikte diğer devletlerle rekabet edemeyen pek çok devlet ya tarih sahnesinden çekilmiş ya da sömürge haline getirilmiştir. Gelecekte olacak olan sanayi devrimlerinin sonuçları, bu üç devrimin sonuçları ile birebir aynı olmasa da benzer olacaktır.

Günümüzde ise dördüncü sanayi devrimi yaşanmaktadır. Almanya’da ortaya çıkan Endüstri 4.0 (dördüncü sanayi devrimi) olarak kabul edilmektedir. İlk defa 2011 yılında resmî belgelerle ortaya çıkan Endüstri 4.0 yeni bir sanayi devriminin habercisi olmuştur. Endüstri 4.0’ın ortaya çıkmasındaki en önemli etkenler ise; nesnelerin interneti, bulut teknolojisi gibi dijital elektronik uygulamalar olmuştur (Dubash, 2016). Endüstri 4.0; gelecekte işletmeler Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ağlar kurarak üretim, dağıtım ve depolama işlerini bilgi alışverişi yapabilen, eylemleri tetikleyen ve birbirini bağımsız olarak kontrol edebilen sistemler aracılığı ile yürütülür (Kagermann vd., 2013). Günümüzde birçok fabrikada bu veya buna benzer sistemler devreye konulmuştur.

Endüstri 4.0’ın önceki üç devrimden farklı olmasını sağlayan üç özelliğini şu şekilde ortaya konmuştur (Fırat ve Fırat, 2017):

1. *Hız*: Diğerlerinin aksine doğrusal değil üstel bir hızla gelişim göstermektedir.
2. *Genişlik ve derinlik*: Bu devrimde yeni paradigmlar ortaya çıkmakta ve hızlı teknolojik değişimler yaşanmaktadır. Bu durumda kuşaklar arası fark daha hızlı artmaktadır.
3. *Sistem*: Sistemler önceki devrimlerin aksine her şeyin birbirleriyle bağlantılı olduğu bir sistem üzerinden inşa edilmekte ve sistemlerin bütünleşik dönüşümünü kapsamaktadır.

Endüstri 4.0 ile birlikte akıllı diye adlandırdığımız pek çok kavram hayatımıza girmiştir. Bunlardan akıllı fabrikalar, akıllı tahtalar, akıllı robotlar, bilgisayarlar ve bunun gibi pek çok kavram da hayatımızda gelecek yıllarda yerini alacaktır. Burada geçen “akıllı” ifadesi yerine literatürde “etkileşimli” ifadesi de kullanılmaktadır. Bunların yanında

yeni dijital arayışlar, farklı yatırım alanları, yeni nesil eğitim sistemleri de hayatımızdaki yerini alacaktır.

Endüstri 4.0 dönüŖümünü yaşarken, 2017 yılında Almanya'nın Hannover şehrinde düzenlenen Bilişim Fuarı'nda CEBİT'te Japonya Başbakanı Shinzo Abe tarafından dile getirilen ve Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) teknolojinin toplum tarafından tehdit olarak görülmesi yerine yardımcı, hayatı kolaylaştıran bir araç olarak algılanması şeklinde ifade edilmiştir (Develi, 2017). Teknolojik gelişmelerin topluma entegre edilmesini amaçlayan Endüstri 5.0, teknolojiden korkan bir toplum yerine, onu etkili, verimli ve iş birliği içinde kullanan bir toplum geliştirmeye yöneliktir (Gökten, 2018). Endüstri 4.0 üretime odaklanırken, Endüstri 5.0 yaşam kalitesi, sosyal sorumluluk, sürdürülebilirlik üzerine odaklanmaktadır (Saracel ve Aksoy, 2020).

DönüŖümün ve üretiminin bu denli hızlı olduğu günümüzde Endüstri 4.0 da hayatımızda yerini almıştır. Literatüre her gün birçok yayın kazandırılmakta, gün geçtikçe teknolojik yeni gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Bu sistemde, teknolojiyi ve yeniliği takip eden devletler her zaman bir adım önde olacak ve kendi geleceklerini kendileri inşa edeceklerdir. Bu bağlamdan yola çıkılarak yapılan bu çalışmada, 2019-2020 yılları arasında Endüstri 4.0 kavramı üzerine literatürdeki yayınların *amaç, örnekleme, veri toplama aracı, yöntem, bulgular ve sonuç* bölümlerinin içerik analizini ortaya koymak ve araştırma eğilimlerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki problemlere cevap aranmıştır:

1. Çalışmalar hangi amaçlar doğrultusunda oluşturulmuştur?
2. Araştırmaların örnekleme grubu nedir?
3. Araştırma verilerinin elde edilmesinde hangi veri toplama araçları kullanılmıştır?
4. Araştırmalar hangi yöntem kullanılarak yürütölmüştür?
5. Araştırmaların elde ettiği bulgular nelerdir?
6. Araştırmalarda ortaya konan sonuçlar nelerdir?



## **İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİ İLE ENDÜSTRİ 4.0 İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ**

Çalışmaların seçiminde Google Akademik arama motoru, YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark, ULAKBİM veri tabanlarından faydalanılmıştır.

### ***Araştırmanın Yöntemi***

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. İçerik analizi, metin içeriği toplama ve analiz etme tekniğidir. İçerik analizi: “metin içinde tanımlanan belirli karakterlerden sistematik ve objektif sonuçlar çıkarmak için kullanılan bir araştırma tekniğidir” (Stone vd., 1966). Ayrıca, içerik analizinin, yayın yığınlarının değerlendirilmesi için kullanılan görece yeni bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (Falkingham ve Reeves, 1998).

### ***Verilerin Toplanması***

Araştırma verileri doküman incelemesi yöntemi ile toplanacaktır. Doküman incelemesi, tasarlanan çalışma ile ilgili mevcut kayıt ve belgelerin bir araya getirilmesi ve belirli kategorilere ayrılmasına denir. Çalışmada yararlanılan veri tabanları “Endüstri 4.0, Eğitimde Endüstri 4.0, Endüstri 4.0’ın kullanım alanları, Sanayi Devrimi” anahtar kelimeleri ile taranmıştır. Veri tabanlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda; araştırmaya dahil edilecek çalışmalar makale, tez ya da bildiri çalışması olması şartı aranmıştır. Erişime açık olmayan veya tam metine ulaşılamayan çalışmalar araştırmaya dahil edilmemiştir. Bu kriterlerden sonra 436 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan amaca uygun seçim yapılmış ve çalışmaya bir doktora tezi, yedi yüksek lisans tezi, 30 makale ve 2 bildiri dahil edilmiştir.

### ***Verilerin Analizi***

Bu araştırmada İçerik Analizi (İA) tekniği kullanılarak veriler analiz edilmiştir. IA esnasında yapılan işlem, birbirine benzeyen bulguları belirli kod, kategori ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği şekilde sunma olarak ifade edilmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). IA, bir konudaki metin ya da metinler grubunun içerdiği kavramların, deyimlerin, kelimelerin, karakterlerin ve temaların varlıklarının belirlenerek sayısal olarak veriye döküldüğü bir araştırma tekniğidir.

AraŖtırmaya dahil edilen bütün çalıŖmalar detaylı Ŗekilde incelenmiŖ ve elde edilen veriler araŖtırmacı tarafından deęerlendirilmiŖtir. Daha sonra her bir çalıŖmaya ait veriler özet Ŗeklinde bilgisayar ortamına kaydedilmiŖtir. AraŖtırma dahilinde; literatür taraması sonucu Endüstri 4.0 alanında yapılmıŖ olan çalıŖmalar incelenmiŖtir. İncelenen alıŖmaların içerikleri amaç, yöntem, örneklem, veri toplama araçları, bulgular ve sonuç başlıkları altında sınıflandırılmıŖ ve tablolar halinde sunulmuŖtur. AraŖtırmanın güvenilirliğini sağlamak için oluŖturulan tabloların hazırlanmasında uzman görüŖünden yararlanılmıŖtir.

AraŖtırma kapsamında analiz edilen çalıŖmalar detaylı Ŗekilde incelenmiŖtir. İncelenen alıŖmalar ortak temalar çerçevesinde birleŖtirilmiŖtir. Her temanın kaç çalıŖmada geçtiği frekans (f) ve yüzde frekans (%f) değerleri ile tabloya aktarılmıŖtir. Tablolardan yararlanılarak elde edilen çalıŖmaların yorumları her tablonun altında ayrıntılı olarak verilmiŖtir. alıŖmalardan elde edilen genel sonuç ise araŖtırmanın sonuç bölümünde ayrıca tartiŖılmıŖtir.

## BULGULAR

AraŖtırma kapsamındaki çalıŖmalar; amaç, yöntem, örneklem, veri toplama araçları, bulgular ve sonuçlar bakımından ayrı başlıklar altında deęerlendirilmiŖtir.

### Amaç

Bu bölümde amaç teması altında alıŖmalar Tablo 1’de sunulmuŖtur.

*Tablo 1. İncelenen alıŖmaların amaçlarına iliŖkin veriler*

alıŖmaların Amaçları	alıŖmalar	f	%f
Dördüncü endüstri devriminin (Endüstri 4.0) getirdiği/sunduğu fırsatları ve yenilikleri ortaya çıkarmak	(Aydın ve Demiral, 2019; Öztürk ve AlaŖahan, 2019; Özkaya vd., 2019; Kaygın vd., 2019; İnan, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Demir vd., 2019; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Ŗendoędu, 2020; YeŖildal, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Barutçu, 2019; İlgün, 2020; Karakoç vd., 2020; elik, 2020)	18	24

Tablo 1 (devam)

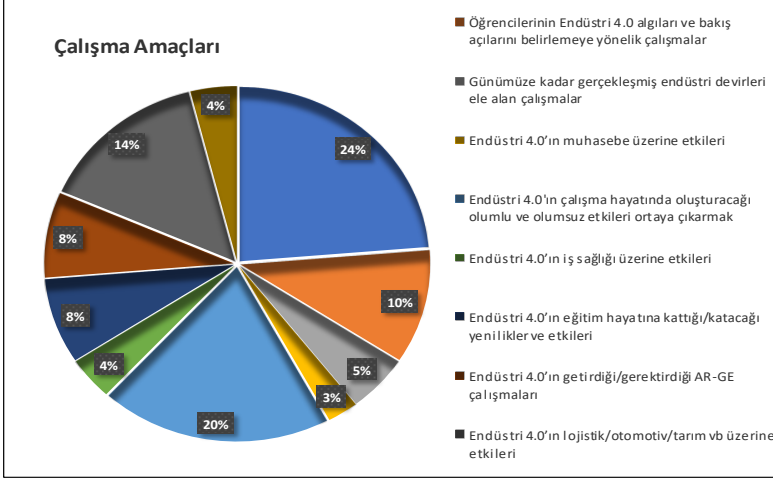
Çalışmaların Amaçları	Çalışmalar	f	%f
Öğrencilerinin Endüstri 4.0 algıları ve bakış açılarını belirlemeye yönelik çalışmalar	(Yelkikalan vd., 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Topaloğlu vd., 2019; Kaygın vd., 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; Şendoğdu, 2020; Korkusuz vd.,2020)	8	10
Günümüze kadar gerçekleşmiş endüstri devirlerini ele alan çalışmalar	(Öztürk ve Alaşahan, 2019; Şahin, 2019; Gönçer Demiral, 2021; Koştu, 2020)	4	5
Endüstri 4.0'ın muhasebe üzerine etkileri	(Kurnaz vd., 2020; Yıldırım, 2020)	2	3
Endüstri 4.0'ın çalışma hayatında oluşturacağı olumlu ve olumsuz etkileri ortaya çıkarmak	(Akkuşçu, 2019; Özkaya vd., 2019; İnan, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Calp vd., 2018; Yıldırım, 2020; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Şendoğdu, 2020; Alper ve Alper, 2020; Yeşildal, 2020; Çırak, 2020; Gönçer Demiral, 2021; Yiğitöl ve Sarı, 2020; Barutçu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	15	20
Endüstri 4.0'ın iş sağlığı üzerine etkileri	(Çelik, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Yiğitöl ve Sarı, 2020)	3	4
Endüstri 4.0'ın eğitim hayatına kattığı/katacağı yenilikler ve etkileri	(Demir vd., 2019; Yıldırım, 2020; Yeşildal, 2020; Karapınar ve Öca, 2020; Korkusuz vd., 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019)	6	8

Tablo 1 (devam)

Çalışmaların Amaçları	Çalışmalar	f	%f
Endüstri 4.0'ın getirdiği/gerektirdiği AR-GE çalışmaları	(Aydın ve Demiral, 2019; Akkuşçu, 2019; Çırak, 2020; Ulusoy, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; İlgün, 2020)	6	8
Endüstri 4.0'ın lojistik/otomotiv/tarım vb. üzerine etkileri	(Torun ve Cengiz, 2019; Özkaya vd., 2019; Esmer ve Alan, 2019; Gönçer Demiral, 2021; Ulusoy, 2019; Yiğitöl ve Sarı, 2020; Koştı, 2020; Barutçu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Karakoç vd., 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	11	14
Endüstri 4.0'ın pazarlara ve pazar yönelimlerine etkileri	(Öztürk ve Alaşahan, 2019; Karakoç vd., 2020; Çelik, 2020)	3	4
Toplam		76	

Tablo 1’de, analiz edilen veriler 10 başlık altında gruplanmıştır; toplam frekans 76 olarak tespit edilmiştir. Bir araştırmanın birden fazla alt amaç barındırdığı durumlarda, farklı başlıklar altında tekrar gösterilmiştir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, en fazla frekansa sahip olan amaç “Dördüncü endüstri devriminin (Endüstri 4.0) getirdiği/sunduğu fırsatları ve yenilikleri ortaya çıkarmak” (%24)’tır. Bunu Endüstri 4.0’ın getireceği olumlu veya olumsuz sonuçlar takip etmektedir. En az frekansa sahip amaç ise “Endüstri 4.0’ın muhasebe üzerine etkileri” (%3)’dir. Çalışmalardaki amaçların bu temalar altında toplanması Endüstri 4.0’ın hayatımıza yakın zamanda girmiş olmasından kaynaklanmış olabilir. Farklı meslek gruplarına bakıldığında Endüstri 4.0’ın eğitim, muhasebe, lojistik üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Tablo 1, genel olarak incelendiğinde amaçların farklı disiplinler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir; bu durum Endüstri 4.0’ın birçok alan ile ilişkili olarak araştırıldığını göstermektedir.



Şekil 1. İncelenen çalışmaların amaçlarına dağılımı

## Yöntem

Bu bölümde yöntem teması altında yapılan çalışmalar Tablo 2'de sunulmuştur.

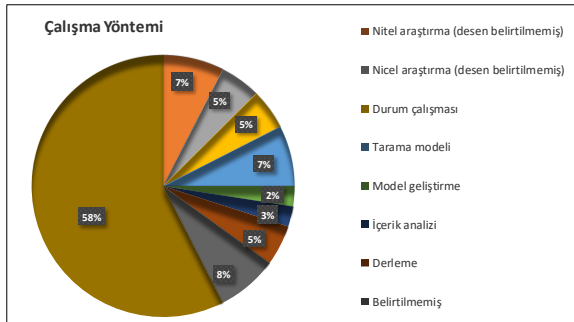
Analiz edilen veriler 8 başlık ve başlıkların kapsadığı 40 frekanstan oluşmaktadır. Tablo 2'ye göre incelenen çalışmaların 23 (%58) tanesinde yöntem verilmiş olup, dört (%10) çalışmada da yöntem verilirken desen verilmemiştir. Şekil 2'de incelenen çalışmaların yöntemlerine dağılımı görülmektedir.

Tablo 2. İncelenen çalışmaların yöntemlerine ilişkin veriler

Çalışmaların Yöntemi	Çalışmalar	f	%f
Olgubilim (fenomenoloji)	(Özkoç ve Karalar, 2019; Yasım, 2020; Korkusuz vd., 2020)	3	8
Nitel araştırma (desen belirtilmemiş)	(Akkuşçu, 2019; Barutçu, 2019)	2	5
Nicel araştırma (desen belirtilmemiş)	(Çelik, 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	2	5

Tablo 2 (devam)

Çalışmaların Yöntemi	Çalışmalar	f	%f
Durum çalışması	(Karapınar ve Öcal, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019)	3	8
Tarama modeli	(Topaloğlu vd., 2019)	1	3
Model geliştirme	(Yıldız ve Fırat, 2020)	1	3
İçerik analizi	(Tutar, 2019; Aydın ve Demiral, 2019)	2	5
Derleme	(Demir vd., 2019; Ulusoy, 2019; Yiğitol ve Sarı, 2020)	3	8
Belirtilmemiş	Yelkikalan vd., 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Kurnaz vd., 2020; Çelik, 2019; Özkaya vd., 2019; Şahin, 2019; Kaygın vd., 2019; İnan, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Yıldırım, 2020; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Şendoğdu, 2020; Alper ve Alper, 2020; Yeşildal, 2020; Çırac, 2020; Gönçer Demiral, 2021; Koştu, 2020; İlgün, 2020; Karakoç vd., 2020)	23	58
Toplam		40	



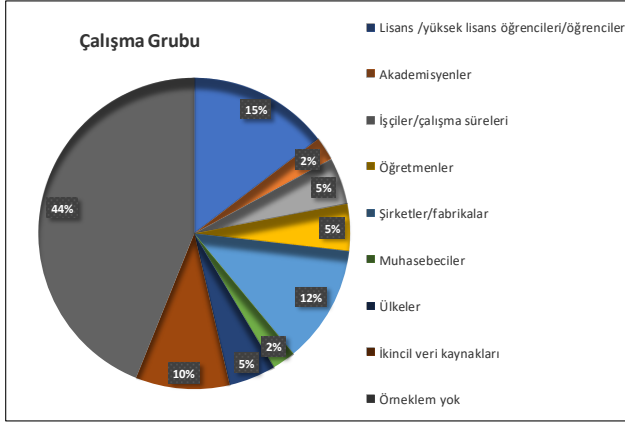
Şekil 2. İncelenen çalışmaların yöntemlerine dağılımı

## Örneklem

Bu bölümde örneklem teması altında yapılan çalışmalar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. İncelenen çalışmaların örnekleme ilişkin veriler

Çalışmaların Örneklemi/Çalışma Grubu	Çalışmalar	f	%f
Lisans /yüksek lisans öğrencileri/öğrenciler	(Yelkikalan vd., 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Topaloğlu vd., 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; Korkusuz vd., 2020)	6	15
Akademisyenler	(Kaygın vd., 2019)	1	2
İşçiler/çalışma süreleri	(Özçelik ve Onursal, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	2	5
Öğretmenler	(Yasım, 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019)	2	5
Şirketler/fabrikalar	(Akkuşçu, 2019; Karapınar ve Öcal, 2020; Barutçu, 2019; Çelik, 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	5	12
Muhasebeciler	(Kurnaz vd., 2020)	1	2
Ülkeler	(Öztürk ve Alaşan, 2019; Şahin, 2019)	2	5
İkincil veri kaynakları	(Yiğitöl ve Sarı, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019; İlgün, 2020; Karakoç vd., 2020)	4	10
Örneklem yok	(Aydın ve Demiral, 2019; Çelik, 2019; Özkaya vd., 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; İnan, 2019; Demir vd., 2019; Calp vd. 2018; Özdemir ve Nakıboğlu, 2019; Yıldırım, 2020; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Şendoğdu, 2020; Alper ve Alper, 2020; Yeşildal, 2020; Çırak, 2020; Gönçer Demiral, 2021; Ulusoy, 2019; Koştu, 2020)	18	44
Toplam		41	



Şekil 3. İncelenen çalışmaların örnekleme göre dağılımı

Tablo 3'e göre incelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda örneklem belirtilmemiştir. Analiz edilen veriler 9 başlık ve bu başlıkların kapsadığı 41 frekanstan oluşmaktadır. Bir araştırmada iki farklı örneklem yöntemi kullandığından iki farklı başlık altında gösterilmiştir. Bunun nedeni derleme çalışmaları ve literatür taraması olabilir. Araştırmada örneklem ifadesinin doğrudan belirtilmediği durumlarda yorum yapılmadan “örneklem yok” kategorisi altına eklenmiştir. Bunun dışında en çok frekansa sahip çalışma grubu öğrencilerdir (%15). Öğrenciler kolay ulaşılabilir örneklem olduğu için daha çok tercih edilmiş olabilirler. En az frekansa sahip değerler ise “akademisyenler” (%2) ve “muhasebeciler” (%2)’dir.

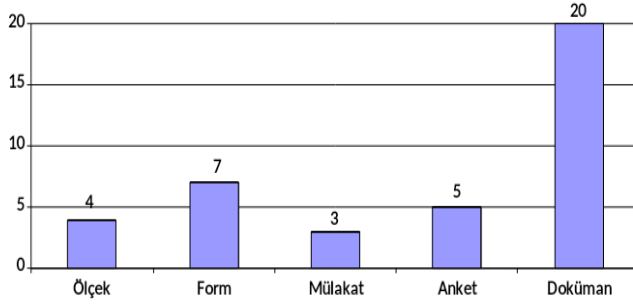
### Veri Toplama Araçları

Veri toplama araçları ölçek, form, mülakat, anket ve doküman olarak görülmüş ve Şekil 4’de verilmiştir.

Şekil 4’e göre en çok frekansa sahip veri toplama aracı dokümandır (Aydın ve Demiral, 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Çelik, 2019; Özkaya vd., 2019; Şahin, 2019; Kaygın vd., 2019; İnan, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Demir vd., 2019; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Yıldırım, 2020; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Çırak, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Yiğitöl ve Sarı, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Karakoç vd., 2020). Bu değeri sırası ile takip eden değerler anket (Aydın ve Demiral, 2019; Yelkikalan vd., 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Kurnaz



vd., 2020; Korkusuz vd., 2020), yarı yapılandırılmış form (Akkuşçu, 2019; Yasım, 2020; Kaygın vd., 2019; Karapınar ve Öcal, 2020; Barutçu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019) ve Ölçek (Topaloğlu vd., 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; Çelik, 2020; Şengül ve Selvi, 2020)'tir.

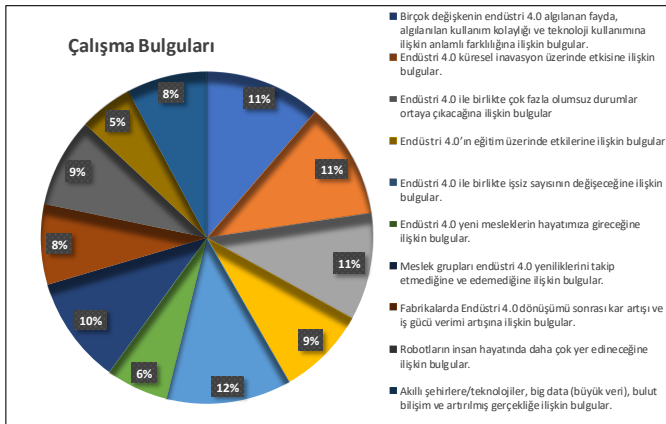


Şekil 4. İncelenen çalışmaların veri toplama araçlarına dağılımı

### Çalışmaların Bulguları

Bu bölümde bulgular teması altında yapılan çalışmalar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4'te analiz edilen çalışmaların bulguları verilmiştir; Şekil 5'te bu verilerin dağılımı da verilmiştir. Analiz edilen veriler 11 başlık ve bu başlıkların kapsadığı 115 frekans altında toplanmıştır.



Şekil 5. İncelenen çalışmaların bulgularına göre dağılımı

Tablo 4. İncelenen çalışmaların bulgularına ilişkin veriler

Çalışmaların Bulguları	alışmalar	f	%f
Birçok değişkenin endüstri 4.0 algılanan fayda, algılanılan kullanım kolaylığı ve teknoloji kullanımına ilişkin anlamlı farklılığına ilişkin bulgular.	(Yelkikalan vd., 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Topaloğlu vd., 2019; Calp vd., 2018; Yeşildal, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Ulusoy, 2019; Barutçu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; İlgün, 2020; Karakoç vd., 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019; elik, 2020)	13	11
Endüstri 4.0 küresel inovasyon üzerinde etkisine ilişkin bulgular.	(Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Demir vd., 2019; Calp vd., 2018; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; şendoğdu, 2020; Alper ve Alper, 2020; ırak, 2020; Ulusoy, 2019; Barutçu, 2019; Korkusuz vd., 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019)	13	11
Endüstri 4.0 ile birlikte çok fazla olumsuz durumlar ortaya çıkacağına ilişkin bulgular	(Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Akkuşçu, 2019; Topaloğlu vd., 2019; elik, 2019; Özkaya vd., 2019; şahin, 2019; Kaygın vd., 2019; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Karakoç vd., 2020)	12	11
Endüstri 4.0'ın eğitim üzerinde etkilerine ilişkin bulgular.	(Özkoç ve Karalar, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Kurnaz vd., 2020; elik, 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; Demir vd., 2019; Barutçu, 2019; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019; elik, 2020)	10	9
Endüstri 4.0 ile birlikte işsiz sayısının değişeceğine ilişkin bulgular.	Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Akkuşçu, 2019; Özkaya vd., 2019; şahin, 2019; Kaygın vd., 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Yıldırım, 2020; şendoğdu, 2020; ırak, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Korkusuz vd., 2020; Karakoç vd., 2020; şengül ve selvi, 2020)	14	12

Tablo 4 (devam)

Çalışmaların Bulguları	Çalışmalar	f	%f
Endüstri 4.0 ile yeni mesleklerin hayatımıza gireceğine ilişkin bulgular.	Aydın ve Demiral, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Topaloğlu vd., 2019; Çelik, 2019; Demir vd., 2019; Alper ve Alper, 2020; Yiğitöl ve Sarı, 2020)	7	6
Meslek grupları endüstri 4.0 yeniliklerini takip etmediğine ve edemediğine ilişkin bulgular.	Aydın ve Demiral, 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Kurnaz vd., 2020; Özkaya vd., 2019; Kaygın vd., 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Ulusoy, 2019; İlgün, 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	12	10
Fabrikalarda Endüstri 4.0 dönüşümü sonrası kar artışı ve iş gücü verimi artışına ilişkin bulgular.	(İnan, 2019; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Alper ve Alper, 2020; Yeşildal, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Koştı, 2020; Korkusuz vd., 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	9	8
Robotların insan hayatında daha çok yer edineceğine ilişkin bulgular.	Öztürk ve Alaşahan, 2019; Akkuşçu, 2019; Özkaya vd., 2019; Şahin, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Şendoğdu, 2020; Gönçer Demiral, 2021; Yiğitöl ve Sarı, 2020; Koştı, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	10	9
Nitelikli insan gücünün değişimine ilişkin bulgular.	Kurnaz vd., 2020; Tutar, 2019; Şendoğdu, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019; Şengül ve Selvi, 2020)	6	5
Akıllı şehirlere/teknolojiler, big data (büyük veri), bulut bilişim ve artırılmış gerçekliğe ilişkin bulgular.	Aydın ve Demiral, 2019; Yasım, 2020; Yeşildal, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Gönçer Demiral, 2021; Yiğitöl ve Sarı, 2020; Koştı, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019; Çelik, 2020)	9	8
Toplam		115	

Bir çalışmada birden çok bulgu yer aldığından frekans değerleri çalışmalardan fazla olmaktadır. Araştırmalarda en çok karşılaşılan bulgu “Endüstri 4.0 ile birlikte işsiz sayısının değişeceğine ilişkin

bulgu” bunu “Birçok değişkenin endüstri 4.0 algılanan fayda, algılanılan kullanım kolaylığı ve teknoloji kullanımına ilişkin anlamlı farklılığa ilişkin bulgular.” takip etmektedir. En az frekans değerine sahip değerler ise “Nitelikli insan gücünün değişimine ilişkin bulgu.” ve “Endüstri 4.0 yeni mesleklerin hayatımıza gireceğine ilişkin bulgu” olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **Çalışmaların Sonuçları**

Çalışmaların sonuçları Tablo 5’te sunulmuştur.

*Tablo 5. İncelenen çalışmaların sonuçlarına ilişkin veriler*

<b>Çalışmaların sonuçları</b>	<b>Çalışmalar</b>	<b>f</b>	<b>%f</b>
Üniversite/Eğitim-Öğretim müfredatı güncellenmelidir.	(Torun ve Cengiz, 2019; Kurnaz vd., 2020; Özkoç ve Karalar, 2019; Kurnaz vd., 2020; Kaygın vd., 2019; Demir vd., 2019; Yeşildal, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	8	8
Üretim ucuzlayacaktır	(Kaygın vd., 2019; İnan, 2019; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Alper ve Alper, 2020; Ulusoy, 2019; Yiğitol ve Sarı, 2020; Barutçu, 2019; Çelik, 2020)	9	9
Endüstri 4.0 ile farklı çalışma alanları dönüştürülmelidir.	(Şahin, 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Akkuşçu, 2019; Çelik, 2019; Özkaya vd., 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Demir vd., 2019; Yıldırım, 2020; Esmer ve Alan, 2019; Yeşildal, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Gönçer ve Demiral, 2021; Barutçu, 2019; Çelik, 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	17	17
İş yükü mavi yakalıdan beyaz yakalıya kayacaktır	(Kaygın vd., 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Akkuşçu, 2019; Şahin, 2019; Özçelik ve Onursal, 2020; Yıldırım, 2020; Çırak, 2020; Barutçu, 2019; İlgün, 2020)	9	9

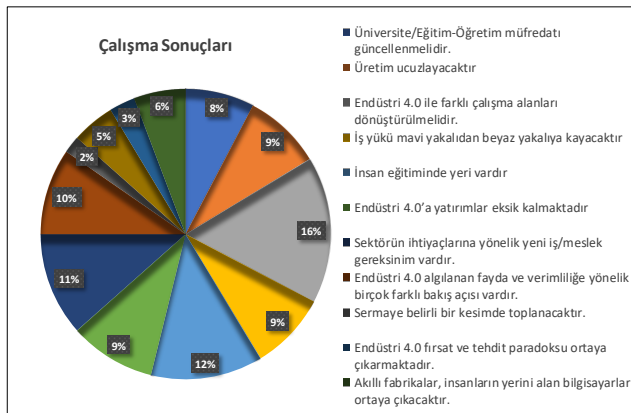
Tablo 5 (devam)

Çalışmaların sonuçları	Çalışmalar	f	%f
İnsan eğitiminde yeri vardır	(Aydın ve Demiral, 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Özkoç ve Karalar, 2019; Topaloğlu vd., 2019; Kurnaz vd., 2020; Şahin, 2019; Demir vd., 2019; Şendoğdu, 2020; Çırak, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Yiğitol ve Sarı, 2020; Korkusuz vd., 2020; Şengül ve Selvi, 2020)	13	13
Endüstri 4.0'a yatırımlar eksik kalmaktadır	(Aydın ve Demiral, 2019; Öztürk ve Alaşahan, 2019; Akkuşçu, 2019; Özkaya vd., 2019; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Esmer ve Alan, 2019; Çırak, 2020; İlgün, 2020; Ç38, Şengül ve Selvi, 2020)	10	10
Sektörün ihtiyaçlarına yönelik yeni iş/meslek gereksinimi vardır.	(Aydın ve Demiral, 2019; Akkuşçu, 2019; Çelik, 2019; Calp vd., 2018; Özenir ve Nakıboğlu, 2019; Sözen ve Mescioğlu, 2019; Alper ve Alper, 2020; Yeşildal, 2020; Gönçer ve Demiral, 2021; Ulusoy, 2019; Koştu, 2020; Kamber ve Sönmeztürk Bolatan, 2019)	12	12
Endüstri 4.0 algılanan fayda ve verimliliğe yönelik birçok farklı bakış açısı vardır.	(Yelkikalan vd., 2019; Torun ve Cengiz, 2019; Akkuşçu, 2019; Yıldız ve Fırat, 2020; İnan, 2019; Yıldırım, 2020; Esmer ve Alan, 2019; Çırak, 2020; Koştu, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	10	10

Tablo 5 (devam)

Çalışmaların sonuçları	Çalışmalar	f	%f
Sermaye belirli bir kesimde toplanacaktır.	Akkuşçu, 2019; Karakoç vd., 2020)	2	2
İnsan kaynaklarına verilen önem artacaktır.	(Özkoç ve Karalar, 2019; Kurnaz vd., 2020; Şendoğdu, 2020; Karapınar ve Öcal, 2020; Karakoç vd., 2020)	5	5
Endüstri 4.0 fırsat ve tehdit paradoksu ortaya çıkarmaktadır.	(Şendoğdu, 2020; Gönçer ve Demiral, 2021; Yiğitil ve Sarı, 2020)	3	3
Akıllı fabrikalar, insanların yerini alan bilgisayarlar ortaya çıkacaktır.	(Özkoç ve Karalar, 2019; Akkuşçu, 2019; Çırak, 2020; Ulusoy, 2019; Yiğitil ve Sarı, 2020; Yoşumaz ve Özkara, 2019)	6	6
Toplam		103	

Tablo 5'te çalışmaların sonuçları analiz edilmiş ve temalarla gösterilmiştir. Elde edilen analizler 11 başlık altında toplanmıştır. En yüksek frekansa sahip tema "Endüstri 4.0 ile farklı çalışma alanları dönüŖtürülmelidir." (%16) sonucudur (Şekil 6). En az frekansa sahip değer ise "Sermaye belirli bir kesimde toplanacaktır" (%2) sonucudur. Araştırma sonuçları genel olarak birbiri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 6. İncelenen çalışmaların sonuçlarına göre dağılımı

## SONUÇ

Hayat bir dönüşüm üzerine kurulmuştur. Doğadaki döngü gibi insan ürünü yapay nesnelere de bir dönüşüm içerisindedir. Gelişen teknoloji ile sanayi de zamanla kendini yenilemektedir. Sanayinin son dönüşümü ise Endüstri 4.0'dır. Bu çalışmada da 2019 yılı ve sonrasına ait Endüstri 4.0 üzerine yazılan tez, makale ve bildirimler incelenmiştir. İncelenen çalışmalardan elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmiştir.

Endüstri 4.0 üzerine yapılan araştırmaların ortak amacı Endüstri 4.0'ın olumlu ve olumsuz taraflarını ortaya koymak ve gelecekteki fırsatlarını ortaya çıkarmak olarak görülmektedir (Kasa ve Arslan, 2020). Çalışmaların araştırmaları genel olarak değerlendirildiğinde farklı disiplinler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu durum Endüstri 4.0'ın farklı alanlar üzerine etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Sanayinin gelişmesi ile ortaya çıkan endüstri devrimleri sanayi başta olmak üzere diğer birçok alanı ve toplumu derinden etkilemektedir. Bu etkiler bulgular analizi kısmında detaylı şekilde ele alınmıştır.

İncelenen araştırmaların yöntemleri ise genel olarak belirtilmemiştir. Bu durum derleme çalışması olmalarından kaynaklı olabilir. Makaleler, yöntemler üzerine kurulur; fakat incelenen çoğu çalışma belirli bir yöntemle göre yapılsa da bu okuyucu ile paylaşılmamıştır.

Araştırmaların örnekleminde ise en fazla öğrenciler çalışma grubu olarak belirlenmiş ve öğrenciler üzerinden çalışmalar yapılmıştır. Yapılan birçok çalışmada da örneklem belirtilmemiştir. Bu durumun temel nedeni derleme ve literatür taraması olmasından kaynaklanabilir.

Veri toplama araçlarından en çok kullanılan teknik, doküman analizidir. Doküman analizinden sonra en çok kullanılan veri toplama aracı ankettir. Anket ve doküman analizinin kullanılma nedeni kolay ulaşılabilirliği, iş yükü ve maliyet azlığı olabilir.

İncelenen çalışmaların bulguları analiz edildiğinde en çok karşılaşılan "Endüstri 4.0 ile birlikte çok fazla olumsuz durumlar ortaya çıkacaktır." bulgusudur. Bu durumun nedeni yeni bir dönüşüm olan Endüstri 4.0'ın getireceği sonuçları kestirmeye çalışmak olarak gösterilebilir. Türkiye'deki endüstri kuruluşlarının Endüstri 4.0'ı takip edemediği ve yatırımların azlığı bir başka bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmaların üzerinde durduğu bir diğer bulgu ise "işsiz sayısının artması ve yeni iş alanlarının doğacağıdır". Akıllandırılan

makinelere mavi yakalıların yerini alacağı öngörülmektedir (Özçelik ve Onursal, 2020; Yıldırım, 2020). Her dönüŖüm, avantajlarını ve dezavantajlarını beraberinde getirmektedir. Devletler, hükümetler, fabrikalar, kuruluşlar bu avantajları ve dezavantajları erken fark etmek zorundadır. Bu sayede gerekli dönüŖümleri yapabilir ve diğere sanayi devrimlerinden geri kalmayarak kendi sanayi devrimini yaratabilir.

Araştırma sonuçları analiz edildiğinde en önemli sonuç; Endüstri 4.0 dönüŖümünün bir an önce gerçekleşmesi gerektiğidir. Bu dönüŖüm, diğere sanayi devrimlerinde de olduğu gibi hiç şüphesiz zorunlu bir dönüŖümdür. DönüŖümde geri kalmak, ekonomik olarak geride kalmanın önemli sebeplerinden birini oluşturacaktır (Doğane ve Baloğlu, 2020). Araştırma sonuçlarından bir diğere ise ülkelerin eğitim faaliyetlerini ve müfredatlarını Endüstri 4.0'a göre güncellemeleridir. DönüŖüm sadece sanayi/endüstri alanında düşünülmemeli, en düşük eğitim kademesinden başlanarak tüm eğitim kademelerinde Endüstri 4.0 dönüŖümleri gerçekleştirilmelidir (Göv ve Erdoğan, 2020; Kasa, 2020). Araştırmalar genel olarak analiz edildiğinde ortaya birkaç soru çıkmaktadır. Bu sorular Ŗu şekilde ifade edilebilir: Fabrikadaki makinelere akıllandırılması mı yoksa fabrikalara yeni makinelere alınması mı gerekmektedir? Bu durum önemli bir maliyet boyutu gerektirdiğinden çok iyi analiz edilmeli ve planlanmalıdır. Endüstri 4.0'ın dönüŖümü sonrası mavi yakalıların durumu ne olacak? Bu durum büyük bir işsiz ordusunun ortaya çıkmasına neden olacağı için ortaya çıkabilecek sorunlar ve çözümler çok iyi araştırılmalıdır. Beyaz yakalılar üzerlerine düşene ağır sorumluluğu ne derece iyi yönetebilecekler? Makineler akıllandıkça, üretim etkileşim ağı genişledikçe beyaz yakalı çalışana daha çok iş yükü düşenecek ve olası hatalar daha büyük yıkımlara neden olabilecektir. Bu nedenle beyaz yakalıların yetiştirilmesi ve iş yükü çok iyi tespit edilmeli ve bu doğrultuda eğitim öğretim sunulmalıdır. Daha önceki sanayi devrimlerini takip edemeyen devletler bu dönüŖümden nasıl etkilenecek? Günümüzde gelişmekte olan birçok devlet Endüstri 4.0'a ya geçememiş ya da geçmekte zorlanmaktadır. Bu durum gelişmenin önünde büyük bir engel teşkil etmektedir. Bu dönüŖümün ne derece sağlandığı ve geçişin nasıl olacağı ortaya konulmalıdır.

Eğitimdeki Endüstri 4.0 dönüŖümü ne zaman ve nasıl başlayacak? Endüstri 5.0'ın konuşulmaya ve hayata geçirilmeye başlandığı günümüzde Endüstri 4.0'a uyum sağlayacak, Endüstri 4.0'ı



geliştirecek ve kullanacak bireylere yönelik yapılacak eğitim iyi bir şekilde planlanmalıdır.

Araştırma kapsamında ortaya çıkan öneriler aşağıda verilmiştir.

Eğitimdeki Endüstri 4.0 etkileri ve kullanımı üzerine çalışmalar yapılabilir ve geçiş aksaklıkları ortaya konabilir. İşçiler üzerinde yapılan çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Bu alanda çalışmalara ağırlık verilebilir. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkaracağı yeni mesleklere ilişkin araştırma geliştirme çalışmaları yapılabilir. Bu araştırma geliştirme çalışmalarına bağlı olarak yeni çalışma alanları ortaya konabilir. Araştırma farklı yıllardaki Endüstri 4.0 çalışmaları veya Toplum 5.0 üzerinden tekrar yapılabilir. Deneysel ve eylem araştırmalarına neredeyse rastlanılmamıştır. Bu bağlamda eğitimde ve diğer meslek alanlarında deneysel ve eylem araştırmaları yapılabilir.

## KAYNAKÇA

Akkuşcu, H. İ. (2019). Endüstri 4.0'ın çalışma hayatına etkisi: Bursa örneği (Master's thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi).

Alper, A. E. ve Alper, F.Ö. (2020), Industry 4.0 Revolution And Its Impacts On Labor Markets. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(3), s 441- 460.

Aydın, E. ve Demiral, G. (2019). İşgücü Farklılığını Dikkate Alarak Endüstri 4.0'ın Zorlukları ve Yararları: Kavramsal Bir Çerçeve, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(3), 1976-1990.

Barutçu, H. C. (2019). *Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği*. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, İstanbul.

Calp, M. H., Bahçekapılı, E. ve Berigel, M. (2018). *Endüstri 4.0 Kapsamında Akıllı Fabrikaların İncelenmesi*. The Fifth International Management Information Systems Conference, October 24-26, 2018, IMISC 2018 Conference Proceedings, 116-120, Ankara, Turkey

Çelik, N. (2019). *Sanayinin Geleceği Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Medeniyet Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Çelik, T. Z. (2020). *Endüstri 4.0'ın Rekabet Stratejileri ve Pazar Performansı İlişkisindeki Aracı Rolü: Gaziantep Makine Halısı Üreticileri Örneği*. Doktora

Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Gaziantep

Çırak, A. N. (2020). *Endüstri 4.0'ın Yoksulluk Üzerine Etkilerinin Kamu Maliyesi Perspektifinden Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Ana Bilim Dalı. Denizli

Demir, F., İlhan, E. ve Kalaycı, N. (2019). Yükseköğretimde Hedeflenen Dönüşümü Gerçekleştirme Araçlarından Eğitim Programı 4.0. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(28), 432-466.

Develi, H. 2017. *Endüstri 4.0'dan Toplum 5.0'a*, Dünya Gazetesi, 2 Kasım 2017. <https://www.dunya.com/kose-yazisi/endustri-40dan-toplum-50a/389146> adresinden alınmıştır.

Doğan, O. ve Baloğlu, N. (2020). Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 22(38), 58-81.

Dubash, J. (2016). Marketing and the Internet of Things: Are You Ready?, <http://www.marketingjournal.org/marketing-and-the-internet-of-things-are-you-readyjamshed-dubash/> adresinden alınmıştır.

Esmer, Y. ve Alan, M. A. (2019). Endüstri 4.0 Perspektifinde İnovasyon, *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 465 – 478.

Falkingham, L. T. ve Reeves, R. (1998). Context analysis a technique for analysing research in a field, applied to literature on the management of R and D at the section level. *Scientometrics*, 42(2), 97-120.

Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46 (2), 211-223.

Gökten, O. P. (2018). Karanlıkta Üretim: Yeni Çağda Maliyetin Kapsamı, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 880-897. <http://dx.doi.org/10.31460/mbdd.460897> adresinden alınmıştır.

Gönçer Demiral, D. (2021). Endüstri 4.0'ın lojistik boyutu: Lojistik 4.0. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi* (9), 231-251.

Göv, S. A. ve Erdoğan, D. (2020). Dördüncü Endüstri Devriminin (Endüstri 4.0) Neresindeyiz? *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 299-318.

İlgün, M. F. (2020). Endüstri 4.0, Büyük Veri Analitiği ve Vergi Sistemlerinde Dönüşüm. *Maliye Dergisi*, 179, 240-26.

İnan, Ç. E. (2019). *Endüstri 4.0 Vizyonunun Üretim Süreçlerinde Getireceği Verimlilik*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Kagermann, H., W. Wahlster ve Helbig J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry, Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt-Main.

Kamber, E. ve Sönmeztürk Bolatan, G. (2019). Endüstri 4.0 Türkiye Farkındalığı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 836-847.

Karakoç, N., Eren, T. ve Özcan, E. (2020). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi İçin Endüstri 4.0'daki Zorlukların Değerlendirilmesi. *Journal of Industrial Engineering* 31(2), 215-233.

Karapınar, D. Ç. ve Öcal, D. (2020). Endüstri 4.0'ın Endüstrilerin Yapısı ve Paydaş İlişkileri Üzerine Yansımaları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 23(2), 684-705.

Kasa, H. (2020). Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Yenilikçi Ekonomilere Yönelik Ampirik bir Analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 305-312.

Kasa, H. ve Arslan, G. (2020). Endüstri 4.0 Kapsamında Teorik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19/76, 1810-1826.

Kaygın, E., Zengin, Y. ve Topçuoğlu, E. (2019). Endüstri 4.0'a Akademik Bakış, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065-1081.

Korkusuz, M. E., Durak, G. ve Arı, N. H. (2020). Lisans ve Lise Öğrencilerinin Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 Kavramları Hakkındaki Metaforik Algıları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 14(2), 1504-1527.

Koştü, G. (2020). Sanayi 4.0 ve Teknoloji Bileşenleri. *Journal of Business, Innovation and Governance*, 3(2): 131 – 144

Köymen, O. (2008). *Kapitalizm ve Köylülük: Ağalar, Üretenler, Patronlar*. Yordam Kitap.

Kurnaz, E., Tekbaş, İ., Bozdoğan, T. ve Çetin, Ö. O. (2020). Dijitalleşmeyle birlikte muhasebe eğitiminin muhasebe meslek mensupları açısından değerlendirilmesi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22 (Özel Sayı), 81-96.

Özçelik, T. ve Onursal, F.S. (2020), Endüstri 4.0'ın İş Hayatı ve SendikalaŖma Üzerine Etkisi, *Business ve Management Studies: An International Journal (BMIJ)*, 8(1): 981-1007

Özenir, İ. ve Nakıboğlu, G. (2019), Sürdürülebilir Üretimde Endüstri 4.0'ın Yeri, *Business ve Management Studies: An International Journal (BMIJ)* (2019), 7(5): 2248-2281.

Özkaya, A., Gür, Ŗ. ve Eren, T. (2019). Endüstri 4.0'a GeçiŖ Sürecinin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi, *Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 59-74.

Özkoç, H. H. ve Karalar, H. (2019). K12 ve Lisans Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Kavramına İliŖkin Algıları, *EskiŖehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20 (Özel Sayı), 1-16.

Öztürk, S. ve AlaŖahan, Y. (2019). Türkiye'de Endüstri 4.0 Uygulamalarının Değerlendirilmesi: Panel Veri Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 61, 1-18.

Pamuk, N. S. ve Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. *Verimlilik Dergisi* (1), 41-66.

Saracel, N. ve Aksoy, I. (2020). Toplum 5.0: Süper Akıllı Toplum. *Social Sciences Research Journal*, 9 (2), 26-34.

Sözen, M. ve Mescioğlu, T. (2019). Endüstri 4.0'ın İtici Güçlerinin Türkiye ve Çin Üzerindeki Etkileri, *International Journal of Social Inquiry*, 12(1), 287-315.

Stone P. J., Dunphy D. C., Marshall S. S. ve Ogilvie D.M. (1966) *The General Inquirer: A Computer Approach to Content Analysis*, Massachusetts/USA, The M.I.T. Press.

Ŗahin, C. (2019). *Ülkelerin Endüstri 4.0 Düzeylerinin Copras Yöntemi ile Analizi: G-20 Ülkeleri ve Türkiye* (YayımlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi. Bartın, Türkiye.

Ŗendođdu, A. A. (2020). Endüstri 4.0 Devriminde Robotik Kaynaklar Yönetimi Bağlamında İnsan Kaynakları Yönetiminde Yeni Açılımların Kaçınılmazlığı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(1), 163-177.

Ŗengül, Ü. ve Selvi, B. (2020). Hızlı Tüketim Ürünlerinin Lojistiğinde Kullanılan Elektronik Sistemler ve Endüstri 4.0: Balıkesir İli Örneği. *Management and Political Sciences Review*, 2(2), 104-129

Topaloğlu, M., Tekkanat, E. ve Malakçı, G. (2019). Akıllı Cihaz ve İnsan Etkileşimi: Nesnelerin İnterneti, *Ege Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 3(1), 11-19.

Torun, N. K. ve Cengiz, E. (2019). Endüstri 4.0 Bakış Açısının Öğrenciler Gözünden Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ile Ölçümü, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* (22): 235-250.

Tutar, S. (2019). Endüstri 4.0'ın Muhasebe Mesleğine Olan Etkileri, *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 323-344.

Ulusoy, E. (2019). *Türkiye'de Endüstri 4.0'ın Otomotiv Sektörüne Yansımaları Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Tekirdağ

Yasım, Y. K. (2020). Endüstri 4.0: Çalışmanın Geleceği. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 47-64.

Yelkikalan, N., Özcan, S. ve Temel, K. (2019). Endüstri 4.0 Farkındalığının Belirlenmesi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Örneği. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 14(1), 31-44.

Yeşildal, A. (2020). Endüstri 4.0, İnovasyon ve Sürdürülebilir Şehirler: Yerel Yönetimler Açısından Bir Değerlendirme. *Bilişim Teknolojileri Online Dergisi* 43(11), 55-73

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri (5.bs.). Ankara/Türkiye, Seçkin Yayıncılık.

Yıldırım, Y. (2020). Farklı Disiplinlerde Endüstri 4.0, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(21), 756-789.

Yıldız, S. C. ve Fırat, S. Ü. (2020). Türkiye'deki Üniversite Öğrencilerinin Endüstri 4.0 Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 31(0), 1-16.

Yiğitöl, B. ve Sarı, T. (2020) "Küresel Salgınlar ile Mücadelede Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Rolü", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 41,53-73.

Yoşumaz, İ. ve Özkara, B. (2019). Endüstri 4.0 Sürecinin Hazır Giyim İşletmeleri Üzerindeki Etkileri: Hugo Boss Türkiye Örneği, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(4), 2587-2600.

# **IMPULS Modeli ile Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi: Otomotiv Kümesi İçin Bir Çalışma**

**Tuğbay Burçin Gümüş**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4225-2313)**

**Semra Birgün**

*Doğuş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-5018-6120)**

## GİRİŞ

Yakın zamanda etkilerini hissetmeye başladığımız ve dijital çağ olarak adlandırdığımız, buna ek olarak yaşanan pandemiden kaynaklı fiziksel uzaklıkların zorunlu hale geldiği içinde bulunduğumuz süreç, iki konuyu ciddi şekilde belirginleştirmiştir. Bunlardan biri 2010'larda başlayan teknolojik değişim ve dönüşümdür ki 2020 yılı dijital çağın başlangıcı olarak kabul edilen ve ileriki yüzyıllarda göreceğimiz baş döndürücü teknolojik değişikliklere ve yeniliklere açılan bir kapıdır. Diğeri ise son gelişmeler doğrultusunda dünya çapında bireyler dahil tüm organizasyonların iş yapış şekillerinin teknolojiye bağlı olacak şekilde değişiklik göstermiş olmasıdır. İşletmeler teknolojiden her alanda maksimum yararlanmak için çaba sarf etmektedirler, Pandemi öncesi bu bir tercih iken sonrasında zorunluluk haline gelmiştir. İşletmeler gibi kümeler de sosyo-kültürel farklılıklara, teknolojik değişimlere, ekonomik zorluklara, ticari şartlara sürekli uyum sağlamak ve bu güçlüklerle mücadele etmek zorundadırlar. Dolayısı ile ekosistemlerini sürdürülebilir bir şekilde revize etmeleri ve desteklemeleri gerekmektedir. Bunu da ancak inovatif düşünerek ve teknolojik yeniliklerden faydalanarak hayata geçirmek, tüm birimlerine uygulamak durumundadırlar. Yazılımlar, sensörler, robot sistemler, üretim aşamasında insan faktörünün ortadan kalkması, hata oranının düşmesi, sistemlerin birbiri ile entegrasyonu ve veri kaybı olmaksızın haberleşmesi, verilerin işlenebilir hale gelmesi sayesinde yeni bir ekosistem oluşacak ve asıl amaç olan verimlilik sağlanacaktır. Endüstri 4.0 olarak nitelendirilebilecek bu sistemlere sahip olmak bir süreç gerektirmektedir. Bu süreçte, uluslararası rekabette ülkenin ön plana çıkmasını sağlayan kümeler öncelikle sahip oldukları seviyeyi ölçmeli ve 4.0 seviyesine çıkabilmek için kendilerine bir yol haritası hazırlamalıdır.

Bu çalışmada, dijitalleşme sürecinde uluslararası ortamda rekabet edebilmek amacı ile bir otomotiv kümesinin Endüstri 4.0 yeteneklerini geliştirmesi amacı ile olgunluk seviyesinin ölçülmesi ve eksikliklerinin giderilmesi için sunulan çözümler konu alınmıştır. Çalışmada analize tabi tutulan küme, daha önceki bir çalışmada Türkiye'nin uluslararasılaşmış en etkin kümesi olarak belirlenen organik otomotiv kümesidir (Gümüş, 2020). Türkiye'deki 356 küme arasında kümelenme ekosistemini başarı ile kurmuş ve devam ettiren, aynı zamanda uluslararasılaşma sürecinin gereklerini de başarı ile yerine

getirmiş, yüksek ihracat oranları, etkin yayılma gücü, dinamik uluslararasılaşma hızı ve etkili uluslararasılaşma düzeyi ile bu küme verimli ve etkin bir performansa sahip olup Türkiye için değerli bir kümedir. Bu kümenin Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin analizinden amaç, uluslararası rekabette sürdürülebilirliği ülkemizin en güçlü kümesi ile yapmasının doğru olacağı ve bunun da ancak kümenin dijitalleşme ve yeni sanayi devriminin gerekliliklerine sahip olma derecesini yükselterek yapabileceği düşüncesidir. Bu nedenle değişimin en çok hissedildiği ve gözlemlendiği sektörlerden biri olan otomotiv sektörü içerisinde yer alan kümenin mevcut durumunun tespiti, dijital dönüşümde hangi seviyede olduğu, Endüstri 4.0 seviyesine ulaşması için neler yapılması gerektiği araştırılmıştır.

## **OTOMOTİV KÜMESİNİN ENDÜSTRİ 4.0 ANALİZİ**

Olgunluk modelleri işletmelerin, organizasyonların, ekosistemlerin olgunluğunu kavramsallaştırma ve ölçme aracı olarak kullanılmakta, ayrıca başlangıç seviyesini belirlemek amacıyla da tercih edilmektedir (Schumacher vd., 2016). Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi tespiti için literatürde pek çok model yer almaktadır. Tablo 1’de Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi tespit modellerine yer verilmiştir.

IMPULS modeli Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin tespit edilmesinde Tablo 1’deki yöntemler ile mukayese edildiğinde veri yapısı ve alınan sonuçlar bakımından daha şeffaf, aydınlatıcı ve daha sağlam temellere dayanan bilgiler sunmaktadır. Modelin sadece işletmelere ait şartlara değil aynı zamanda Endüstri 4.0 için önemli olan çalışan / insan olgusu üzerine olan etkilere, değişime ve buna bağlı dönüşümlere de odaklanmış olması nedeni ile kümenin 4. endüstriyel çağa yatkınlığını belirlemek için IMPULS modeli tercih edilmiştir (Gümüş ve Birgün, 2021).

### ***IMPULS Olgunluk Modeli***

IMPULS olgunluk modeli; işletmelerin yapısal özellikleri, Endüstri 4.0 üzerine genel soru setleri, şirketlerin dijital dönüşüm sürecine geçiş nedenleri ve karşılaştıkları engeller üzerine kurgulanmıştır. Yapının sorgulanması ve genel soru seti Endüstri 4.0 hakkında bilgisiz ya da ilgisiz olan işletmeleri filtrelemek için tasarlanmıştır. IMPULS olgunluk modeli işletmelerin Endüstri 4.0 stratejilerini uygulama durumunu, ekipman altyapı işlevlerini, veri işleme, otonom üretim ve



Tablo 1. Endüstri 4.0 Olgunluk Modelleri

Model	Kaynak	Açıklama
İmalat İşletmeleri için Olgunluk Modeli	Schumacher vd., 2016	9 temel, 62 alt kriterden oluşmaktadır.
IMPULS	Lichtblau vd., 2015	6 temel, 18 alt kriterden oluşmaktadır.
Güçlendirilmiş Uygulama Stratejisi	Lanza vd., 2016	Endüstri 4.0 olgunluğunu bir süreç ve modelin bir parçası olarak ele alan yaklaşımdır.
Dijital Operasyonlar Öz Değerlendirme	Geissbauer vd., 2016	6 boyutta çevrimiçi öz değerlendirme yöntemidir.
Bağlantılı Kurumsal Olgunluk Modeli	Bradley, 2014	5 aşamalı olacak şekilde Endüstri 4.0 gerçekleştirilmesi ve 4 boyutta teknoloji odaklı değerlendirme yöntemidir.
Olgunluk Modeli	Hannover Messe Pressemitteilung, 2015	3 temel, 13 alt kriterden oluşmaktadır.
Dijital İşletmenin Kurulması	Geissbauer vd., 2016	İşletmelerin Endüstri 4.0 için yapması gerekenleri içeren değerlendirme modelidir.

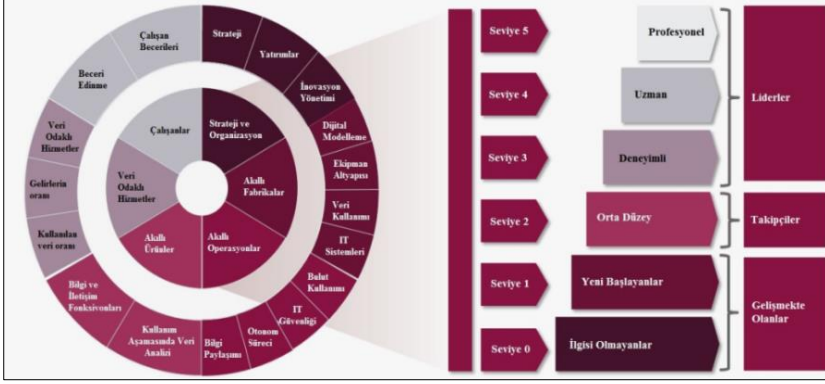
Kaynak: Gökalp vd., 2017

veri durumunu belirlemek amacıyla toplam 26 soru setinden oluşturulmuştur. Model ampirik veri toplama yöntemiyle Nisan ve Temmuz 2015 tarihleri arasında Almanya’da yaklaşık 3200 VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. – Alman Makine Mühendisliği Sanayi Derneği) üyesinin yarısına uygulanan anketlerden alınan bilgiler doğrultusunda hazırlanmıştır. Bugüne kadar 2700’e yakın işletmeye uygulanarak güvenilirliğini kanıtlamıştır (Lichtblau vd., 2015).

Model, altı seviye ve üç sınıf olacak şekilde gruplandırılmıştır. Bu gruplama dijital dönüşüm ile ilgili gelişme ve mevcut koşullar hakkında sonuçlara varma ve uygulama için gerekli eylem planlarının yapılmasına zemin hazırlaması bakımından önemlidir. “Gelişmekte olanlar” sınıfı “0” ve “1” seviyelerini içermekte olup Endüstri 4.0 için

ilgisiz ya da çok az aksiyon almıŖ organizasyonları belirtmektedir. “Takipçiler” sınıfı 2. seviyedeki dijital dönüŖüm için ilk adımları atmıŖ organizasyonlardır. “Liderler” sınıfı 3. seviye ve üstünü kapsamakta olup Endüstri 4.0 sürecinde iyi konumda olan en az 3. seviyeye ulaŖmıŖ organizasyonlardır. Modelde “0” skoru en düşük seviye olup dijital dönüŖüm ile hiç ilgisi olmayanları, “5” skoru ise dijital dönüŖümü en iyi uygulayan ve Ŗartları en iyi yerine getiren en üst performanslı organizasyonlar olacak Ŗekilde toplam altı olgunluk seviyesi mevcuttur.

Modelin mantığı ve dayandığı temel kavramlar, seviyeler ve seviyelerin göstergeleri Ŗekil 1’de tanımlanmıŖtır.



Şekil 1. IMPULS Olgunluk Modeli ve Seviyeleri,  
Kaynak: Lichtblau vd., 2015.

IMPULS Modeli altı temel boyutu olan; Strateji ve Organizasyon, Akıllı Fabrika, Akıllı Operasyonlar, Akıllı Ürünler, Veriye Dayalı Hizmetler, Çalışanlar üzerinden değerlendirme yapmaktadır. Her bir boyut Endüstri 4.0 seviyesini tamamlamak için yerine getirilmesi gereken minimum gereksinimleri içermektedir.

IMPULS Olgunluk Modelinde boyutlar Tablo 2’deki gibi ağırlık skorlarına sahiptir.

Tablo 2. Kriterler ve Ağırlık Skorları

Kriterler	Ağırlık Skoru
Strateji ve Organizasyon	0,254
Akıllı Fabrikalar	0,143
Akıllı Operasyonlar	0,102
Akıllı Ürünler	0,185
Veriye Dayalı Hizmetler	0,138
Çalışanlar	0,179

Kaynak: (Lichtblau vd., 2015)

Boyut ağırlıklandırma formülü, işletmelerin Endüstri 4.0 uygulamalarında her bir boyutun göreceli önemini değerlendirmeleri sonucunda belirlenmiştir. 100 olası nokta için boyutlar, Strateji ve Organizasyon için 25, Akıllı Fabrikalar için 14, Akıllı Ürünler için 19, Veri Odaklı Hizmetler için 14, Akıllı Operasyonlar için 10, Çalışanlar için 18 olarak ağırlıklandırılmıştır.

### **IMPULS Olgunluk Modeli ile Kümenin Endüstri 4.0 Seviyesinin Analizi**

Dijital dönüşüm, getirdiği yeniliklere ek olarak birçok alanda yeni iş modelleri ve yıkıcı teknolojiler sayesinde yeni ürünlerin üretilmesini sağlayan bir süreç olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada değişimin en çok hissedildiği ve gözlemlendiği sektörlerden biri olan otomotiv sektörü içerisinde yer alan kümenin Endüstri 4.0 IMPULS Olgunluk Modeline tabi tutularak mevcut durumun tespiti, dijital dönüşümde hangi seviyede olduğu, daha iyi seviyeye ulaşması için neler yapılması gerektiği konularına ışık tutmak amaçlanmıştır.

Küme yönetimi ile yapılan görüşmeler sonucunda, Endüstri 4.0 stratejileri, teknoloji ve inovasyon yönetimi, bu konuda yapılan yatırımlar, mevcut ekipman altyapısı, veri ve iletişim güvenliği, bilgi paylaşımı ve verilerin analiz yöntemi, çalışanların farkındalığı ve küme hakkında genel bilgiler alınmıştır.

Yönetimden alınan bilgiler, IMPULS modelinin altı temel kriterine göre ayrı başlıklar altında analiz edilmiştir. Her bir kriter Endüstri 4.0 seviyesini tamamlamak için yerine getirilmesi gereken minimum gereksinimleri içermektedir.

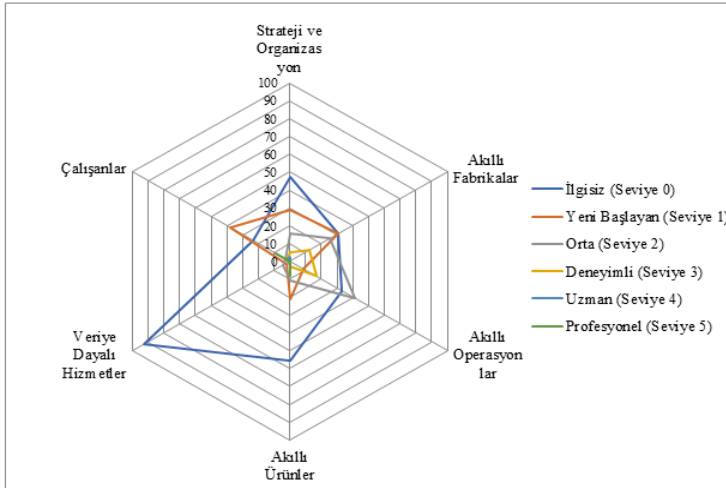
Tablo 2'deki ağırlık skorlarına ve veri soru seti cevaplarına göre IMPULS Olgunluk Modelinin alıŖtırılması ile Tablo 3'deki karar matrisi verilerine ulaŖılmıŖtır.

Tablo 3. Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli Karar Matrisi

	Strateji ve Organizasyon	Akıllı Fabrikalar	Akıllı Operasyonlar	Akıllı Ürünler	Veriye Dayalı	alıŖanlar
İlgisiz (Seviye 0)	47,4	30,8	33,3	55,3	92,6	23,5
Yeni BaŖlayan (Seviye 1)	28,9	30,8	8,3	21,1	2,3	38,2
Orta (Seviye 2)	15,8	25,6	41,7	10,5	4,6	2,9
Deneyimli (Seviye 3)	5,3	12,8	16,7	2,6	0,6	11,8
Uzman (Seviye 4)	2,6	0	0	2,6	0,6	14,7
Profesyonel (Seviye 5)	0	0	0	7,9	0	8,8

Kaynak: Gümüş, 2020

Sonraki adımda küme için IMPULS Modeli alıŖtırıldıėında yukarıdaki karar matrisi doğrultusunda Ŗekil 2'deki genel değerlendirme radar grafiği elde edilmiŖtir.



Ŗekil 2. Radar Grafiği, Kaynak: Gümüş, 2020

Radar grafiği altı boyutta nicel değişkenleri karşılaştırmanın en iyi yollarından biridir. Böylece hangi değişkenlerin benzer, hangi değişkenlerin karşıt olup olmadığını tespit etmek için geçerli bir yöntemdir. Ek olarak yüksek ve düşük skorların belirlenmesi ve performansları görüntülemek açısından da faydalıdır. Modelin tabii tutulduğu beş olgunluk seviyesi dijital dönüşüm sürecinin sonucunu orta ve uzun vade hedefleri ile birlikte ekspozite eden “ilgisiz” (seviye 0) ile “en iyi performans, profesyonel (seviye 5) arasında olacak şekilde belirlemiştir.

### ***Analiz Sonuçları ve İyileştirme Önerileri***

Kümenin Endüstri 4.0’ın altı boyuttaki olgunluk skorları aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir.

Strateji ve Organizasyon	: Seviye 3	: Deneyimli
Akıllı Fabrika	: Seviye 3	: Deneyimli
Akıllı Operasyonlar	: Seviye 3	: Deneyimli
Akıllı Ürünler	: Seviye 3	: Deneyimli
Veriye Dayalı Hizmetler	: Seviye 3	: Deneyimli
Çalışanlar	: Seviye 3	: Deneyimli

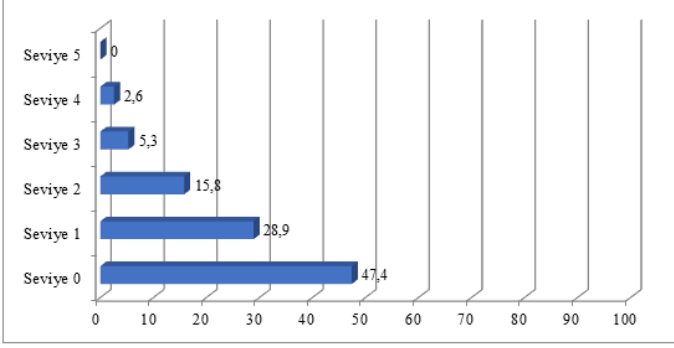
Bu veriler doğrultusunda uluslararasılaşmış organik kümenin 3. seviye (deneyimli) ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. 5 seviye üzerinden 3. seviye altı boyut içinde ortalama bir skordur. Bu sonuç birçok kriterle bağlı ve içinde birçok değişken barındırmaktadır.

Yukarıdaki sonuçlara göre, boyutlar bazında yapılan analiz ve öneriler aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

### ***Strateji ve Organizasyon Boyutu***

Endüstri 4.0, dijital teknolojileri kullanarak mevcut ürünleri veya süreçleri iyileştirmenin yanı sıra yeni iş modelleri oluşturmanın ve geliştirmenin önünü de açmaktadır. Bundan dolayı özellikle üretim aşamasında ve sonrasında tüm operasyon ve süreçlerde uygulanması büyük stratejik öneme sahiptir (Erdil, 2019). Dijital dönüşüm için strateji oluşturmak, bunu organizasyona ve sonrasında küme ekosistemine uyarlamak sürdürülebilirliğin temel kriteridir.

IMPULS Olgunluk Modeli küme için alıŖtırıldıđında strateji ve organizasyon boyutunda Ŗekil 3'deki sonuçlar elde edilmiŖtir.



*Ŗekil 3. Strateji ve Organizasyon Boyutu*  
Kaynak: GümüŖ, 2020

Strateji ekseninde incelendiğinde küme üyelerinin risk yönetim politikaları ve dijital uyum ve entegrasyonu düŖüktür. Küme içi firmaların bilgi güvenliği ve fikri mülkiyet haklarının korunması gibi Endüstri 4.0 için ihtiyaç duyulan kavramlara hazır oldukları düşünölmektedir. Fakat ürün yelpazesinin dijitalleşmesi, üretim işlemlerinin ve tüm sürece ait öngörülerin risk yönetim politika ve uygulamalarına entegrasyonu konusunda gerekli deneyime sahip değildirler. Organizasyon kültürünün durumunu belirleyici kriterler ise kümenin sahip olduğu kaynak, kabiliyet ve bilgi seviyesidir. Bu ekseninde küme üyelerinin Endüstri 4.0 ile ilgili bilgi, yetkinlik ve kabiliyet kapasitesi düŖük seviyededir. Bunun yansıması olarak Endüstri 4.0 sürecinde insan gücü yetkinliğinin, firmalar arası güven ve iş birliği kültürünün geliŖtirilmesi gerekmektedir.

Bu boyutta kümenin strateji ve organizasyon alanında 3. seviyede olduğu tespit edilmiŖtir.

*Öneriler:* Endüstri 4.0 stratejik sürece yansımış ve bu strateji eğitimler ile desteklenerek geliŖtirilmektedir. Küme içerisinde dijital dönüŖüm ile ilgili durum analizinin çok iyi yapılması, ihtiyaç haritasının küme üyelerinin en küçük birimlerini de kapsayacak şekilde oluşturulması gerekmektedir. Firmaların dönüŖüme uyum yetenekleri gerekleŖtirilebilir ve ölçülebilir hedefler ile geliŖtirilebilir. Bu koŖullarda stratejiyi geliŖtirmeye devam edilmesi ve ilk uygulama

örnekleri ile belirli bir Endüstri 4.0 stratejisinin olgunlaştırılması gerekmektedir.

Küme henüz Endüstri 4.0 dönüşümünü ya da uyarlamasını ölçebilecek herhangi bir göstergeye ya da referans alınabilecek bir monitor uygulamaya sahip değildir. Bir sonraki adım, Endüstri 4.0'ı uluslararasılaşmış küme içerisinde uygulamak için bir gösterge sistemi oluşturmak olmalıdır.

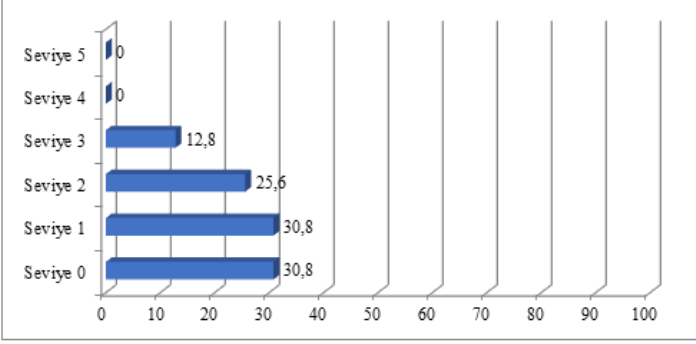
Endüstri 4.0 uyum sürecinin bir diğer temel taşı dönüşüm için yatırım bütçesi ayırmak, başka bir deyişle süreci başarıyla uygulamak için önemli finansal kaynaklar sağlanması gerekmektedir. Böylece firmalar dönüşüm için potansiyellerini en üst seviyeye çıkartacaktır. Genel olarak teknoloji ve inovasyon yönetim sistemlerine ayrılan kaynakların mevcut olması, en az iki alana yapılan yatırımlar kümeyi olgunluk modelinde bir üst seviyeye yaklaştırmıştır. Endüstri 4.0 hazırlığının arttırılması için, tüm alanları entegre etmek amacıyla yavaş yavaş diğer alanlara da yatırım yapılması planlanmalıdır.

### ***Akıllı Fabrikalar Boyutu***

Karanlık fabrikalar olarak da adlandırılan üretim sistemlerinin insan müdahalesi olmadan teknoloji alt yapısına uygun olarak kendilerini büyük ölçüde organize ettiği üretim alanlarıdır. Akıllı fabrikalar, belirli Bilgi Teknolojileri (BT) altyapısına sahip, Nesnelerin İnterneti aracılığıyla iletişim kurarak fiziksel ve sanal dünyaları birbirine bağlayan siber-fiziksel sistemlerin üzerine inşa edilmektedir (Rodiç, 2017). Endüstri 4.0, verilerin akıllıca toplanması, depolanması, derlenmesi ve analiz edilmesi işlemlerini gerçekleştiren dijital modellemeyi de içermektedir. Bu şekilde akıllı fabrika kavramı bilginin işlenmesini, iletilmesini ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bu, üretim sistemleri, bilgi sistemleri ve insanlar arasında gerçek zamanlı işbirliği gerektirmektedir.

Endüstri 4.0 için vazgeçilmez olan Bilgi Teknolojileri mimarisini küme üyeleri üretim sistemleri tarafında efektif kullanabilseler de küme ekosisteminde örgütsel anlamda BT dayanışması sağlanamamıştır. Bunun yansması olarak dijital dönüşüm kapsamında tüm gerekliliklere cevap verebilme kapasitelerinin oldukça düşük olduğu vurgulanmaktadır. Bu boyut için yapılan analizde Şekil 4'deki sonuçlar

elde edilmiŖtir. Küme akıllı fabrikalar boyutunda deneyimli sınıfta 3. seviyededir.



*Ŗekil 4. Akıllı Fabrikalar Boyutu*  
*Kaynak: GümüŖ, 2020*

**Öneriler:** Küme üyelerinin mevcut sistemlerinin BT altyapısına entegre edilebilme potansiyelinin ve yeteneğinin belirlenmesi gerekmektedir. Yeni sistemlerin satın alınma süreçlerinde mevcut sistemlere uyumu, sistemlerin modüler, genişletilebilir ve ihtiyaç halinde yükseltilebilir sistemler olması faktörünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Bu boyutta kümede verilerin doğru, kayıpsız toplanabilmesi, aynı doğruluk oranında analizlerinin yapılması ve bu bilgiler ışığında farklı sentezlere ulaŖabilme potansiyelinin ve yeteneğinin belirlenmesi küme üyelerinin hangi teknolojileri kullanacağını belirleme aŖamasında büyük önem taşımaktadır. Bu bilgiler, oluşturulan algoritmaların bir simülasyon yoluyla katma değer sağlayıp sağlamadığı ya da hangi boşlukların kapatılması gerektiğini göstermektedir. Yatırımların doğru teknolojilere yapılması, uyum ve dönüŖüm sürecini ve hızını önemli derecede etkiler.

Kümenin Endüstri 4.0 ekosistemlerini aynı ağ üzerine alarak daha fazla arabirimin üretim süreçlerini optimize edip edemeyeceğinin kontrol edilmesi, ayrıca hangi sistemlerin süreçleri hızlandırabileceğinin belirlenmesi gerekmektedir.

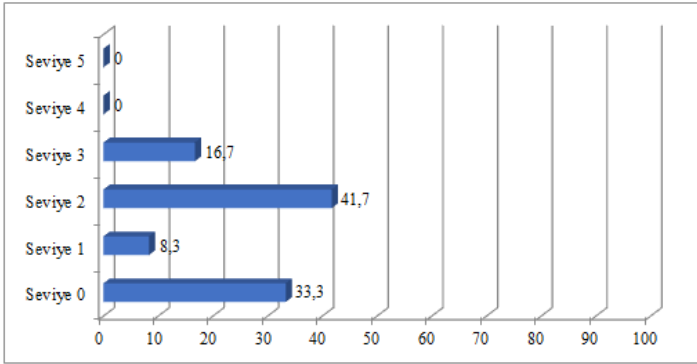


### **Akıllı Operasyonlar Boyutu**

Dijital dönüşüm farklı sistemlerin farklı ortamlarda birbirlerine entegrasyonuna olanak sağlayan bir yapıdır. Her noktadan veri toplanabilmesi ve bunların kayıpsız analiz edilmesi tedarik zinciri, üretim planlama, müşteri ilişkileri yönetim sistemlerine de farklı bakış açısı getirmiştir (Lichtblau vd., 2015). Kendini kontrol edebilme yeteneğine sahip iş birimlerinin sistemler dahilindeki teknik ihtiyaçları akıllı operasyonlar olarak adlandırılmaktadır.

Kümede bilgi paylaşımı büyük ölçüde sisteme entegre edilmiştir. Özellikle bilgiler AR-GE, üretim, bilgi teknolojileri ve lojistik alanlarından temin edilmektedir. Bu alanlarda otonom kontrolü sağlanmıştır. Satış, satınalma, finans, hizmet gibi alanlarda da dijital dönüşümün uygulanması ve deneyimlenmesi süreçte lokomotif etkisi yaratacaktır. Böylece tüm sürece yansiyacak dönüşüm, sistemlerin tepki sürelerini ölçmeye izin verecek ve etkin zaman kullanımı, verimli insan gücü, düşük hata payı, yüksek rekabet avantajı sağlanacaktır.

Bu boyutta IMPULS Olgunluk modeli çalıştırıldığında Şekil 5 verileri elde edilmiş ve kümenin akıllı operasyonlarda 3. seviyede ve deneyimli sınıfında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Akıllı Operasyonlar Boyutu

Kaynak: Gümüş, 2020

**Öneriler:** Akıllı operasyonlar kısmında küme içerisinde bilişim teknolojileri güvenlik çözümleri hali hazırda uygulanmış ve aktif olarak kullanılmaktadır. Henüz BT güvenlik çözümlerinin uygulanmadığı birimlerin kontrol edilmesi ve küme güvenlik

konseptinin mevcut gereksinimlere uygun olup olmadığını belirlemek için düzenli aralıklarla inceleme yapılması güvenlik açıklarının belirlenmesini, riskin azaltılmasını ve eksiklerin giderilmesi kapsamında finans kaynaklarının doğru kullanılmasını sağlayacaktır.

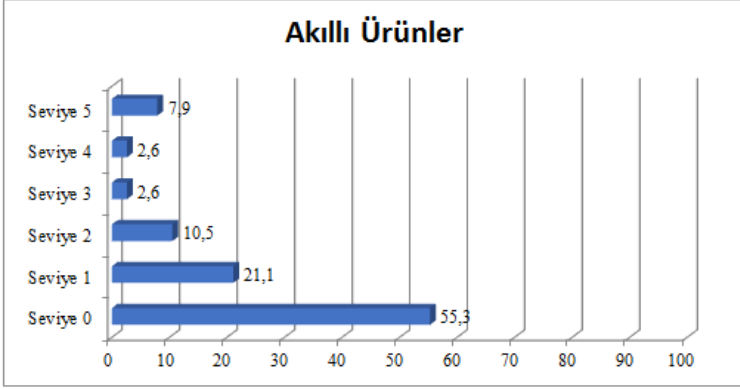
Küme ekosistemi içerisinde çeŖitli alanlarda bulut teknolojileri kullanılmaktadır. Yine de, bulut teknolojileri kullanımını yaygınlaŖtırmak için başka fırsatlar olup olmadığını belirlemek adına düzenli aralıklarla incelemeler yapılması gerekmektedir.

Operasyonların küme içinde ve dışında daha “akıllı” hale getirilebilmesi dikey ve yatay entegrasyondaki bilgi paylaşımına, küme üyeleri arasında ve müşteri, tedarikçiler arasındaki veri akışına doğrudan bağlıdır. Başka bir deyiŖle bu birimler arasındaki kararlı, kayıpsız ve hızlı veri akışı ve analizi küme operasyonlarının daha akıllı hale getirilmesinde çok büyük rol oynamaktadır.

### ***Akıllı Ürünler Boyutu***

Karanlık fabrikaların temel yapı taşlarından biri de akıllı ürünlerdir. Üretim alanları daha verimli hale gelebilmek için ürünler ve sistemleri hakkında veri toplama ve işleme kabiliyetine sahip olmak zorundadırlar. Bunun için enformasyon ve iletişim teknolojilerinden faydalanmaktadırlar. Bunlar arasında sensörler, aktüatörler, RFID’ler, alarm ve uyarı sistem ürünleri, arayüzler gibi donanımlar ve bunların işletilebilmesi için yazılımlar sıralanabilir (Yelkikalan vd., 2019). Üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için tek yol üretim bantlarından ve ürün güzergahlarından alınan anlık ve bağımsız bildirimlerdir. Üretim sistemlerinin modüler olması, ürünlerin tek olarak optimizasyonunun sağlanmasına ve durumlarının takiplerine izin vermektedir. Akıllı ürünlerin kullanımı müşteriler, tedarikçiler ve üreticiler arasındaki köprülerde yeni hizmetlerin ortaya çıkışına zemin hazırlamaktadır.

Akıllı ürünler boyutunda küme 3. olgunluk seviyesindedir. Küme firmaları, dijital dönüşüm yol haritasında yer alan ürün hafızası, kendi kendine raporlama sistemleri, farklı sistemlerin entegrasyonları, lokalizasyon, destek sistemleri, izleme sistemleri, nesnelerin bilgisi ve otomatik tanımlama sistemlerini kısmi olarak kullanmaktadır. Bu boyuttaki olgunluk modeline ait veriler Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Akıllı Ürünler Boyutu,  
Kaynak: Gümüş, 2020

*Öneriler:* Kümenin Endüstri 4.0 sürecinin güçlendirilmesi için kısmi olarak kullanılan sistemlerin kullanım alanlarının genişletilmesi gerekmektedir. Ürünlerin “akıllı” hale getirilmesi küme içi Endüstri 4.0 ekosistemini olumlu yönde desteklediği gibi, ekosistemin dışında da müşteri memnuniyeti, kısa teslim süreleri, düşük arıza oranları şeklinde geri dönüşlere yansiyacaktır.

Bu boyutta ürünler üzerinden veri alış veriş yoğunluğunun artırılması, bunun yanında ekosistem içi ve dışındaki iletişim seviyesinin yükseltilmesi; Endüstri 4.0 sürecindeki kümede çarpan etkisi yaparak daha iyi seviyelere ulaşmayı mümkün kılacaktır.

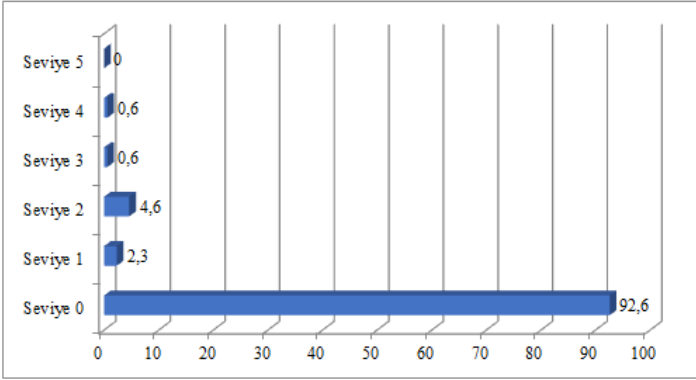
### **Veriye Dayalı Hizmetler Boyutu**

Ürünlerin bu kadar çeşitlendirilmesi ve hizmet sektöründe gösterilen hassasiyetin temel sebebi müşteri memnuniyetinin ve sadakatinin sağlanmasını hedeflemektedir. Organizasyonlar, satış sonrası geri dönüşleri ve toplanan verileri iyi analiz etmek durumundadırlar. Sadece firmasal çapta değil küme boyutunda analiz edilmesi gereken bu veriler için teknoloji altyapısının da bu bilgileri sentezleyecek yetenekte olması beklenmektedir. Alınan veriler ne kadar kaliteli ve doğru ise müşteriye olumlu yansması da o oranda artacaktır. Hem organizasyon içinde akıllı ürünlerden gelen bilgileri işlemek, hem de organizasyon dışında veriye dayalı hizmetlerin kalitesinin artırılması için gelişmiş bir bilgi teknoloji ağına sahip olmak gerekmektedir.

Bir organizasyon veriye dayalı hizmetleri kullanım oranı, buradan elde edilen gelir ve veri payı kriterlerine sahip ise Endüstri 4.0'ın veriye dayalı hizmet boyutuna hazır demektir (Lichtblau vd., 2015). Bu oranlardaki artış kümenin dijital dönüŖüm sürecindeki ilerleme hızının göstergesidir.

Ürün ve hizmetlerin Endüstri 4.0'a entegrasyonu için AR-GE ve inovasyon stratejileri, firmalar arası iş birlikleri ve ürün yaşam döngüleri iyileştirilmelidir (Erdil, 2019). Ürünlerin dijitalleşmesi istenilen seviyede değildir. Pazar ve müşteri ekseninde incelendiğinde ise, müşterilerden verilerin temin edilmesi, verilerin analiz edilmesi ve verilere ulaşmak için yapılan iş birlikleri seviyesi düşüktür. Endüstri 4.0 kapsamında bu konuda paydaşlarla yapılacak iş birliklerinin artırılması, veri analizi yapılmasına imkan sağlayacak alt yapı için finansman sağlanması ve satış ekibinin farkındalığının, kabiliyetlerinin artırılması gerekmektedir.

Küme için veriye dayalı hizmet boyutunda çalıştırılan IMPULS Olgunluk modeli verileri Şekil 7'de verilmiştir. Bu veriler ışığında kümenin deneyimli sınıfta, 3. seviyede olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Veriye Dayalı Hizmetler Boyutu  
Kaynak: Gümüş, 2020

**Öneriler:** Küme hali hazırda ürün tabanlı hizmetler sunmaktadır. Endüstri 4.0'a hazır olma koşullarını arttırmak için, sunulan hizmetlerin optimize edilmesi amacıyla müşterilerin sisteme entegrasyonuna yatırım yapılması gerekmektedir. Bu yatırım küme müşterilerine daha iyi, daha kaliteli ve daha kişiselleştirilmiş hizmetler

sunulmasını sağlayacaktır. Küme, veri odaklı hizmetlerin kullanılabilirliğini yüksek düzeyde artırmıştır. Bu sonuç Endüstri 4.0'ı başarıyla uygulamak için veri odaklı hizmetler boyutunda ihtiyaç duyduğu tüm becerilere sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Kümede kullanılan verilerin payı düşüktür. Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamak için, müşterilerinize daha iyi ve daha kişiselleştirilmiş hizmet sunulmasına olanak tanıyacak hizmetler geliştirmek için daha fazla veri kullanılması gerekmektedir.

### **Çalışanlar Boyutu**

Enformasyon ve iletişim teknolojileri bileşenleri Endüstri 4.0 süreçleri için büyük önem arz etmektedir. Bunlardan biri de çalışan faktörüdür. Çalışanlar organizasyonların dijital dönüşümünde en etkin rolü oynayan ve bir o kadar da değişimden en çok etkilenen gruptur. Bu değişimden dolayı yeni yetenek ve nitelik kazanmaları gerekmektedir (Banger, 2018). Kümelerin sürekli eğitimler ile çalışanlarını bu dönüşüme hazırlamaları sürece uyumun daha kolay olmasını ve daha fazla yetkinlik kazanılmasını sağlayacaktır.

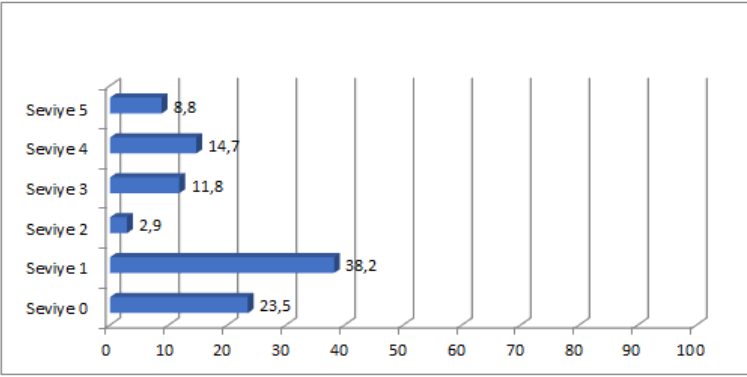
Küme, Endüstri 4.0 eğitimleri ile küme üye çalışanları arasında farkındalık yaratma sürecini başlatmıştır. Çalışanlar da dijital dönüşüm ile ilgili bazı alanlardaki uygulamalarda başarılı ve gereken becerilere sahiptirler. Bundan dolayı ihtiyaç duyulan BT altyapısı, otomasyon teknolojileri, veri analizi, veri ve iletişim güvenliği, yardım geliştirme ve uygulama gibi alanlarda becerileri genişletmek ve geliştirmeye önem verilmesi gerekmektedir. Çalışanlar boyutunda küme 3. seviyede olup Şekil 8'de bu boyuttaki veriler gösterilmiştir.

*Öneriler:* Kümenin çalışanlarla doğru orantılı olarak aynı farkındalığı yönetim kademesinde de oluşturması gerekmektedir. Yönetim tarafında dijital dönüşüm benimsenmedikçe, içselleştirilmedikçe sürecin olumlu sonuçlanması mümkün değildir.

IMPULS olgunluk modeli seviyeleri 3 sınıf şeklinde gruplandırılmıştır. Mevcut durumun belirlenmesinin yanısıra gruplara göre karşılaşılan engeller ya da bir sonraki seviyeye geçmenin önünde duran bariyerler de tespit edilmiştir.

Özellikle gelişmekte olan işletmelerin üyesi olduğu kümelerin Endüstri 4.0'ı incelemeleri bu ekosistemin ekonomik yararlarını ve pazar

gereksinimlerini ortaya çıkaracağını, dijital dönüŖümün karmaŖık bir kavram olduğunu ve her ekosistem için ayrı bir çözüm bulunduğunu, lider konumunda olan kümelerin ise Endüstri 4.0 projelerinin finansman konusunda zorluklarla karŖılaŖabileceklerini fark etmeleri gerekmektedir. Olgunluk modelinde ilk yapılması gereken, geliŖmekte olan iŖletmelerin bu sürece adım atmaya cesaret etmeleridir. Modelin 5. seviyesine ulaŖmak olduğuça zordur, çünkü bu seviye aslında Endüstri 4.0'ın vizyonunun hedef profilidir. Dolayısı ile yeni baŖlayanlar bu noktayı hedef almak yerine lider sınıfında olan organizasyonların referanslarına odaklanmalıdırlar.



Ŗekil 8. Çalışanlar Boyutu  
Kaynak: GümüŖ, 2020

GeliŖmekte olan kümelerin dijital dönüŖüm konseptinin ekonomik faydaları konusunda bilgi ve farkındalık eksikliğinin, uzman ve nitelikli çalışan gerekliliğinin, kavram ile ilgili kurum kültürünün eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir. İkinci sınıf olan takipçiler de geliŖmekte olanlar gibi bilgi, cesaret ve farkındalık eksikliğini, kalifiye iŖçi eksikliğini giderip buna ek olarak iŖ gücünün sayısallaŖtırmaya açık olmaması ve pazar gücü ile ilgili endiŖeleri de ortadan kaldırmaları gerekmektedir.

Liderler sınıfı genellikle alt iki sınıftan daha farklı engeller ile karŖılaŖmaktadır. Liderler hedef profil olan 5. seviyeye ulaŖmak istemektedir. Bunun için dijital dönüŖüm yapılacak finansal kaynak eksikliği, mevcut yasal sorunlar, norm ve standart eksiklikleri, veri güvenliği, iç bürokrasi ve yönetmeliklerdeki uyumsuzluk gibi engelleri aŖmaları gerekmektedir.

Bu engellerin kalkması ile her bir organizasyon bir üst seviyeye çıkabilme gücüne ve olgunluğuna erişmiş olacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin uluslararasılaşmış en etkin kümesi olan bir otomotiv kümesi, IMPULS Olgunluk Modeli uygulanarak strateji ve organizasyon, akıllı fabrikalar, akıllı operasyonlar, akıllı ürünler, veriye dayalı hizmetler ve çalışanlar olacak şekilde altı ana eksenle incelenmiştir. Model, 0 ile 5 skoru arasında dijital dönüşümü en iyi uygulayan organizasyonları puanlamaktadır. Altı olgunluk seviyesi üzerinden kümenin Endüstri 4.0 genel olgunluğunun 3. seviye ve deneyimli sınıfında yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın en önemli özelliği ve özgünlüğü her sektöre uyarlanabilen bir şablon ve bu konu özelinde bir kılavuz olmasıdır. Endüstri 4.0 stratejisinin geliştirilmesi gereken konuların başında farkındalığın artırılması gelmektedir. Türkiye'de belli seviyede olan farkındalığın artırılması ileride hazırlanacak yol haritaları ve uygulama alanlarının kurulması için temel teşkil edecektir.

Endüstri 4.0 süreç yönetimini tüm yönleriyle ele alacak stratejileri oluşturup politikaları uygulayacak ve gelişim seviyelerini ölçebilecek bir dijital dönüşüm koordinasyon merkezi tesis edilmelidir. Bu yapı daha ileri aşamada Endüstri 4.0 süreçlerine hakim dünya standartlarında nitelikli insan kaynağı yetiştiren bir merkez haline gelmelidir.

Yeni teknolojilerin ortaya çıkışı, doğası gereği yüksek maliyetler içermekte ve bu teknolojilere ulaşmak güçlü finansman yapısı gerektirmektedir. Devlet desteğinin olmadığı böyle ileri teknolojileri geniş tabana yayabilmek günümüz koşullarında mümkün görünmemektedir. Organizasyonların kendi başlarına tam teşekküllü dijital dönüşüm ekosistemi yaratması da aynı şekilde beklenti dışı olacaktır. Bu konuda en doğru strateji dijital dönüşüm teknolojilerinin yurtiçinde üretilerek maliyetlerin düşürülmesi ve ülke çapında ulaşılabilir ve uygulanabilir hale getirilmesidir.

Dijital çağın sistemlerin etkileşimi dışında insanların fiziksel, ruhsal ve yaşam tarzlarına, içinde buldukları iş dünyasında müşteri beklentileri, inovasyon, işbirlikleri ve örgütsel yapılar, firmaların, kümelerin, organizasyonların, bölgelerin, ülkelerin sahip oldukları

kaynaklara ve kapasitelerine, büyüme ve ilerleme potansiyellerine etkileri göz ardı edilemez. Bu etkilerin içinde riskleri barındırır da çoğunlukla olumlu sonuçlar doğuracağı ve yeni iş modelleri yaratacağı öngörülmektedir. Bunun gerçekleşebilmesi için işletmelerin, kümelerin gelişen teknolojiyi üretim başta olmak üzere tüm süreçlerine entegre etmeleri gerekmektedir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olduğu fakat kısa, orta ve uzun vadede ciddi kazanımlar sağlayacak bu finansman içerisinde organizasyon ihtiyaçlarına bağılı olarak, üretim tarafında robotlar, kobotlar, akıllı sensörler, 3D yazıcılar; veri tarafında bulut bilişim, IoT platformları, mobil cihazlar; analiz kısmında artırılmış gerçeklik, çok katmanlı müşteri etkileşimi ve veri tabanı, büyük veri analizi ve algoritmalar; güvenlik tarafında ise kimlik doğrulama yazılımları, yer tespit teknolojileri, gelişmiş insan-makine, makine-makine arayüzleri teknolojilerini barındırmaktadır.

Türkiye'deki kümeler açısından dijital dönüşüm değerlendirilmesi yapmadan önce işletmelerin Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0'da ülkenin içinde bulunduğu koşullar, yetersiz altyapı, nitelikli insan gücünün olmayışı, finansman eksiğı gibi sebeplerden dolayı yeterli gelişimi ve ilerlemeyi gösteremediğı, ancak Endüstri 4.0 sürecine daha hazırlıklı oldukları, ülkenin mevcut durumunun 2.0 - 3.0 seviyelerinde olduğu verisinin bilinmesi gerekmektedir.

Dünya, yeni bir çağın ilk evrelerini yaşamaktadır. Üretim kaidelerini değiştirecek olan dijital dönüşüme uyum sağlamak ve entegre olabilmek için ülkeler strateji geliştirmeye devam etmektedirler. Bu konuda öncü ve uzman olan ABD, Almanya ve Japonya kuralları belirlemeye, rekabet avantajını elde tutmaya devam etmektedirler. Bu konuda kendini geliştiremeyen, uyum sağlayamayan ülkeler ise bu oyunun dışında kalmaya mahkumdur. Kümeler ve Endüstri 4.0'a uyumları bu nedenle ülkemiz için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada uygulanan IMPULS modeli, işletmeler için kullanılan bir modeldir. İleriki çalışmalar için, kümelere özel olgunluk seviyesini belirleyecek model tasarlanması önerilebilir.

## **KAYNAKÇA**

- Banger, G. (2018). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara / Türkiye, Dorlion Yayınları.
- Bradley, A. (2014). The Connected Enterprise Maturity Model. *Rockwell Automation Study*, 1-12.



Erdil, E. (2019). OTEP Otomotiv Sektöründe Dijital Dönüşüm Raporu, Mevcut Durum, İhtiyaçlar ve Politika Önerileri. ODTU TEKPOL, Ankara, 1-99.

Geissbauer, R., Vedso, J. ve Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the Digital Enterprise, *Global Industry 4.0 Survey*, 1-36.

Gökalp, E., Şener, U. ve Eren, P. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-Maturity Model (MM), International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, 128-142.

Gümüş, T. B. (2020). Uluslararası Rekabette En Etkin Kümenin Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi (Yayınlanmamış doktora tezi). Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Gümüş, T. B. ve Birgün, S. (2021). Bir Otomotiv Kümesinin Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin IMPULS Modeli ile Belirlenmesi, Yönetim Araştırmaları Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, YONAR/MU'21, 74-76, İstanbul Gedik Üniversitesi 2021-08, ISBN: 978-605-85572-4-6.

Hannover Messe Pressemitteilung (2015). Institut Für Intelligente Produktion. (2015). Fh - Oberösterreich, 1-3.

Lanza, G., Nyhuis, P., Ansari, S., Kuprat, T. ve Liebrecht, C. (2016). Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0: Vorstellung eines reifegradbasierten Ansatzes zur Implementierung von Industrie 4.0. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111, 76-79.

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E. ve Schröter, M. (2015). IMPULS: Industrie 4.0 Readiness, *RWTH Aachen University*, 1-78.

Rodič, B. (2017). Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm, *Organizacija*, 50 (3), 193-207.

Schumacher, A., Erol, S. ve Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises, *Procedia CIRP*, 52, 161-166.

Yelkikalan, N., Özcan, S. ve Temel K. (2019). Endüstri 4.0 Farkındalığının Belirlenmesi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Örneği, *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 14 (1), 31-44.

# **Akıllı Şebekeler ve Blokzincir Uygulamaları**

**Abdulkadir Yelman**  
*İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye*  
**(0000-0002-0887-7945)**

**Asım Kaygusuz**  
*İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye*  
**(0000-0003-2905-1816)**

## **GİRİŞ**

Akıllı şebekeler insanlık için kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Üretilen elektriğin, dağıtımı ve iletimi mevcut sistemlerle değil artık yeni dünya düzenine göre gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Hayatımızın birçok alanında kullanılacak bu teknoloji çok yakın zamanda uygulamaya koyulmuş olacaktır. Ancak akıllı şebekeler birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Her şeyin dijitalize olmasından dolayı siber saldırılara daha çok açıktır. Bu siber saldırılar genelde mevcuttaki verilerin çalınmasına ve bunların ulusal veya uluslararası arenada pazarlanmasına sebebiyet verebilir. Bu verilerin korunması ve onların iyi bir şekilde üst düzey güvenlikle depolanması mevcut durumda çok maliyetli ve külfetlidir. Burada 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından literatüre kazandırılan “blokzincir teknolojisi” devreye girmektedir. Bu teknoloji verileri merkezi bir yerde depolamak yerine dağıtık olarak tüm kullanıcılarda kayıtlı tutmayı vaat etmektedir. Blokzincirin muhtemel uygulama alanlarından birisi akıllı şebekelerdir. Akıllı şebekelerin yapısı gereği birçok işlem ağ bağlantıları üzerinde gerçekleştirilir. Akıllı şebekelerden elde edilen birçok verinin güvenli bir şekilde saklanması ve üzerlerinde tahrifat yapılmaması gereklidir. Bu noktada blokzincir teknolojisinin imkanlarından faydalanılması gereklidir. Blokzincir teknolojisi ile yapılan birçok işlem artık bu bloklara kaydedilmiş olacak ve kaydedilen bu verilerin değiştirilmesi mümkün olmayacaktır. Bu teknolojiyle birlikte müdahale edilmesinden korktuğumuz birçok veri bloklara kaydedilecek ve değiştirilmesi mümkün olmayacaktır. Bu çalışmada akıllı şebekelerin yüzeysel bir incelenmesinin ardından blokzincir teknolojisinden genel olarak bahsedilmiş ve sonrasında akıllı şebekelerdeki uygulamaları ve uygulanması muhtemel teorileri incelenmiştir.

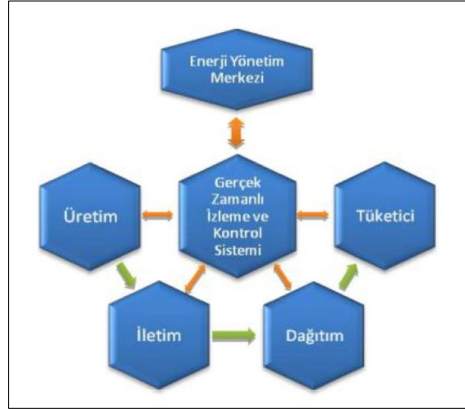
## **AKILLI ŞEBEKELER**

Akıllı şebekeler, aynı zamanda akıllı elektrik şebekesi (intelligrid, futuregrid, intergrid veya intragrid) olarak farklı farklı adlandırılan 20. yüzyıl elektrik ağının teknolojik bir gelişmesidir. Geleneksel güç şebekeleri genellikle gücü birkaç merkezi jeneratörden çok sayıda kullanıcıya veya müşteriye taşımak için kullanılır. Buna karşılık, akıllı şebekeler otomatikleştirilmiş ve dağıtılmış enerji dağıtım ağı oluşturmak için iki yönlü elektrik ve bilgi akışlarını kullanır (Fang vd., 2011).

Akıllı Ŗebekeler, tüketicinin talebi ile üreticinin arzı arasındaki dengeyi çift yönlü haberleŖerek sürekli izleyen ve kontrol eden bir enerji yönetim sistemi olarak da tanımlanabilir. “Akıllı Ŗebekeler üç temel kontrol biriminden oluŖmaktadır. Bunlar; elektrik enerjinin üretimi, iletimi-dağıtımı ve tüketicilerdir” (Akcanca ve TaŖkın, 2013).

Akıllı Ŗebekeler, Ŗebekeye bağlı bütün kullanıcıların verimli, devamlı, ekonomik ve güvenli elektrik enerjisi sağlamayı hedefleyen elektrik Ŗebekesi türüdür. Akıllı ev otomasyon projeleri tüketicilere elektrik sistemindeki iŖletme optimizasyonunda kendi rollerini oynama imkânı tanıyabilmektedir. Tüketiciler daha ekonomik fiyatlandırmayla elektrik enerjisi satın alabilecektir. Böylelikle kullanıcılar, akıllı Ŗebekelerin fiyat sinyallerine göre tüketim alışkanlıklarını uyarlayabileceklerdir (Akcanca vd., 2013)

Ŗekil 1’de akıllı Ŗebekelerin blok diyagramı verilmiŖtir. Bu diyagramdan da anlaŖılacaėı üzere akıllı Ŗebekede merkezi yönetimler ile üretici tüketici dağıtıcı ve iletici arasındaki bağlar daha iyi kontrol edilebilir. Akıllı sayaçlar ile bunların analizi daha güvenilir verilerle yapılır. Merkezi yönetimler Ŗebeke üzerinde çok daha aktif bir Ŗekilde veriler elde ederek ihtiyaç duyulması halinde bu verilerin ilgili kurumlarla paylaşılmasını sağlayabilir. (Akcanca vd., 2013)



Ŗekil 1. Akıllı Ŗebekeler AkıŖ Diyagramı Kaynak:(Akcanca vd., 2013)

Tüm bu bilgilerin ışığında akıllı Ŗebekelerin yakın gelecekte insan hayatında birçok değişiklikler yapabileceği ve bu değişiklerin birçoğunun köklü değişiklikler olacağı düşünülebilir.

## BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ

Blokzincir teknolojisi son zamanlarda ulusal ve uluslararası basın, çeşitli uluslararası kuruluşlar, özel sektör ve kamu kurumları tarafından büyük ilgi görmeye birlikte bazı araştırmacılar tarafından potansiyel olarak İnternet'ten daha güçlü bir teknoloji olarak ifade edilmektedir (Sultan vd., 2018). Akademik açıdan bakıldığında ise eskiden bu konuda kaynak bulmak zor iken şu an birçok araştırmacı blokzincir teknolojisi üzerinde çalışmalar yaptığından dolayı kaynak bulmak kolaylaşmıştır.

Blokzincir teknolojisi, 2008'de Satoshi Nakamoto tarafından yayınlanan makalesinde Bitcoin kripto para sistemiyle beraber ortaya çıkmaktadır. Satoshi Nakamoto blokzincir teknolojisini, yapılan her işlem bilgisinin ağdaki katılımcılar tarafından kaydedildiği ve paylaşıldığı dağıtılmış bir veri yapısı olarak tanımlamaktadır. Bu veriler sonsuza dek saklanır ve değiştirilemez. Blokzincir, "kriptografik hash" fonksiyonları kullanarak birbirine bağlanmış blokların bir listesidir. Bu blokların her biri, finansal işlemler gibi belirli işlemlerle ilgili bilgileri içeren bir "container" olarak tanımlanabilir. Yeni işlemler oluşturuldukça liste sürekli büyümeye devam eder ve işlemler, ağa bağlı düğümler (node) adı verilen varlıklar tarafından yaratılır. Bir işlem belirli bir düğüm tarafından oluşturulduktan sonra, işlemler kabul edilmeden ve bloğa eklenmeden önce doğrulanmak üzere tüm ağa yayınlanır (Sultan vd., 2018)

Blokzincir adem-i merkeziyetçiliği savunan, bir iş yaparken bir aracıya ihtiyaç olmadan bu işi sistem üzerinde yürütmeye yarayan, sistemin karışık matematiksel problemlerini yenmesi sonucunda oluşturduğu, özgün ve taklit edilemeyen bir sanal alandır. Her bir zincir halkası bir işlemdir. Bu işlemler bir araya gelerek bir blok oluştururlar. Bu bloklar da sanal şifrelerin yardımıyla asla taklit edilemeyen ve değiştirilmesi mümkün olmayan yapılar oluşturulmasına ve sanal evrende sonsuza dek yer almaya imkân sağlar. Blokzincir sisteminde kullanıcının önceki veya o kullanıcıdan sonra gelecek tüm işlemler kaydedilir ve asla müdahale edilemez. Hata durumunda o işlem (transaction) silinemez yerine yeni bir işlem eklenir. Hatalı işlem de sonsuza dek sanal evrende kayıtlı kalır. Adem-i merkeziyetçiliği savunan bu sistem sayesinde bankacılık işlemlerinden hukuksal sorunlara uluslararası ticaretten şahıslar arası ticaretlere kadar araçlara ihtiyaç duyulmadan

veya bir merkeze bağlı kalınmadan iŖlemlerin akıllı kontratlar ile hata riskini minimize etmeye yarayan sanal olaylar zinciridir.

Blokszincir teknolojisinin evreleri Ŗekil 2 de gösterilmiŖtir.



Şekil 2. Blokszincir Teknolojisinin Evreleri

*Blokszincir 1. Evre:* Bu evre blokszincirin doğumu olarak nitelendirilebilecek dijital para evresidir. Blokszincir 1. evrede Satoshi Nakamoto tarafından yayınlanan makale ile adından söz ettirmeye baŖlamıŖtır. Bu evrede blokszincir sadece bitcoinin temeli olarak ortaya çıkmıŖtır. Bu evrede yalnızca kripto paralar dŖnlmŖtir.

*Blokszincir 2. Evre:* Bu evre akıllı szleŖmeler evresidir. Dijital ekonomi olarak da ifade edilen Blokszincir 2. evre, basit demeler ve para transferi iŖlemlerin ötesinde çok çeŖitli ekonomik ve finansal uygulamaları kapsamaktadır. Bu tür uygulamalar arasında, krediler ve ipotekler gibi geleneksel bankacılık araçları, hisse senetleri, tahviller, vadeli iŖlemler ve szleŖme gibi araçlar yer almaktadır. (Tanrıverdi vd., 2019) Bu tür uygulamaların daha güvenilir ve Ŗeffaf uygulanması için akıllı szleŖmeler (smart contracts) kullanılır.

*Blokszincir 3. Evre:* Bu evre dijital toplum evresidir. Artık blokszincir günümüz de birçok alanda kullanılmaya baŖlanacaktır. Blokszincir teknolojisinin gelecek vadeden en önemli uygulamalarından biri, akıllı yönetim, akıllı ulaŖım, akıllı yaŖam, doğal kaynakların akıllı kullanımı ve akıllı ekonomi gibi kavramların tümünü içeren akıllı kentlerdir (Sun vd., 2016)

Akıllı teknolojiler dijital toplumu, dijital toplumda blokszinciri gerektirir. BaŖında akıllı kelimesi olan her Ŗey artık blokszincir ile tanışacaktır. Blokszincirin sadece bir teknoloji olmayıp insan hayatının bir parçası olması kuvvetle muhtemel grŖler arasındadır.

### ***Blokszincir Teknolojisinin Akıllı Şebekeler ile İlişkisi***

Blokszincir teknolojisi birçok alanda olduğu gibi enerji alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Enerjinin geleceği ve yönetilmesi adına akıllı şebekeler alanında çalışmalar özellikle dikkat çekmektedir. Elektrik enerjisinin depolamanın oldukça güç ve maliyetli olması nedeniyle yerinde üretim ve kullanım ayrıca artan elektrik enerjinin de yerinde satımı enerji kayıplarının azaltılması açısından çok önemlidir. Elektrik enerjisinin üretiminde yenilebilir enerjiler günümüzde değeri gittikçe artmaktadır. Yerinde üretim ve satım kavramı yenilebilir enerjilerin kullanımıyla daha da mümkün olmaya başlamıştır. Güneş enerjisini ele alırsak, gelecek zamanda herkesin evinin çatısında güneş panelleri olacak ve yerinde üretim daha da yaygınlaşacaktır. Üretim ve tüketim arasındaki farkın üretimin pozitif yöndeki artışından kaynaklı olarak yerinde satım ciddi bir ihtiyaç olacaktır. Bu satım işlemlerinin yapılabilmesi için üçüncü şahıs veya kurumlara ihtiyacın artmasına neden olacaktır. Ancak üçüncü şahısların bu alışverişe katılmasından doğabilecek güven sorunları ve maliyetlerin artışı üreticinin kârının düşmesine neden olacağından dolayı araçların kaldırılması gerekmektedir. Bu araçlar blokszincir ile kaldırılabilir. Blokszincirin adem-i merkeziyetçi yapısı bunu mümkün kılar. Veriler tek bir merkezden yönetilmek yerine herkesin bloklarına kaydedilir ve bu veriler hiçbir zaman değiştirilemez. Bu teknolojinin birkaç uygulamasından alt başlıklar halinde bahsedilmiştir.

### ***Blokszincir ve Elektrikli Araçlar***

Elektrikli araçların şebekeye katılmasıyla şebekede oluşabilecek fazla yükün dengelenmesi için planlama yapılmalıdır. Bu planlamalar yapılırken blokszincir teknolojisi kullanılabilir. Üretilen elektriğin kayıplarının daha aza indirgenmesi için arz talebin az olduğu vakitlerde elektrikli araçların bataryaları depolama amacıyla kullanılabilir. Burada blokszincirde hangi saatlerde hangi aracın ne kadar yükü depoladığı bilinebilir ve elde edilen bu verilerden şebekenin iyileştirmeleri hakkında algoritmalar geliştirilebilir.

Eşler arası ticaret kavramı yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin artmasıyla popüler olmaya başladı (Brousmiche vd., 2020). Brousmiche ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında günün belirli saatlerine göre senaryolar oluşturmuştur. Elektriğin ucuz olduğu saatlerde araç akülerini doldurmuş ve pahalı olan saatlerde elektriği

Ŗebekeye satmıŖtır. Geceleri doluyla geerip gündüzleri de akülere dolan elektrik enerjisi Ŗebekeye satılarak araç sahibine pasif bir gelir kaynağı sađlanmıŖtır.

Lazaroiu ve arkadaŖları bulanık mantık ile blokzincir teknolojisini birleŖtirerek elektrikli araçların Ŗarj olurken Ŗebekeye olan etkilerini daha planlayarak ileriki süreçlerde artacak elektrikli araç sayısının Ŗebekeye olabilecek olumsuz etkilerini azaltmayı amalamıŖlardır (Lazaroiu vd.,2020).

Blokzincir teknolojisinin elektrikli araçlarla birkaç uygulamasından bahsedilmiŖtir. Bunlara ek olarak üretilen aracın en kk parçasına kadar nerede üretildiği, gemiŖ kullanıcılarının kimler olduğu, bakımlarının ne zaman yapıldığı, hangi istasyonlardan veya Ŗebekenin hangi abonesinden ne kadar süreyle Ŗarj alındığı hatta daha da ilerisi hangi rotalarda kullanıldığı ile alakalı bilgilerin bloklara kaydedilmesiyle araç hakkında doğru bilgilerin elde edilmesi kuvvetli olasılıklardan biridir.

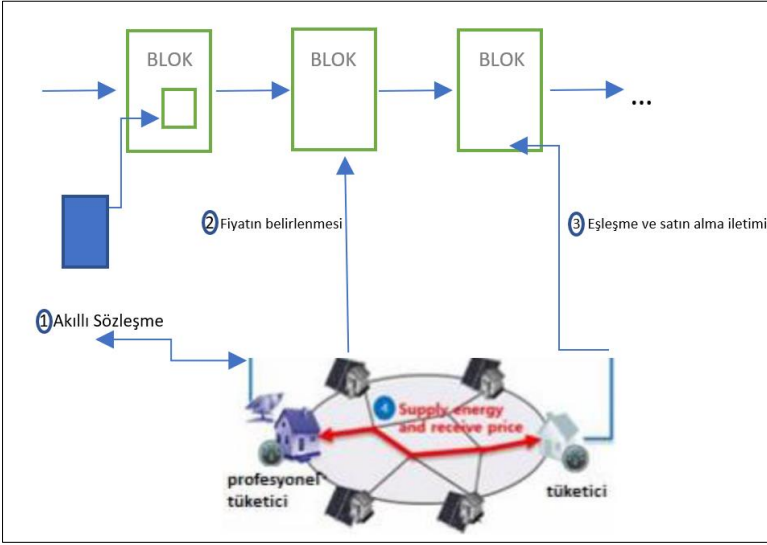
### ***Blokzincir Tabanlı KiŖiden KiŖiye Elektrik Enerjisi AlıŖveriŖi***

Yenilenebilir enerjiler gün geçtikçe insan hayatında daha çok yer almaya baŖlamıŖtır. Bu uygulamalardan birisi çatı üstü güneŖ panelleriyle enerji üretimidir. Bu üretilen enerjinin ihtiyaç fazlası durumda Ŗebekeye satımı gerekleŖtirilebilmektedir. Ancak Ŗebekedeki komŖu kullanıcılarla alıŖveriŖ nc kiŖiler olmadan mümkün olmamaktadır. Blokzincir sayesinde merkezi bir otoriteye bağlı kalınmadan kiŖiden kiŖiye elektrik enerjisi satımı gerekleŖtirebilecektir. Bu satım iŖlemleri öncesinde akıllı szleŖmeler ile alıŖveriŖi Ŗartları belirlenebilecektir. Akıllı szleŖmeler bloklara kaydedilecektir. Bu alıŖveriŖte kW saat adında yeni bir kripto birimi kullanabilecektir ve bunun birçok örnekleri yapılmıŖtır. Kripto para piyasasında birçok rneği mevcuttur. Bu Ŗekilde bir enerji borsası oluŖturulup kullanıcılardan daha ucuza elektrik kullanımı imkânı verilebilmektedir. Ayrıca yapılan iŖlemler sonsuza dek kaydolacağı için elde edilen gelirden ödenmesi gereken vergi miktarı devlet tarafından kontrol edilerek vergi kaçırma gibi durumların önüne geçilebilir.

Ŗekil 3’de blokzincir kullanılarak yapılabilecek enerji ticaretinin aŖamaları gösterilmiŖtir.



1. aşamada öncelikle üretici akıllı sözleşme kullanarak yapılacak ticaretin kurallarını belirler.
2. aşamada belirlenen kurallara göre satış fiyatı satıcı tarafından belirlenir.
3. aşamada tüketici satın almak niyetini ve eşleşme işlemini satıcıya iletir.
4. aşamada ödeme yapılır ve ticaret tamamlanır. Ödeme esnasında kW saat kripto birimi ile ödeme gerçekleştirilir. Eğer satıcı veya alıcı kW saat kripto para birimini kullanmıyorsa bu ticaret yerel veya uluslararası para birimleriyle de gerçekleştirilebilir.



Şekil 3. Enerji dağıtım süreci

Bu yapılan ticaret blokzincirin yapısı gereği tüm alıcı ve satıcıların bloklarına kaydedilir. İşlem geçmişi silinemeyeceği için şebeke üzerinde yapılan üretim ve satım arasındaki kayıpların belirlenmesi, kişiden kişiye enerji satımında merkezi bir yapıya ihtiyacın olmaması gibi faydalarda sağlar. Ayrıca akıllı sayaçlara uygulanması durumda ise IOT (internet of things) cihazların şebekeye olan etkisi ve şebekeden çektikleri elektrik enerjisinin ölçülmesi ve daha verimli hale getirilmesi gibi faydaları vardır.

## ***Enerjinin İletimi, Dağıtımı ve Depolanmasında Blokzincir Teknolojisi***

Elektrik enerjisi üretildiğı yerden uzak yerlere taşınması durumunda kayıpların oluştuğı bir enerji türüdür. Üretimin yapıldığı yerde satım garantisi olmadığı durumlarda fazla üretime izin verilmez. Depolanma durumlarında ise hem yüksek maliyetler hem de siber saldırılara açık durumda olmaktadır. Bu siber saldırılardan korumak için blokzincir teknolojisi kullanılabilir. Pil teknolojileri ve depolamada blokzincirin kullanımıyla alakalı detaylı bilgilere (Kim vd., 2020) kaynaktan bakılabilir.

### ***Blokzincir ile Yeşil Enerji Sertifikası***

Dünya’da yeşil enerji kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Hatta öyle ki Avrupa ve Dünya’da firmaların ihalelere girerken yeşil enerji kullandıklarını ispatlaması gerekmektedir. Türkiye’de buna benzer uygulamalar yakın zamanda gündeme gelecektir. Bununla alakalı olarak üreticilerle tüketicileri buluşturan ve firmaların yeşil enerji kullandıklarını ispatlayan Blok-Z adlı bir startup firması bulunmaktadır. Blok-Z, blokzincir tabanlı bir yazılımla firmaların yeşil enerji kullandıklarına dair sertifika vermektedir.

## **SONUÇ**

Bu çalışmada, adem-i merkeziyetçiliğı savunarak daha güvenilir ve hızlı enerji ticareti yapılabilmesinin blokzincirle mümkün olduğunu, akıllı şebekelerde enerji kaybını azaltmaya yönelik olarak üretim, tüketim ve dağıtım arasındaki işlemlerin sonsuza kadar kaydedilerek tüm kullanıcıların erişimine blokzincir ile sunulabileceğini tartışılmıştır. Ayrıca hali hazırda uygulanmış veya teorisi geliştirilmiş veya geliştirilebilecek şeyler tartışılmıştır.

Türkiye ve dünya hızla dijitalleşmektedir. Bu dijitalize hayatta verilerin saklanması ve değiştirilemez olması büyük önem arz etmektedir. Bu ise blokzincir teknolojisi ile mümkün olabilir. Birçok sektörde olması gerektiğı gibi enerji sektöründe de hızlı bir şekilde blokzincir tabanlı çalışmalara öncelik tanınmalıdır.

Blokzincir teknolojisinin hayatımızın birçok alanında uygulanacağı ve yeni dünya düzeninin başrol oyuncusu olacağı görüşü savunulmaktadır. Blokzincirin enerji alanında birçok yenilikle birlikte

verilerin güvenilir bir ortamda değiştirilmeden kaydedilmesi beklenmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada danışmanlık yapan sayın Prof. Dr. Asım Kaygusuz'a ve araştırmalara katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Davut Hanbay'a şükranlarımı sunuyorum.

## KAYNAKÇA

Akcanca, M. A. ve Taşkın, S. (2013). Akıllı şebeke uygulanabilirliği açısından türkiye elektrik enerji sisteminin incelenmesi. *Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, 26-27.

Brousmiche, K., Menegazzi, P., Boudeville, O. ve Fantino, E. (2020, September). Peer-to-Peer Energy Market Place Powered by Blockchain and Vehicle-to-Grid Technology. In *2020 2nd Conference on Blockchain Research ve Applications for Innovative Networks and Services (BRAINS)* (pp. 53-54). IEEE.

Fang, X., Misra, S., Xue, G. ve Yang, D. (2011). Smart grid—The new and improved power grid: A survey. *IEEE communications surveys ve tutorials*, 14(4), 944-980.

Kim, T., Ochoa, J., Faika, T., Mantooth, A., Di, J., Li, Q. ve Lee, Y. (2020). An overview of cyber-physical security of battery management systems and adoption of blockchain technology. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*.

Lazaroiu, C., Roscia, M. ve Saadatmandi, S. (2020, September). Blockchain and Fuzzy Logic Application in EV's Charging. In *2020 9th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA)* (pp. 315-320). IEEE.

Sultan, K., Ruhi, U. ve Lakhani, R. (2018). Conceptualizing blockchains: characteristics ve applications. *arXiv preprint arXiv:1806.03693*.

Sun, J., Yan, J. ve Zhang, K. Z. (2016). Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. *Financial Innovation*, 2(1), 1-9.

Tanrıverdi, M., Uysal, M. ve Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir? Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203-217.

# **İşletmelerde Dijital Dönüşüm Sürecinde Dijital İkiz Teknolojisinin Rolü**

**Polathan Küsbeci**

*Kapadokya Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye*  
**(0000-0002-4858-3853)**

**Ülkü Uzunçarşılı**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-7855-2268)**

## **GİRİŞ**

Dijital dönüşüm, endüstrilerdeki iş operasyonlarını hızlı bir şekilde şekillendirmektedir. Organizasyonlar içinde ve çevresinde yaşanan dijitalleşme, endüstriyel ekosistemlerdeki iş modellerinde radikal değişikliklere neden olmakta ve kurumsal düzeyde iş uygulamalarını yeniden şekillendirmektedir (Gao vd., 2019). Dönüşüm kavramı, organizasyon içinde stratejiyi, yapıyı ve güç dağılımını etkileyen temel bir değişikliği ifade etmektedir. Dijital dönüşüm, müşterilerin, çalışanların ve ortakların dijital beklentilerini karşılamak için önemli ölçüde değişen bir dijital manzaraya devam eden bir benimseme süreci olarak belirtilmektedir. Teknolojilerin iş süreçlerinde uygulanması, bir işletmeyi dijital olarak dönüştürmenin yalnızca küçük bir parçasıdır. Dijital teknolojilerin müşteriler, işletmenin kendisi ve diğer temel paydaşlar açısından ek değer oluşturması gerekmektedir. Şirketlerin başarılı bir dijital dönüşüm için iki tamamlayıcı faaliyete odaklanması gerekmektedir. Bunlar ise; müşteri değer önerilerini yeniden şekillendirmek ve daha fazla müşteri etkileşimi ve işbirliği için dijital teknolojileri kullanarak operasyonlarını dönüştürebilmektir (Teichert, 2019). Dijital dönüşüm, dijital teknolojinin sağladığı değişiklikleri içeren yinelemeli bir organizasyonel süreç olarak kabul edilmektedir. Operasyonlar ve müşteri deneyimi üzerinde etkisi olan sosyo-teknik ortamda bir iş modelini yeni teknolojilere ve teknolojik yeniliklere uyarlama becerisini içermektedir (Barann vd., 2019). Dijital dönüşüm, yalnızca makineleri ve Bilgi Teknolojisi altyapısını değil aynı zamanda insanları da dijital olarak birbirine bağlamaya yönelik gelişme olarak belirtilmektedir (Ilvonen vd., 2018).

Günümüz dünyasındaki her aktivite giderek daha fazla dijital hale gelmektedir. Dijitalleşme, bilgisayar sistemleri tarafından okunabilen analog bilginin dijital dönüşürülmesi anlamına gelirken, dijital dönüşüm ise mevcut şirketlerin işlerini yürütme şekillerini değiştirmeye yönelik devam eden süreç olarak tanımlanmaktadır. Dijital dönüşüm endüstrileri hızla değiştirdiğinden, kuruluşlar yeni iş fırsatları oluşturmak ve yeni pazar nişlerini yakalamak için hızlı tepkide bulunmaları gerekmektedir. Son yıllarda, dijital dönüşüm araştırmacıların ve organizasyonların ilgi alanlarına girmektedir (Mirković vd., 2019). Bu açıdan işletmelerin dijital dönüşümü, yeni ürün / hizmetler oluşturmak ve bunları küresel pazara sunma zihniyetini değiştirmek için çağdaş teknolojileri uygulama açısından

yeni bir paradigmadır. Dijitalleşme henüz tüm sektörler'e eşit bir şekilde nüfuz etmemiş olup, ancak çoğunu dönüştürmeye başlamakta ve bu sektörlerdeki şirketlerin ekonomik performansı üzerinde önemli bir etkisi olmaktadır (Pihir vd., 2018).

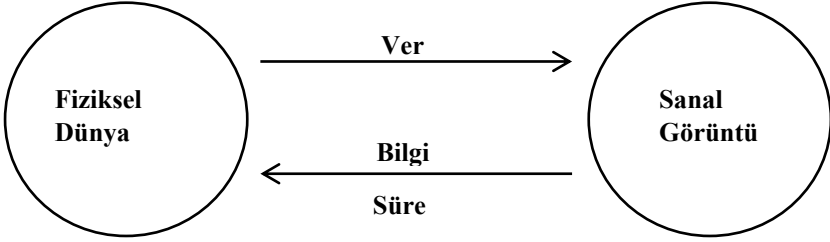
Dijital dönüşümün temel amacı, güncel teknolojileri uygulayarak organizasyonları değiştirmek ve yeni iş süreçleri ortaya koyarak yeni ürün ve hizmetlerin oluşturulmasını veya iyileştirmesini sağlayarak bunları küresel pazara daha hızlı, daha ucuz ve yenilikçi yollarla sunabilmektir (Pihir vd., 2019). Dijital dönüşüm, tüm kurumsal kaynakların (insan, teknolojik, fiziksel, organizasyonel ve finansal) dahil edilmesini gerektiren karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Dijital dönüşüm, bir organizasyonun dijital teknoloji tarafından yönlendirilen dönüşümü olup, organizasyonun özündeki değişimi, yani iş modelinin değişimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, kuruluşlar yeni iş fırsatları, ürün ve / veya hizmet oluşturmada yenilikler ve yeni bilgi edinme fırsatları için olanaklar sunmaktadır. Başarılı bir dijital dönüşümün önemli faktörlerinden biri, kesinlikle kurumsal yapıya göre uyarlanmış yeterli bir dijital stratejidir (Kutnjak vd., 2019).

Dijital dönüşüm, müşteri deneyimini geliştirmek veya yeni iş modelleri oluşturabilmek için dijital teknolojilerden yararlanmayı içermektedir. Dijital dönüşüm, hem verimlilik odaklı süreç dijitalleşirmeyi hem de dijital yeteneklerle mevcut fiziksel ürünleri geliştirmeye odaklanan dijital inovasyonu kapsamaktadır. Dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin bir şirketin iş modelinde oluşturabileceği değişikliklerle ilgili olup, değişen ürün veya organizasyon yapıları veya süreçlerin otomasyonu ile sonuçlanmaktadır (Vial, 2019). Dijital ikiz, büyük veri, bulut, sosyal medya, mobil platformlar ve akıllı çözümler gibi dijital teknolojiler iş modellerini yeniden şekillendiren ve kuruluşların iş operasyonlarını yürütme şeklini yeniden yapılandıran yeniliklere yön vermektedir. Kuruluşlar, değişen iş ortamına yanıt olarak sürekli dönüşürken ve gelişirken, dijital dönüşüm; dijital teknolojilerin temeline dayanan, iş operasyonlarında, iş süreçlerinde ve değer oluşturmada benzersiz değişiklikleri başlatan değişikliklerdir. Dijital dönüşümü benimsemiş olan firmalar dijital bağlantıları ve iletişimi etkin bir şekilde kullanabilme imkanına sahip olmaktadır (Nwankpa ve Roumani, 2016).

## **DİJİTAL İKİZ KAVRAMI**

Günümüzde dijital ikiz teknolojisi, dijital dönüşümün ana sağlayıcılarından biri olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Dijitalleşme sürecinde insan, sistemleri denetleme ve problemleri yapıcı bir şekilde çözme açısından hala aktif bir unsur olarak yerini korumaktadır. Dijitalleşme, insanların ve gelişmiş makinelerin bir araya getirilerek birlikte çalışmasında önemli rol oynamaktadır. Endüstri 4.0 açısından, dijital ikiz, üretim süreçlerinde altta yatan fiziksel varlıkların belirli yönlerini yansıtmak için bir çerçeve olarak belirtilmektedir. Dijital ikiz kullanılmasının hedefi, belirli türden süreç optimizasyonunun sağlanmasıdır (Josifovska vd., 2019). Dijital ikiz kavramı, ürün yaşam döngüsü yönetimi açısından ilk olarak Grieves tarafından tanıtılmıştır. Grieves, dijital ikiz teknolojisini gerçek dünyada ve sanal dünyada var olanın bir aynası (veya ikizi) olarak ifade etmektedir. Dijital ikizin amacı çeşitli amaçlar için bir süreci simüle etmek olan fiziksel bir sistemin sanal eşdeğeri olarak düşünülmekte olup, gerçek verilerin gerçek zamanlı senkronizasyonunu sağlamaktadır (Rabah vd., 2018). Dijital ikizin tanımı NASA tarafından, mevcut en iyi fiziksel modelleri, sensör güncellemelerini, filo geçmişini ve benzeri unsurları kullanan sisteme entegre olan çok boyutlu, olasılıklı simülasyondur. Bugüne kadar, üretim uygulamasında dijital ikiz araştırması henüz emekleme aşamasında olmaktadır. Fiziksel varlık arasındaki yansıma, etkileşim ve senkronizasyon ile ilgili olarak dijital ikizin akıllı üretim için uygulanabilirliğini keşfetmek için daha fazla çabaya ihtiyaç olmakta ve dijital eşdeğeri üretimin geleceğine giden yolu açabileceği belirtilmektedir (Guo vd., 2020). Dijital ikiz; entegre bir çoklu fizik, çoklu ölçek, olasılıksal simülasyondur. Karşılık gelen ikizinin ömrünü yansıtmak için mevcut en iyi fiziksel modelleri, sensör güncellemelerini, geçmiş veriler gibi bilgileri kullanan karmaşık ürün veya sistemdir (Yi vd. 2020). Dijital ikizler gerçekliğin sanal temsilcileridir. Fiziksel dünya ile sanal gerçeklik arasında bir bağlantı sağlamaktadır. Dijital ikiz, gerçek dünyayı gerçek zamanlı olarak simüle edebilen bir sanal gerçeklik ortamı oluşturmaya izin veren matematiksel modellere dayanmaktadır. Dijital ikizler, endüstriyel tasarım ve sistem kontrolü için ve/veya hassas bir üretim gerektiğinde Endüstri 4.0'da çok kullanışlı olmaktadır (Zambrano vd., 2020). Bu teknoloji sadece bir ürünün ve ömrünün izlenmesinde değil, aynı zamanda üretim ve iş modellerinde de kullanılabilir. Endüstri

4.0, “akıllı fabrikalar” adı verilen yeni üretim sistemlerini kullanılabilir kılmak için siber-fiziksel sistem gibi teknolojik geliŖmeleri nesnelere interneti ile birleŖtirdiđi zaman üretimde evrimsel geliŖimi ileriye taŖıtmaktadır (Johansen, 2018). Özellikle dijitalleŖmeyle birlikte ortaya çıkan hızlı deđiŖim süreci, üst düzey yöneticileri iŖ yapma biçimleri ve yönetim anlayıŖları üzerinde yeniden düşünmeye sevk etmekte ve yeni yönetim yaklaŖımlarını ortaya çıkarmaya baŖlamaktadır (Terzi ve Boylu, 2019).



*Ŗekil 1. Dijital İkiz*  
Kaynak: Gopinath vd., 2019.

Ŗekil 1’de dijital ikiz gösterilmektedir. Dijital ikiz, bir ürün veya hizmetin tüm sistemini potansiyel olarak açıklayabilen bir araçtır. 2000’lerin baŖlarında dijital ikiz fikrini uygulamak zordu, ancak nesnelere internetten gelen kapsam ışınıyla dijital ikizin düşük ve verimli bir maliyetle uygulanmasını mümkün kılmaktadır. MüŖterinin ihtiyaçlarını Ŗirketler tarafından daha iyi anlaşılması ve dijital ikiz teknolojisi yardımıyla mevcut ürün ve hizmetlerde iyileŖtirmeler sağlanması yeni iŖ yeniliklerine yol açmaktadır. Ŗirketlerin altyapılarında dijital ikiz alanına sahip olunması gelecekte daha başarılı olmasında önemli imkanları da beraberinde getireceği belirtilmektedir (Tanmay ve Madhulika, 2018). Bu teknoloji, sistemin sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkileyen çeŖitli teknolojik bileŖenleri barındırmaktadır. Dijital ikizler kullanıcılarla, diğer nesnelere ve kendi aralarında iletişim kurabilmektedir. Bu sağlanan iletişim de farklı Bilgi Teknoloji Sistemleri, veri tabanları ve konumlar arasında birlikte çalışabilirlik anlamına gelmektedir. Bu nedenle dijital ikiz, fiziksel ürün için bir destek sistemi olarak belirtilmektedir. Son zamanlarda, dijital ikizler ağırlıklı olarak mekatronik olarak karmaŖık ürünlerin üretiminde uygulanmaktadır (Riedelsheimer vd., 2020). Mevcut endüstriyel tesisler, daha kısa ürün yaŖam döngüleri, kitlesel özelleŖtirme ve giderek yoğunlaŖan küresel rekabetin zorluklarıyla



yüzleşerek akıllı fabrikalara dönüşmektedir. Teknoloji ve yöntem odaklı işletmeler, çağdaş zorluklarla başa çıkmak için yeni olasılıkları güçlendirmektedir (Santos vd., 2019). Küreselleşme ve Endüstri 4.0'ın etkisiyle birlikte dijitalleşme gösteren iş dünyasının tüm unsurlarda olduğu gibi insan gücünde de bu dinamığa uyum sağlaması gerekmektedir. Mikro düzeyde işletmelerin, makro düzeyde ise hükümetlerin, halihazırda istihdama dahil olan bireyler için kısa ve uzun vadede işgücü planlamasını yeniden yapmaları önem kazanmaktadır (Yamamoto vd., 2019).

## **DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN ÖZELLİKLERİ**

Dijital ikiz, şirketlerin veya kullanıcıların tasarım ve geliştirmeden ürün yaşam döngüsünün sonuna kadar ilgilendikleri ürünün tam bir dijital ayak izine sahip olmalarına izin verebildiği için, dijital ikiz hem endüstrilerin hem de akademisyenlerin ilgisini çekmektedir (Tao vd., 2019). Dijital ikiz, yaşayan veya cansız bir fiziksel varlığın dijital bir kopyasıdır. Fiziksel ve sanal dünyaları birbirine bağlayarak kesintisiz bir veri aktarımı sağlamaktadır. Böylece sanal varlıkların fiziksel varlıklar ile aynı anda var olmasına izin vermektedir. Dijital ikiz teknolojisinin tanımı iki önemli özelliği vurgulamaktadır. İlk olarak, her bir tanım, fiziksel model ile sanal model arasındaki bağlantıyı belirtmektedir. İkincisi ise, gerçek zamanlı veri oluşturmak için sensörler kullanılarak bağlantıların sağlanmasıdır. Fiziksel nesnelere aslına uygun şekilde haritalandırmakta ve yalnızca fiziksel nesnelere tanımlamakla kalmaz, aynı zamanda modellere dayalı olarak fiziksel nesnelere de optimize etmektedir. Dijital ikiz teknolojisi, ürün yaşam döngüsünün farklı aşamalarında mevcut olup, her aşamada farklı öğeler tanıtılmaktadır. Bu nedenle dijital ikizin farklı performans formlarına sahip olduğu belirtilmektedir (He vd., 2020).

Dijital ikiz ile gerçek zamanlı verilerle yönlendirilen yüksek kaliteli sanal modeller, insan ve makineler arasında daha sürükleyici etkileşimleri desteklemek için gerçekçi bir dijital ortam oluşturulabilmektedir. Dijital ikiz verileri, ürün yaşam döngüsünden gerçek ve simüle edilmiş verileri entegre edebildiğinden, kullanıcılar hem fiziksel hem de sanal dünyaları açıklayan kapsamlı veriler elde edebilmekte ve böylece fiziksel varlıklar hakkında daha derin bir anlayış elde edebilmektedir. Kavramsal tasarımda dijital ikiz, tasarımcılar için hareketlerin yakalanabileceği bir simülasyon ortamı

sağlamaktadır. Ardından, sanal modele karşılık gelen yanıtları verebilmekte ve tasarımcılar sanal modeli simüle edilmiş dünyada görebilmekte, dokunabilmekte veya kullanabilmektedir. Tasarımcılar, kullanıcılardan gelen yeni taleplere ve kullanım ortamı verilerine dayanarak; tasarım özellikleri, ürün boyutu, konfor seviyesi, kullanım güvenliği gibi faktörleri ürün performanslarını etkileşimli olarak ölçebilme imkanına kavuşabilmektedir. Bu şekilde tasarımcılar kavramsal olanı oluşturabilmektedir. Tasarım doğrulamada sanal model, tasarımcıların ürünü test etmeleri için gerçekçi bir kullanım ortamı sağlamaktadır. Tasarımcılar dijital ikiz verilerine dayanarak simülasyon ortamında tasarım şemasını yinelemeli olarak revize edebilmektedir. Bu sayede kullanım deneyimi ve etkileşim etkisi daha iyi değerlendirilebilmekte ve ardından tasarım şeması erken bir aşamada optimize edilebilmektedir. Yeniden tasarımda, dijital ikiz verileri, tasarımcıların mevcut tasarım eksikliğini derinlemesine analiz etmelerine yardımcı olmak için önceki nesilden ürün tasarım verilerini, kullanım verilerini ve kullanıcı değerlendirme verilerini sağlamaktadır. Daha sonra tasarım şeması, kullanıcı taleplerinin ve ürün işlevlerinin yeni gereksinimlerini karşılamak için revize edilmesine ve optimize edilmesine imkan vermektedir. Ayrıca sanal model, tasarımcıların tasarımı etkileşimli bir modda değiştirip test etmeleri için gerçekçi bir ortam ve gerçek bir duyuşsal deneyim sağlamaktadır (Ma vd., 2019). Dijital ikiz genellikle bir sistemin bazı yönlerini temsil etmektedir. Dijital ikizin özellikleri aşağıda ifade edilmektedir (Moyné vd., 2020):

- Gerçek bir nesnenin kopyasıdır.
- Siber dünyada mevcuttur, yani bir yazılım varlığıdır.
- Genellikle bir veya daha fazla dijital ikiz müşterisine hizmet vererek, gerçek muadilinin var olduğu çevrenin bir yönünü olumlu bir şekilde etkileme amacı vardır.
- Amacına ulaşmak için modeller kullanmaktadır.
- Gerçek karşılığı ile bir tür senkronizasyon sağlamak için verileri kullanmaktadır.

Dijital ikiz verileri genellikle sırasıyla statik özellik verileri, gerçek zamanlı veriler ve ölçüm verileri olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Statik özellik verileri, makineler, kesici takımlar, iş parçaları ve fiziksel ortam bilgileri gibi fiziksel parçanın temel özelliklerini ifade etmektedir. Verilerin bu kısmı, dijital ikiz'in fiziksel

kısmını temsil etmektedir. Gerçek zamanlı veriler için, operasyon sürecinin durumunu farklı yönlerden temsil etmektedir. Fiziksel kısım genellikle işlem sırasında bazı gerçek zamanlı veriler sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, fiziksel kısmı yansıtmak için ultra yüksek doğruluk elde edilmesi için dijital ikiz verileri fiziksel dünyadan gerçek zamanlı verileri almak için çok sayıda veri toplama cihazı ve sensör gerektirmektedir. Alınan gerçek zamanlı veriler ve geçmiş veriler, dijital ikizin sanal bölümünü temsil etmektedir. Ölçüm verileri, işlem sırasında farklı ölçüm cihazlarından elde edilen ölçüm sonuçlarını ifade etmektedir (Zhu vd., 2019). Büyük veride olduğu gibi, dijital cihazların üretimini içeren teknolojilerdeki dinamik büyüme ve gelişme, büyük miktarda verinin üretilmesine neden olmaktadır. Bu veriler birbirleriyle etkileşime girmekte olup, cihazlarda, süreçlerde ve insanlarda anında yanıt alınmasına neden olmaktadır. İnternet dünyasına bağlı çeşitli elektronik cihazların birleşmesi, cihazların, iletişim standartlarının ve veri paylaşım mekanizmalarının standardizasyonunu gerektirmektedir (Augustine, 2020).

## **DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN İŞLEVLERİ**

Dijital ikiz, fiziksel üretim hatlarının dijital bir “kopya” ile işbirliği ile oluşturulan işlevsel bir sürekli süreç optimizasyon sistemidir. Şirketin operasyonları doğrudan üretim zinciri aracılığıyla optimize edebileceği, parametreleri ve üretim süreçlerini manipüle edebileceği dijital fabrika ortamını oluşturmada ve ürünü pazar gereksinimlerine uyarlamaktadır. Bu süre zarfında oluşturulan veriler, belirli bir ürünün ve üretim sürecinin kapsamlı bir resmini çizmektedir. Dijital ikiz, bilgileri sürekli olarak toplamakta ve değerlendirmektedir. Ayrıca üretim döngüsünü kısaltmaya ve düzene sokmaya, yeni ürünlerin piyasaya sürülme süresini kısaltmaya ve temeldeki süreçlerin verimsiz ayarlarını tespit etmeye izin vermektedir (Vachálek vd., 2017). Dijital ikiz, fiziksel alan ve bilgi alanı arasında gerçek zamanlı etkileşim ve daha fazla yakınlaşma için ortaya çıkan etkili bir yöntemdir. Teknolojiler, sanal modellerden gelen verilerden çok fiziksel ürün verilerine odaklanmaktadır. Bir yandan, tüm ürün yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında üretilen veriler, ürün yaşam döngüsünün farklı aşamaları arasındaki bilgileri oluşturabilmektedir. Öte yandan, sorunları çözmek için çok sayıda yinelenen veri mevcuttur. Dijital ikiz

simülasyon araçları, tasarımcıların tasarım döngüsünün başlarında performansı doğru bir şekilde tahmin etmelerini, birden çok tasarımı analiz etmelerini, birden çok fiziksel prototip ve pahalı testlere olan bağımlılığı azaltmalarını, maksimum performans için tasarımı optimize etmelerini, tasarım süresini ve maliyetini düşürmelerini sağlamaktadır (Sanglub vd., 2019).

Dijital ikiz, tasarımcıların beklentilerini yinelemeli olarak ayarlamalarına, tasarım modellerini iyileştirmelerine ve kişiselleştirilmiş ürün tasarımına ulaşmalarına rehberlik etmek için tasarım şemasının yinelemeli optimizasyonunu sağlamaktadır. Dijital ikizden yararlanılarak, sanal dünyadaki tasarım kusurunu doğru bir şekilde bulunabilmekte ve hızlı değişiklikler yapılarak tasarımın iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Daha sonra, kanıtlanmış ürün tasarımı, üretilecek akıllı atölyeye veya fabrikaya girilerek, hammadde girdisinden bitmiş ürünlerin çıktısına kadar tüm üretim süreci dijital ikiz aracılığıyla yönetilmekte ve optimize edilmektedir (Qi ve Tao, 2018). Bir dijital ikizin tam potansiyeli, dijital ikiz simülasyonu ile gerçek olayların oluşumu arasındaki zamansal ardışıklıkla özetlenebilmektedir. Bu açıdan dijital ikizlerin üç ana işlevi şunlardır (Glatt vd., 2020):

- *Tahmin*: Gerçek çalışma süresinden önce gerçek sistemin davranışını incelemek,
- *İzleme*: İzleme ve kontrol amacıyla gerçek sistemin durumunu tahmin etme,
- *Teşhis*: Gerçek sistemin çalıştırılmasından sonra beklenmeyen arızaların analiz edilmesidir.

Dijital ikiz, gereksinimlerden tasarıma, teste, üretime ve sahadaki ürünlerin davranışına ilişkin görünürlüğe kadar ürün sistemleri bilgilerinin veya dijital iş parçacığının bir görünümü etrafında evrensel veri erişimi sağlamaktadır. Dijital ikiz, özellik ve işlevsellik gereksinimlerini bildirmek için gerçek dünya ürün kullanımını ve durum verilerini analiz etmeye yardımcı olmaktadır. Bunun sonucunda pazara uyumu keskin bir şekilde geliştirmekte ve katma değerli hizmet sunumlarını mümkün kılmaktadır. Dijital ikiz, birleşik ve gerçek zamanlı görünürlük ve daha yüksek performansa yönelik içgörüler ve güvenle daha hızlı karar verme olanağı sağlamak için farklı ve dağıtılmış varlıklardan gelen verileri bir araya getirip analiz

edebilmektedir (Raj ve Surianarayanan, 2020). Fiziksel ve dijital alan yalnızca veri akışı ve iletişimi kolaylaştırarak değil, aynı zamanda fiziksel nesneyi yakın bir yakınlığa ihtiyaç duymadan izleyerek ve doğrulayarak birbirine bağlamaktadır. Dijital ikiz, çoğunlukla ürün tasarımı, mühendisliği ve imalatında geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bir dijital ikizin temel özelliği, fiziksel kısıtlamalar nedeniyle başka türlü ulaşılamayan bilgileri sağlamak için fiziksel dünyaya bir “dijital gerçeklik” yansıtabilmesidir. Nihayetinde dijital ikiz, tanımladığı fiziksel dünyayı etkilemektedir. Dijital ikiz, gerçek fabrika katında ürünlerin neredeyse gerçek zamanlı olarak sanal bir kopyası olarak hizmet etmektedir (Wong vd., 2020). Dijital dönüşümün ekonomisi, rakiplere ayak uydurabilmek ve büyümeye devam edebilmek için işletmeler için yeni kurallar belirlemektedir. Veriler; şirketler ve kişiler tarafından oluşturulmaktadır. İşletmelerin mevcut kurumsal Bilgi Teknoloji sistemleriyle doğru bir şekilde entegre edilmesi, üretim ve yönetim kararlarının alınmasında etkin bir temel oluşturmaktadır (Kozhukhov vd., 2019).

## **DİJİTAL İKİZ TEKNOLOJİSİNİN UYGULAMA ALANLARI**

Genellikle dijital ikiz teknolojisi, ürün yaşam döngüsü için sanal alanda simülasyon, optimizasyon ve doğrulama için kullanılmaktadır. Nihai üründe iyi geometrik kaliteyi sağlamak için dijital ikiz geliştirilmiş olup, konsept aşamasında ürün ve üretim sistemi tasarımı için kullanılmaktadır (Liu vd., 2019a). Dijital ikiz esas olarak, insanların hesaplamalı karar vermede yer alabilmesi ve üretim programında dikkate alınacak tercihlerini iletebilmesi için kullanılmaktadır. Üretim planlama ve kontrolün merkezi olmayan otomasyonu sayesinde, müzakerelerin teknik cihazların kendileri tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üretim laboratuvarında dijital ikiz, eşler arası ağın bir parçası olan ve böylece üretim kontrol sistemine bağlanan bir mobil uygulama olarak faaliyet göstermektedir (Graessler ve Poehler, 2018).

Endüstri 4.0, mevcut üretim teknolojilerinin modern bilgi ve iletişim teknolojileriyle birleşimidir. Bu gelişmenin arkasındaki itici güç, endüstrinin ve toplumun hızla dijitalleşmesidir. Akıllı fabrikalar akıllı ürünler üretmektedir. Minyatürleştirme ve fiyat düşüşü, bilgi, iletişim ve sensör teknolojilerinin en küçük ürünlere bile entegre edilebilme imkanı sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak ürünler hem kendi durumlarını hem de çevrelerinin durumunu hissedebilmektedir. Bu

verileri iŖleme ve iletiŖim yeteneği dijital ikizlerin oluŖturulmasına izin vermektedir (Haag ve Anderl, 2018). Bu teknolojiye örnek olarak; hasta sağlığı bilgileri ve gemiŖ takibi, proses tesislerinin evrimii operasyon takibi, trafik ve lojistik yönetimi, dinamik veri asimilasyonunun etkinleŖtirildiđi hava durumu tahmini, petrol ve su boru hatlarındaki sızıntıları tespit etmek için gerçek zamanlı izleme sistemleri, uyduların veya uzay istasyonlarının uzaktan kontrolü ve bakımı belirtilebilmektedir. Günümüzde ucuz sensörlerin ve iletiŖim teknolojilerinin mevcudiyeti, makine öğreniminin ve yapay zekanın olağanüstü baŖarısı gibi yeni geliŖmeler açısından, dijital ikiz konseptinin çeŖitli endüstri sektörlerinde devrim oluŖturacađı belirtilmektedir (Rasheed vd., 2020). Dijital ikiz teknolojisi, havacılık alanının talebinden kaynaklanmıŖ olup, Ŗimdi yavaŖ yavaŖ sivil alana doğru geniŖlemektedir (Zhao vd., 2020). Hastaların duysal verilerini okuyarak, moleküler düzeyde bile bir hastanın “dijital” bir temsili olan “sanal bir hasta” oluŖturulabilmektedir. Bu nedenle dijital ikiz, sağlık hizmetlerinde en son mühendislik çözümlerini sergilemek için de bir platform olarak karŖımıza çıkmaktadır (Jimenez vd., 2020).

Dijital ikizler, otonom nesnelere mevcut süreç durumunu ve kendi davranıŖlarını taklit etmesini sağlamaktadır. GemiŖ retim verileri sayesinde üreticiler, üretim sürecinin dijital bir modelini oluŖturmak için hesaplama yöntemleri uygulayabilirken, sensörlerden gelen gerçek zamanlı verilerin kullanımı israfı azaltabilmekte, verimi en st düzeye çıkarabilmekte ve yenilikler oluŖturabilmektedir (Papanagnou, 2020). Fiziksel atölyedeki her varlık, atölye dijital ikiz sistemine güvenilir bir Ŗekilde eŖleŖtirilebilir ve bu dijital ikizler, ilgili fiziksel varlıkların tüm yaŖam döngüsü boyunca alıŖmaktadır. rnek olarak; iŖleme planının optimum tasarımı, ekipman bakımı, evrimii hata ayıklama ve arıza tahmini belirtilebilmektedir. Sanal ve fiziksel alan arasındaki etkileŖim için köprü olan veri, dijital ikizin alıŖmasını ve güncellenmesini sağlamaktadır. Verilerin kullanımı, mevcut büyük veri çağında araŖtırmacıların dikkatini çekmektedir (Kong vd., 2020). Ŗu anda, dijital ikiz esas olarak ürün tasarımı ve hizmet yönetimi, imalat, ürün ömrü tahmini ve endüstrideki ekipmanın gerçek zamanlı izlenmesinde kullanılmaktadır. Dijital ikizin endüstriyel alandaki baŖarılı uygulamalarından, dijital ikizin tıp alanında da önemli bir rol oynayabileceği dŖnlmektedir. Örneğin, sağlık personeli için, araŖtırmacıların riskleri ve maliyetleri azaltmak için sanal hastalarda

ilaç deneyleri ve testleri yapmasına yardımcı olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, dijital ikiz modeline göre, tıp uzmanlarının veya doktorların hastaları şahsen görmesine gerek yoktur. Dijital ikiz modellerinden alınan çeşitli gerçek zamanlı dinamik verilere dayanarak semptomları belirleyebilmekte, tedavi planlarını reçete edebilmekte ve sanal bir platformda model yinleme yoluyla tedavi seçeneklerini optimize edilebilmektedir. Tıbbi cihaz kuruluşları için, tıbbi cihazların gerçek zamanlı izleme, yapısal ömür tahmini ve cihaz yönetimini yapabilmektedir. Hastalar için dijital ikiz, dijital ikiz modelleri aracılığıyla fizyolojik durumlarını gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte ve bilgi verilerini hastalara gerçek zamanlı olarak iletebilmektedir (Liu vd., 2019b). Dijital ikiz, makine performansı ve üretim hattı geri bildirim hakkında gerçek zamanlı durum verme potansiyeline sahiptir. Üreticiye sorunları daha erken tahmin etme yeteneği vermektedir. Dijital ikiz kullanımı, cihazlar arasındaki bağlantıyı ve geri bildirim artırmaktadır. Dolayısıyla güvenilirliği ve performansı iyileştirmektedir. Dijital ikizlerin diğer bir uygulaması, en çok Tesla tarafından gösterilen otomotiv endüstrisinde görülmektedir. Bir motorun veya araba parçasının dijital ikizine sahip olma yeteneği, ikizin simülasyon ve veri analizi için kullanılması açısından değerli olabilmektedir. Yapay zeka, bileşenlerin mevcut ve gelecekteki performansını tahmin etmek için gerçek araç verileri üzerinde veri analitiği gerçekleştirebildiği için testin doğruluğunu artırmaktadır. İnşaat sektörü, dijital ikiz kullanımı için bir dizi uygulamayı barındıran başka bir sektördür. Bir binanın veya yapının geliştirme aşaması, dijital ikiz için potansiyel bir uygulamadır. Teknoloji yalnızca akıllı şehir binalarının veya yapılarının geliştirilmesinde değil, aynı zamanda sürekli bir gerçek zamanlı tahmin ve izleme aracı olarak da uygulanabilmektedir. Dijital ikiz ve veri analitiğinin kullanımı, sanal olarak daha sonra fiziksel olarak uygulanan herhangi bir değişiklikte binaları ve yapıları tahmin ederken ve sürdürürken potansiyel olarak daha fazla doğruluk sağlamaktadır (Fuller vd., 2020). Bu nedenle işletmeler, teknolojinin gelişme hızı ve dijitalleşmenin artması ile iş modellerini, ürün ve hizmetleri, müşterilerin deneyimlerinin olumlu olmasını ve iş yapış şekillerinin iyileştirilmesini sağlamak için dijitalleşmeye ayak uydurmak zorunda kalmaktadır. Kurumların dijitalleşmesi stratejik yönetim süreçlerini ve dolayısıyla stratejik karar aşamalarını da doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda dijitalleşmiş yenilikçi kurumlarda iş görülenler, daha yaratıcı fikirler geliştirerek

yönetici ve kurumlarının gelişimini de pozitif yönde desteklemektedir (Gözde, 2020).

## SONUÇ

Küreselleşme ve Endüstri 4.0'ın etkisiyle birlikte dijitalleşme işletmeler açısından kaçınılmaz bir durum olmaktadır. İşletmeler dijital dönüşüm süreci ile birlikte iş yapma biçimlerinde ve yönetim anlayışlarında önemli yenilikler yapabilme fırsatını yakalamaktadır. Dijital dönüşüm sürecinde işletmelerin akıllı cihazları yaşamın içine entegre etmesi birçok yararı ve avantajı beraberinde getirmektedir. İşletmelerin dijital dönüşüm sürecindeki dijital ikiz teknolojisi, fiziksel varlığın sanal bir kopyası olup, sensörler aracılığıyla verilerin toplanarak yazılımlar vasıtasıyla işlenmesi sonucunda işletmeler ürün ve hizmet oluşturarak birçok avantajı elde etmektedir. Bu avantajlardan en önemlisi ise maliyet açısından tasarruftur. Çünkü bir ürünün üretim aşamasından önce sanal ortamda teste tabi tutulması ve elde edilen sonuçların başarılı olması durumunda üretim başarılı bir biçimde gerçekleşmektedir. Dijital ikiz teknolojisi, işletmelerin operasyonel verimliliği dönüştürmesine, güvenliği arttırmasına ve üretim üzerinde etkin olarak rol alarak artış sağlamasında önemli bir etkidir. Bununla birlikte endüstriyel kuruluşlar dijital ikiz teknolojisi sayesinde, ürünleri izleyebilme, teşhis edebilme ve düzeltebilmek için sanal model yaklaşımını benimsemeleri gerekmektedir. Dijital ikiz teknolojisi ile entegre biçimde çalışmakta olan sensör araçlarının ucuzlaması ve yazılımın her geçen gün gelişmesi ile yaşamımızda hızlı biçimde yerini almaktadır.

Dijital dönüşüm sürecinde insanlar, gelişmiş makineler üzerinde etkin bir rolü bulunmaktadır. İşletmenin hedeflerine ulaşmasında insan, fiziksel sistemlerle birlikte çalışan önemli bir aktif oyuncu olarak rol oynamaktadır. Dijital ikiz teknolojileri, sanal ve gerçek dünyanın birlikte işler hale getirilmesi ve çözüm yollarının üretilmesi gibi birçok faktör sunmaktadır. Bu nedenle işletmeler ürün ve hizmetleri, iş yapış şekillerinin iyileştirilmesini, müşteri deneyimlerinin olumlu olmasını sağlayabilmek için dijitalleşmeye ayak uydurmak zorunda kalmaktadır. Dijital ikiz teknolojisi, sanal ve fiziksel alanı bütünleştiren bir sistem olup, sosyal sorunları çözerek ekonomik ilerlemenin dengelenmesinde önemli biçimde yer almaktadır. Bu nedenle, işletmelerin rekabet avantajlarını koruyarak yaşamlarını



sürdürebilmesi için dijitalleşme sürecindeki avantajları takip etmesi ve sürekli gelişme sağlaması gerekmektedir. Bunun sonucunda işletmelerin yönetim süreçlerinde ve stratejik karar alabilmelerinde dijital dönüşüm önemli birçok avantaj sunmaktadır. İşletmeler dijitalleşme sürecinde tüm unsurlarda uyum sağladığı gibi, insan gücünde de bu değişime uyum sağlanması zorunlu bir durum olmaktadır. Dijitalleşme süreci ile birlikte hızlı değişim süreci, işletmeleri yeni yönetim anlayışları üzerinde yeniden düşünmeye sevk etmektedir. İşletmelerin dijital dönüşüm sürecini benimsemeleri; iş kalitesini, iş yapma hızını ve karlılığını olumlu biçimde etkilemektedir. Dijital dönüşüm sürecindeki teknolojilerden biri olan dijital ikiz teknolojisinin kullanılması işletmelere birçok açıdan önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak, bütün bu getirilerin yanı sıra bazı ikilemleri de düşünmek gerekmektedir. Teknolojinin oyun kurucu yapısı ortaya konduğunda, insanın ve yaşamın anlamı da değişmektedir.

Bilgisayarların, algoritmaların ve yapay zekanın keskin gerçeklik algısı karşısında, sanal yaşamı kurgulayan insan doğasının da çelişkilerle dolu yapısının sorgulanması kaçınılmaz olmaktadır. Böylece, insan gerçekliği sanallaştırırken bilgi fırtınası içinde daha çok şey algıladıkça, kendine daha çok yabancılaşmaktadır. Bu da, insan yaratıcılığının giderek dijital teknolojiye kaydığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, şu da açıktır ki, yapay zeka hem kolaylık sağlamakta, hem de bize ait bilgilerimizi kolayca paylaşmaktadır. Bu durum, teknoloji karşısında insanın yarattığı sanal gerçekliğin bizleri robotlaşmaya mı itecek sorusunu ve Endüstri 5.0'in ne derece etkili olabileceğini gündeme getirmektedir.

## KAYNAKÇA

Augustine, P. (2020). The Industry Use Cases for the Digital Twin idea. In *Advances in Computers*, 117(1), 79-105.

Barann, B., Hermann, A., Cordes, A. K., Chasin, F. ve Becker, J. (2019). Supporting Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises: A Procedure Model Involving Publicly Funded Support Units. In *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*.

Fuller, A., Fan, Z., Day, C. ve Barlow, C. (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. *IEEE Access*, 8, 1-21.

- Gao, S., Hakanen, E., Töytäri, P. ve Rajala, R. (2019). Digital Transformation in Asset-Intensive Businesses: Lessons Learned from the Metals and Mining Industry. In *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 4927- 4936.
- Glatt, M., Sinnwell, C., Yi, L., Donohoe, S., Ravani, B. ve Aurich, J. C. (2020). Modeling and Implementation of a Digital Twin of Material Flows Based on Physics Simulation. *Journal of Manufacturing Systems*, 1-15.
- Gopinath, V., Srija, A., ve Sravanthi, C. N. (2019). Re-design of Smart Homes with Digital Twins. In *Journal of Physics: Conference*, IOP Publishing, 1-9.
- Gözde, M. (2020). Kurumların Stratejik Yönetim Süreçlerinde Dijitalleşmenin Rolü. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(22), 41-58.
- Graessler, I. ve Poehler, A. (2018). Intelligent Control of an Assembly Station by Integration of a Digital Twin for Employees into the Decentralized Control System. *Procedia Manufacturing*, 24, 185-189.
- Guo, D., Zhong, R. Y., Lin, P., Lyu, Z., Rong, Y. ve Huang, G. Q. (2020). Digital Twin-Enabled Graduation Intelligent Manufacturing System for Fixed-Position Assembly Islands. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63, 1-13.
- Haag, S. ve Anderl, R. (2018). Digital Twin–Proof of Concept. *Manufacturing Letters*, 15, 64-66.
- He, B. ve Bai, K. J. (2020). Digital Twin-Based Sustainable Intelligent Manufacturing: A Review. *Advances in Manufacturing*, 1-21.
- Ilvonen, I., Thalmann, S., Manhart, M. ve Sillaber, C. (2018). Reconciling Digital Transformation and Knowledge Protection: A Research Agenda. *Knowledge Management Research ve Practice*, 16(2), 235-244.
- Jimenez, J. I., Jahankhani, H. ve Kendzierskyj, S. (2020). Health Care in the Cyberspace: Medical Cyber-Physical System and Digital Twin Challenges. In *Digital Twin Technologies and Smart Cities* (pp. 79-92). Springer, Cham.
- Johansen, S. S. (2018). *On Developing a Digital Twin for Fault Detection in Drivetrains of Offshore Wind Turbines* (Master's thesis, NTNU).
- Josifovska, K., Yigitbas, E. ve Engels, G. (2019). A Digital Twin-Based Multi-Modal UI Adaptation Framework for Assistance Systems in Industry 4.0. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 398-409). Springer, Cham.

- Kong, T., Hu, T., Zhou, T. ve Ye, Y. (2020). Data Construction Method for the Applications of Workshop Digital Twin System. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Kozhukhov, Y. V., Marchenko, R. S., Ilyin, I. V., Aksenov, A. A. ve Nguyen, M. H. (2019). An Architectural Approach to Process Control of Gas Compressor Stations with a Low Temperature Separation Gas Preparation Unit Based on a Digital Twin. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 140, p. 10007). EDP Sciences.
- Kutnjak, A., Pihiri, I. ve Furjan, M. T. (2019). Digital Transformation Case Studies Across Industries—Literature Review. In *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. IEEE, 1293-1298.
- Liu, J., Du, X., Zhou, H., Liu, X., Ei Li, L. ve Feng, F. (2019a). A Digital Twin-Based Approach for Dynamic Clamping and Positioning of the Flexible Tooling System. *Procedia CIRP*, 80, 746-749.
- Liu, Y., Zhang, L., Yang, Y., Zhou, L., Ren, L., Wang, F. ve Deen, M. J. (2019b). A Novel Cloud-Based Framework for the Elderly Healthcare Services Using Digital Twin. *IEEE Access*, 7, 49088-49101.
- Ma, X., Tao, F., Zhang, M., Wang, T. ve Zuo, Y. (2019). Digital Twin Enhanced Human-Machine Interaction in Product Lifecycle. *Procedia CIRP*, 83, 789-793.
- Mirković, V., Lukić, J., Lazarević, S. ve Vojinović, Ž. (2019). Key Characteristics of the Organizational Structure that Supports Digital Transformation. *24th International Scientific Symposium Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 255-261.
- Moyne, J., Qamsane, Y., Balta, E. C., Kovalenko, I., Faris, J., Barton, K. ve Tilbury, D. M. (2020). A Requirements Driven Digital Twin Framework: Specification and Opportunities. *IEEE Access*, 8, 107781-107801.
- Nwankpa, J. K. ve Roumani, Y. (2016). IT Capability and Digital Transformation: A Firm Performance Perspective. *Thirty Seventh International Conference on Information Systems*, 1-16.
- Papanagnou, C. I. (2020). A Digital Twin Model for Enhancing Performance Measurement in Assembly Lines. In *Digital Twin Technologies and Smart Cities* (pp. 53-66). Springer, Cham.

Pihir, I., Tomičić-Pupek, K. ve Furjan, M. T. (2018). Digital Transformation Insights and Trends. In *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*. Faculty of Organization and Informatics Varazdin, 141-149.

Pihir, I., Tomičić-Pupek, K. ve Tomičić Furjan, M. (2019). Digital Transformation Playground-Literature Review and Framework of Concepts. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 43(1), 33-48.

Qi, Q. ve Tao, F. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. *Ieee Access*, 6, 3585-3593.

Rabah, S., Assila, A., Khouri, E., Maier, F., Ababsa, F., Maier, P. ve Mérienne, F. (2018). Towards Improving the Future of Manufacturing through Digital Twin and Augmented Reality Technologies. *Procedia Manufacturing*, 17, 460-467.

Raj, P. ve Surianarayanan, C. (2020). Digital Twin: The Industry Use Cases. In *Advances in Computers*, 117(1), 285-320.

Rasheed, A., San, O. ve Kvamsdal, T. (2020). Digital Twin: Values, Challenges and Enablers from a Modeling Perspective. *IEEE Access*, 8, 21980-22012.

Riedelsheimer, T., Dorflhuber, L. ve Stark, R. (2020). User Centered Development of a Digital Twin Concept with Focus on Sustainability in the Clothing Industry. *Procedia CIRP*, 90, 660-665.

Sanglub, A., Nilsook, P. ve Wannapiroon, P. (2019). Imagineering on Augmented Reality and Digital Twin for Digital Competence. *International Journal of Information and Education Technology*, 9(3), 213-217.

Santos, R., Basto, J., Alcalá, S. G., Frazzon, E. ve Azevedo, A. (2019). Industrial IoT integrated with Simulation—A Digital Twin approach to support real-time decision making. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 816-823.

Tanmay, R. S., Madhulika, T. (2018). Digital Twin: Intersection of Mind and Machine. *Proceedings of International Conference on Computational Intelligence ve IoT (ICCIoT) 2018*.

Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B. ve Nee, A. Y. C. (2019). Digital Twin-Driven Product Design Framework. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3935-3953.

- Teichert, R. (2019). Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1673-1687.
- Terzi, E. ve Boylu, Y. (2019). Türkiye ve Dünya’da Tersine Mentorluk: Kuşaklar Bazında Farklılaşan İş Değerleri ve Gençlerin İşten Ayrılma Niyeti Açısından Bir İnceleme. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(4), 3283-3322.
- Vachálek, J., Bartalský, L., Rovný, O., Šišmišová, D., Morháč, M. ve Lokšík, M. (2017). The Digital Twin of an Industrial Production Line within the Industry 4.0 Concept. In *2017 21st International Conference on Process Control (PC)* (pp. 258-262). IEEE.
- Vial, G. (2019). Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144.
- Wong, E. Y., Mo, D. Y. ve So, S. (2020). Closed-Loop Digital Twin System for Air Cargo Load Planning Operations. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1-13.
- Yamamoto, G., Zümrüt, N. ve Altun, D. (2019). Dijital Dünyada Analog Kalmamak için İnsan Kaynaklarının Dönüşümü. Proceedings of the International Congress on Business and Marketing, 360-370.
- Yi, Y., Yan, Y., Liu, X., Ni, Z., Feng, J. ve Liu, J. (2020). Digital Twin-Based Smart Assembly Process Design and Application Framework for Complex Products and Its Case Study. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Zambrano, V., Rodríguez-Barrachina, R., Calvo, S. ve Izquierdo, S. (2020). Twinkle: A Digital-Twin-Building Kernel for Real-Time Computer-Aided Engineering. *SoftwareX*, 11, 100419.
- Zhao, P., Liu, J., Jing, X., Tang, M., Sheng, S., Zhou, H. ve Liu, X. (2020). The Modeling and Using Strategy for the Digital Twin in Process Planning. *IEEE Access*, 8, 41229-41245.
- Zhu, Z., Liu, C. ve Xu, X. (2019). Visualisation of the Digital Twin Data in Manufacturing by Using Augmented Reality. *Procedia CIRP*, 81, 898-903.

# **Yapay Zeka Algoritma Önyargılarına Yönelik Analiz: Kalitatif Ön Test Çalışması**

**Atik Kulaklı**

*American University of the Middle East, Kuwait*  
**(0000-0002-2368-3225)**

**Büşra Kulaklı**

*Sorbonne Université, France*  
**(0000-0003-2285-4894)**

## GİRİŞ

Yapay zeka çalışmaları hemen hemen her alanda çeşitli iş uygulamaları ile karşımıza çıkmaktadır. Yapay zekaya ilişkin yoğunlaşan ilgi mühendislik alanlarında gerçekleşmiş ve dolayısıyla çeşitli endüstri ve sektörlerle yönelik iş yaklaşımları ile ivme kazanmıştır. Bilişim teknolojilerinde sağlanan gelişim hızı, yapay zeka uygulamalarının artan oranda kullanımına ve yaygınlaşmasına yol açmıştır. Ürün ve hizmetler gün geçtikçe yapay zeka ile donatılan ve içerik açısından zengin çeşitliliğe sahip bulunmaktadır. Kullanılan teknolojinin temel uygulama süreci, belirli bir algoritma çerçevesinde yazılıma yön verilmesi ile başlamakta ve dolayısı ile donanım bileşenleri ile uyumlu bir yapı üzerinden hedeflenen iş sonuçlarına ulaşılmaktadır. Farklı sektörlerde gerçekleştirilen ve iş ihtiyaçlarına yönelik oluşturulan algoritmalar, yazılım bileşeninin önemli bir unsurunu teşkil etmektedir. Makina öğrenmesi, derin öğrenme, veri bilimi ve analitiği, chatbot, robo-danışmanlar, robot süreç otomasyonu, büyük veri uygulamaları, ile diğer bilişim teknolojileri uygulamaları algoritmaların kullanıldığı farklı alanlara örnek olarak gösterilebilir. Bu teknolojiler ses tanıma, görüntü ve doğal dil işleme, metin otomasyon ve analizi, bibliometrik tanımlama ve muhakeme fonksiyonlarını yerine getirmektedir.

Bilgisayar yazılımı, insan bilgi ve emeğine dayalı olup, algoritmaların kişiler tarafından programlama teknik ve gereksimlerine göre kodlandığı ve yaratıldığı bir süreçtir. Yazılımın insan bilgi ve becerileri ile gerçekleştirilmesi çeşitli eksiklikler ve önyargılara sahip olması sonucunu doğurmaktadır. Bu bağlamda bu tür sapmaların etki derecesi ve kaynaklarının tespiti önem arz etmektedir. Literatürde bilişim alanında yapılan çalışmalar, yapay zeka uygulamalarında algoritma önyargılarının temellerinin bulunması, analiz edilmesi ve giderilmesine yönelik bir dizi etkinliğin ortaya konulmasına odaklanmıştır.

Çalışma, yapay zeka algoritma yargı problemini genel kapsamı ile ortaya koymak, çeşitli örnekler ile karşılaştırmalı olarak müzik sosyolojisi bağlamında değerlendirmek üzerine odaklanan bir analiz içermektedir. Müzik eserlerinin yaratım sürecinde yapay zeka algoritma önyargıları, diğer uygulama alanlarında karşılaşılan problemlerle benzerlik göstermektedir. Bölüm konunun genel hatlarının ve probleminin ortaya konulması, çeşitli sektörlerle

uygun örneklerin değerlendirilmesi ile müzik eserleri yaratım sürecinde yapay zeka uygulama olanaklarının tespitine yönelik hali hazırda sürmekte olan sosyolojik saha çalışmasına dayanmaktadır. Projeye ilişkin önbulguların tartışmaya açılması ve araştırmanın geliştirme sürecine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Yapay zeka uygulamaları, son zamanlarda işletme ve mühendislik literatüründe büyük ilgi görmektedir. Büyük veri ve yapay zekaya ilişkin ilgi, artan oranda yeni uygulamalar ile günlük yaşamı şekillendirmekte ve çeşitli fırsatlar ve yanısıra zorluklar da getirmektedir (Kulaklı ve Osmanaj, 2020). Benzeri şekilde sağlık ve akademik alanlardaki ilginin nedeni, birçok alanda hızlı ilerleme kaydeden veri toplama ve işleme gücündeki artışla birlikte etkili makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarının yükselişidir (Begley vd., 2020). Bilginin yaratım süreci bireyin entellektüel katılımı ve organizasyonun bilgi paylaşımını destekleyen, motivasyonu teşvik eden iş süreçleri ile etkin hale getirilir (Kulaklı, 2005). Şirketler insan önyargılarını azaltma, maliyet avantajı sağlama ve işe alım sürecinde artan oranda yapay zeka uygulamalarına yer vermektedirler (Yarger vd., 2019). Bu teknolojiler, beraberinde felsefik ve pratik sorunlar getirmektedir. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, makine öğrenimi algoritma önyargısının toplum üzerindeki etik ve ahlaki etkisine odaklanmıştır (Sun vd., 2020). Ayrıca ilave olarak; algoritmik önyargının bireylerle yinelemeli bir şekilde etkileşim içinde bulunduğunu ve algoritmaların performansı üzerinde uzun vadeli bir etkisinin olduğunu savunmuşlardır. Bunu yinelenen üç algoritmik önyargı (kişiselleştirme filtresi, aktif öğrenme ve rastgele) biçimi üzerinden gerçekleştirildiğini araştırmışlardır.

Algoritmik tahminler, sağlık ve sosyal hizmetlerin sunumunu belirlemek, devlet kaynaklarını tahsis etmek ve suç davranışını veya faaliyeti tahmin etmek için kullanılmıştır (Burk, 2021). Bu tür yapay zeka sistemlerinin konuşlandırılması, algoritmik önyargı, adalet (Paulus ve Kent, 2020), şeffaflık ve gerekli süreçlerle ilgili soruları gündeme getirdi. Miron vd. (2020) yaptıkları çalışmada genel amaçlı makine öğrenme algoritmaları ile suçluların risk tahminlemesini yüzlerce vaka üzerinden analiz etmiş ve sonuçlarını araştırmışlardır. Çalışmada yabancılar ve kadınlarla ilgili verilerde varolan algoritmik



önyargının olası nedeninin makine öğrenimi teknikleri özellikleri açısından da değerlendirildiğinde, demografik bilgilerden ve suç geçmişiinden uzaklaşıldığı görülmüştür. Marachi ve Quill (2020) eğitim sektörüne yönelik yaptıkları çalışmada konunun önemini anlaşılmasına rağmen tahminlemeye dayalı analizlerde algoritmik önyargıların bulunduğunu tespit etmişler ve Polack (2020) şeffaflık, etik ve yasal alanlarda uygulayıcıların kullandıkları yazılımlar karşısında korunmaları gerektiğini savunmuştur.

Van Berkel vd. yaptıkları çalışmada, yapay zekaya ilişkin teknik gelişmelerin karar alma süreçlerinde çeşitli fırsatlar sağladığını belirlemişler ve insan-merkezli iş ortamlarında yapay zeka uygulamalarının ahlak perspektifinde (adalet, hesap verebilirlik ve şeffaflık) ele alınmasının önemini katılımcılardan aldıkları geri bildirim ile tespit etmişlerdir (Van Berkel vd., 2020). Uluslararası kabul görmüş Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na göre, Akıllı Enformasyon Sistemleri (büyük veri analizi, yapay zeka uygulamaları kapsamında yer alan makine öğrenme teknolojileri) büyük oranda büyüme, etkinlik, karlılık ve sosyal refahı desteklemekte ve yarar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, Akıllı Enformasyon Sistemleri kullanımının bir sonucu olarak algoritmik önyargıların, şirket içinde çalışanların iş kaybına yönelik gözetlenmesine ilişkin önemli etik endişeler vardır (Ryan vd., 2020).

Abul-Fottouh vd. (2020) YouTube'un aşı videoları önerilerindeki algoritmik önyargıları incelemişlerdir. Sonuç olarak, popüler yanlış bilgiler nedeniyle mevcut algoritmik önyargılar yayılabilmektedir. Çalışma, YouTube'un tavsiye sistemlerinin, kullanıcıların YouTube'da keşfettiği aşı bilgisi türleri üzerindeki etkisini göstermektedir. YouTube gibi sosyal medya platformlarının hangi içeriğin öne çıkarılacağına ve kullanıcılarına önerileceğine nasıl karar verdikleri konusunda algoritmik şeffaflığın önemine değinmişler ve tartışmayı bu noktaya taşımışlardır.

Algoritmik önyargı üzerine yapılan son çalışmalar, teknoloji tasarım süreçlerine gömülü değerleri anlamının sosyal zararı önlemek için önemli olduğunu göstermiştir (Inwood ve Zappavigna, 2021). Tahmine dayalı algoritmalar, karar vermeyi desteklemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Paulus vd., 2020; Yuluğkural vd., 2005). Yapılan çalışma, potansiyel önyargı kaynaklarını gözden geçirme ve algoritmik

önyargıları teşhis etme ve düzeltme yolları üzerine odaklanmıştır. Buna ilave olarak Sperger vd. (2020) yaptıkları çalışmada sağlık verilerini ölçmek için kullanılan sensörler, giyilebilir cihazlar ve akıllı telefonlardaki (Kulaklı ve Shubina, 2020a; Kulaklı ve Shubina, 2020b) teknolojik gelişmelerin algoritmik önyargıya sahip olma olasılığını incelemişler ve veriye dayalı karar destek araçlarının giderek daha fazla kullanıldığı bir geleceğe işaret etmişlerdir. Olası gelişmeler beraberinde bir sürü teknik, karmaşık, uygulamalara ilişkin önyargılara sahip olabilir, önemli olan bunları hızla tespit edip gerekli düzenlemeleri gerçekleştirmektir.

Veriye dayalı yöntemlerin birçok faydasının yanısıra uygulama hatalarına sahip olma ve hataları sürdürme etkisinin bulunabildiği, etik olma potansiyeli açısından büyük bir endişe kaynağı doğurabildiği gözlemlenmiştir. Bu endişeye neden olarak, veriye dayalı yöntemlerin istemeden hem mevcut insan önyargılarını kodlayabileceğini hem de yenilerini ortaya koyabileceğini göstermiştir (Chouldechova ve Roth, 2020). Geniş kapsamlı yapılan algoritmik önyargı araştırmalarında konunun tüm boyutları ile ortaya konulamamasının potansiyel nedenleri arasında, algoritmik ilişkileri açık bir şekilde açıklamak için yaygın teknik jargonun eksikliğinin rol oynayabileceği öne sürülmüştür (Rozado, 2020). Buna ilave olarak; algoritmik önyargının sosyoteknik bir yaklaşım olduğu öne sürülen çalışmada, cinsiyet alanındaki farklılıkların kültür, yapısal eşitsizlik bağlamında önyargıyı analiz etmek ve azaltmak için çok önemli bir referans noktası olduğunu belirtilmiştir (Draude vd., 2020).

Unkel ve Haim (2019) Almanya federal seçim kampanyasında medya kullanımına ilişkin süreci incelemişler ve anket sonuçlarına göre yeni medya ve arama motoru kullanımındaki önyargıların politika üzerinde kitleleri etkileme kapasitesinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bir diğer çalışmada yetenek yönetimi kapsamında kullanılan iyi tasarlanmış yazılımların dahi tarafsız sonuçlar içermediği ve ahlaki-yasal bazı kabul edilemez kararlara neden olduğu belirtilmiştir (Yarger vd., 2019). Sonuç olarak; feminist tasarım düşüncesi, adaletin ne anlama geldiğine dair daha zengin bir anlayış geliştirmek ve yapay zeka yazılımının marjinalleşmiş nüfusu nasıl etkileyebileceğini değerlendirmek için bir çerçeve sağladığı görüşünü ileri sürmüşlerdir.

Toplumsal cinsiyet çalışmaları, farklı bilimsel disiplinler açısından ele alınmalı ve algoritmik önyargılar sosyal etkileri gözönünde bulundurularak analiz edilmelidir (Tannenbaum vd., 2019). Tıp alanında kullanılan teknolojiler hastalık sonuçlarını yüksek oranda doğruluk ve kalite düzeyinde sağlamalı, algoritmik önyargı konularını en az düzeye indirgeyebilmelidir (Kelly vd., 2019).

## **YAPAY ZEKA ALGORİTMA ÖNYARGILARI**

Bu kısımda yapay zeka algoritmasına ilişkin genel kavramlar, yöntem ve konunun çeşitli uygulama örnekleri ile müzik sosyolojisi kapsamındaki ön bulgular tartışılacaktır.

### ***Yapay Zeka Algoritma Önyargısı Kavramı***

Yapay zeka önyargısı, makine öğrenimi algoritmalarının çıktısındaki bir anormalliktir. Bunlar, algoritma geliştirme sürecinde yapılan önyargılı varsayımlardan veya eğitim verilerindeki önyargılardan kaynaklanıyor olabilir. Temel nedenleri incelendiğinde algoritmaları yaratan ve tasarlayan kişilerin psikologlar tarafından da tanımlandığı üzere bilişsel önyargılara sahip olmalarıdır. Tasarımcıların bilmeden kodlama esnasında önyargıları modele tanıtıyor ve dahil ediyor olmaları problemin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Diğer önemli neden ise tamamlanmamış veri eksikliğinden kaynaklanan bir eğitim veri setinde önyargıların bulunmasıdır.

Algoritmik önyargı, otomatik özellik analizi için modern ardışık düzenler tarafından ancak kısmen ele alınabilen bir engel olarak ortaya çıktı (Boman vd., 2020). Buna ilave olarak algoritma önyargısı genellikle makine öğrenimi programları, programcıların bu tür önyargıları dahil etmek için herhangi bir yönlendirilmiş çabası olmadan eğitim verilerinde yansıtılan sosyal kalıpları devralır (Johnson, 2020). Önyargı, algoritmalara çeşitli şekillerde girebilir. Yapay zeka sistemleri, cinsiyet, ırk veya cinsel yönelim gibi hassas değişkenler kaldırılrsa bile, önyargılı insan kararlarını içerebilen veya tarihsel veya sosyal eşitsizlikleri yansıtabilen eğitim verilerine dayalı kararlar almayı öğrenir.

Yarger vd. çalışmalarında Chou vd. nin yaptıkları çalışmadan alıntı yaparak algoritma önyargılarını kategorize etmişlerdir (Yarger vd., 2019). Buna göre; “**Veri seti önyargısı** (makina öğrenme eğitim verisinde kısıtlı çeşitlilik örneğin ses tanıma teknolojileri),

***İliŖkilendirme önyargısı*** (Bir modeli eğitmek için kullanılan verilerin kültürel bir önyargıyı güçlendirmesi ve çoğaltması örneğın cinsiyet varsayımları yapan dil çeviri araçları), ***Otomasyon önyargısı*** (otomatik kararlar sosyal ve kültürel faktörleri geçersiz kılabilir örneğın yüz görüntülerinde Avrupa güzellik anlayışını pekiştiren güzelleştirme fotoğraf filtreleri), ***Etkileşim önyargısı*** (kişiler yapay zeka ile etkileşime girer ve önyargılı sonuçlar doğar örneğın chatbot sohbet ortamında kasıtlı olarak cinsiyetçi dil kullanımı) ve ***Onay önyargısı*** (bir grup veya birey için basitleştirilmiş kişiselleştirme örneğın yönetici pozisyonları için iş ilanlarında sadece erkeklere yönelik ilanların yer alması) dır.

Yapay zeka algoritma önyargısı tamamıyla giderilebilir mi sorusuna genel cevap verilirse bunun ancak veri kalitesi ile mümkün olduğu ve temizlenmiş algoritma eğitim veri seti sayesinde gerçekleştirilebileğı öne sürülebilir. Silberg ve Manyika (2019) yayınladıkları çalışmada, yapay zeka ve makina öğrenme önyargılarını ortadan kaldırmak ve azaltmak için bir dizi uygulama adımı önermiştir. Buna göre; “algoritmanın ve bağılı verinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, önyargının kaldırılmasına yönelik teknik, operasyonel ve organizasyonel çerçeveleri kapsayan stratejilerin belirlenmesi, eğitim verilerindeki önyargıları belirlerken, insan odaklı süreçlerin nasıl iyileştirilebileceğinin düşünülmesi, otomatik karar vermenin tercih edilmesi gereken kullanım durumlarına karar verilmesi, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine odaklanmak ve yapay zeka topluluğı (tasarımı) içinde çeşitliliğı sağlamak ve farklı çalışanları sürece dahil etmek” sayılabilir.

### ***Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi***

Çalışmanın amacı ve kapsamı yapay zeka algoritma önyargılarına yönelik kavramları ve problemleri literatürdeki son gelişmeler ışığı altında incelemek, çeşitli uygulama örnekleri ile karşılaştırmalı olarak müzik sosyolojisi kavramı çerçevesinde değerlendirmektir. Müzik eserlerinin yaratım sürecinde yapay zeka algoritma önyargıları, diğeri uygulama alanlarında karşılaşılan problemlerle benzerlik göstermektedir. Sosyolojik anlamda algoritmik önyargılar şeffaflık, etik ve yasal alanlara ilişkin konularda uygulayıcıların korunmasına odaklanmış olup, toplumsal sorunların giderilmesinde önem kazanmaktadır. Çok geniş bir perspektifte yer alan araştırmalar

teknolojik tasarım süreci, karar verme ve tahminleme, akıllı iş sistemleri kullanımı, sağlık sektöründe teşhis ve tedavi aracı, toplumsal iletişim, medya yönetimi, cinsiyet bazlı çalışmalar, vb. birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede aşağıdaki araştırma soruları hazırlanmıştır:

*Yapay zeka algoritmaları vaatmiş olduğu tarafsızlık ve eşitlik ilkelerine uyuyor mu?*

*Müzik eseri üretiminde kadın ve erkek bestecilerin uygulamada karşılaştığı sorunlar nelerdir?*

*Algoritma önyargılarının cinsiyete göre potansiyel etkileri nelerdir?*

Çalışma, Paris şehrinde yapay zeka ile müzik yaratımı konusunda hali hazırda sürmekte olan sosyolojik saha çalışmasını örnek olarak almıştır. Projeye ilişkin önbulguların (mülakat sonuçları) tartışmaya açılması ve araştırmanın geliştirme sürecine katkı sağlanması amacı ile hazırlanan sunumda pilot çalışmaya ilişkin tespitlerin analizi yapılmış ve projenin devamına yönelik potansiyel gelişme alanlarının tartışılması hedeflenmiştir. Araştırmada, Mülakat Yöntemi kullanılmıştır. COVID-19 kısıtları nedeniyle yüz yüze planlanan görüşmeler çevrimiçi olarak Zoom ortamında ve telefon görüşmeleri ile gerçekleştirilmiş, bu kapsamda Aralık 2020’den Nisan 2021’e kadar toplamda yedi besteci ile ön test tamamlanmıştır (Beş Fransız erkek, ve birer İspanyol ve Fransız kadın besteci ile). Projenin devamında daha fazla görüşme yapılması ve farklı uygulayıcılar ile konunun geniş perspektifte analiz edilmesi planlanmıştır. Elde edilen ön test sonuçları çerçevesinde çalışma alanı ile ilgili olarak (ucu açık sorularla) konunun önceden tahmin edilemeyen boyutlarının tespiti de sağlanmış olacaktır.

### **Çeşitli Alanlara Yönelik Algoritma Önyargı Örnekleri**

Algoritmaların elde ettikleri sonuç, programcıların kodları yazma şekline göre şekilleniyor. Matematikçi Cathy O’neil’e göre, algoritma yalnızca “programların içine yerleştirilmiş bir fikirdir” (O’neil, 2016). İnsana özgü önyargıların yapay zeka uygulamalarına aktarılmasına ilişkin çeşitli örnekler şunlardır: Mart 2016’da Microsoft tarafından yapılan bir yapay zeka deneyi vardı. Tay adlı bu yapay zeka uygulaması, makine öğrenmesini internetten edindiği bilgiler ile tamamlarken Twitter kullanıcılarıyla sohbet etmeye programlanmıştı aynı zamanda. Ancak yapay zeka, kullanıcıların tweetleriyle bir saat

içinde ölüm tehditleri savuran ve Nazilerin iktidara dönmesini istediğini söyleyen ırkçı bir hal aldı. Microsoft bu duruma müdahale etmek zorunda kalarak Twitter'daki Tay hesabını devre dışı bırakma kararı aldı.

İlaveten 2016 yılında yapay zeka tarafından değerlendirilen bir güzellik yarışmasında ise; yarışmanın temel amacı olan, en güzel kadınların kim olduğunu objektif olarak duyurmaktı. Yapay zeka karar mekanizmasını katılımcıların beyaz tenliliğine ve Batı'ya has güzellik standartlarına dayandırdı. Sonuç olarak kazananların büyük çoğunluğu beyaz kadınlardan (Levin, 2016).

Algoritma önyargıları yapay zeka ile sınırlı değildir. Örneğin renkli fotoğrafçılığın tarihine bakıldığında, 1950'lerin ortalarında, Kodak Photo Labs, Shirley Page adlı beyaz tenli bir çalışanın imajının ten tonlarına, gölgelerine ve ışığına göre ayarlanmış bir yöntemle filmlerini geliştireyordu. Shirley'in ten rengi, norm olarak kabul edildi. Kamera satın alan müşterilerin çoğu beyaz tenliydi. Ancak 1970'lere gelindiğinde marka çoklu bir ten rengi paleti oluşturmaya başladı (Wevers, 2016).

Aynı doğrultuda, adalet alanında, bir kişinin tekrar suç işleme ihtimalini öngörmek söz konusu olduğu zaman, algoritma sonuç elde etme aşamasında sanıkların etnik kökeninin bir veri niteliği taşımadığı vaadinde bulunur. Fakat ortaya çıkan sonuç şaşırtıcıydı. Beyaz Amerikalı sanıkların tekrar suç işleme ihtimali öngörüldüğünde daha az riskli olarak sınıflandırılırken, siyahi sanıkların ise gerçekte olduklarından daha fazla riskli olduğu tahmin ediliyordu (URL-1).

Haber kanalı ProPublica'nın bulduğu, Florida, Broward County'de kullanılan bir ceza adaleti algoritması, Afrikalı-Amerikalı sanıkları, beyaz sanıkları yanlış etiketleme oranının neredeyse iki katı oranında "yüksek riskli" olarak etiketledi. Diğer araştırmalar, doğal dil işleme modellerini haber makaleleri üzerinde eğitmenin onları cinsiyet klişeleri sergilemelerine yol açabileceğini buldu (Manyika vd., 2019).

Algoritmalara aktarılan bir diğer önyargı biçimi toplumsal cinsiyet sorunsalından kaynaklanıyor. İşe alım sürecinde, bilim alanındaki açık pozisyonların erkeklere kadınlardan daha fazla teklif edilmesi aslında bir tesadüf değildir. Akçadağ (2019)'a göre.

*“Bu konuda bir örnek Amazon şirketinde yaşandı. İşe alım sürecinde yapay zekanın cinsiyet ayrımı yaparak, erkek adaylara ayrıcalık sağladığı anlaşıldı. Sistem içerisindeki elli bin anahtar kelime ve geçmiş iş başvuruları taranarak kaydedilmişti, çeşitli modellemeler yapılmıştı. Sistemin kontrolünü yapan mühendisler, yapay zekanın kadınları negatif olarak ayırdığını, kadın adayların puanını düşük tuttuğunu farketti.”*

Algoritmaların işleyişinde “tarafsızlık ve eşitlik ilkelerine” saygı gösterilmesi beklenir. Tarafsızlık, gerçekliğin sadık bir temsilini oluşturma fikrini ifade eder. Eşitlik kavramına gelince ise, yasa, algoritmik işlemeyi otomatikleştirirken, her bir bireye etnik köken, cinsiyet veya medeni durum gibi nitelikleri açısından eşit şekilde bakılmasını dayatmaktadır. Eğitim, sağlık, istihdam, adalet alanlarında önemli kararlar verdiğimiz algoritmalar tarafsızlık ve eşitlik kavramlarına saygı duymayı vaat etmiş olmasına rağmen bu ilkelerle çelişen bazı ayrımcı uygulamalar ortaya koymakla suçlanıyor. Eşitlik ilkesinin algoritmalara entegrasyonunu kolaylaştırma konusunda, IBM geliştirdiği bir yazılım sayesinde, müşterilerine yapay zekanın karar mekanizmasını hangi faktörlere dayandığını gösteren bir arayüz sayesinde algoritmaların adillğini pekiştirebileceğini öngörüyor (Kleinman, 2018).

### **Müzik Sosyolojisine Yönelik Algoritma Önyargıları**

Son yıllarda iletişim, yapay zeka ve algoritma alanlarındaki teknolojik devrim, hayatımızdaki etkisini her geçen gün artırmaya devam ediyor. Teknolojik yeniliklerin bu hızı müzik endüstrisinin dinamiklerini de değiştirerek sektördeki meslek gruplarına sistematik bir baskı uygular konuma geldi. Yapay zeka teknolojisi eğitim, sağlık, istihdam, adalet, mühendislik gibi alanlarda faaliyet gösterirken müzik endüstrisini de kapsadı. 2018 yılında yapay zeka ile üretilen ilk albüm olarak “Hello World” piyasaya çıktı (Marshall, 2018). BBC’ye göre Hello World, yapay zeka ile üretilen ilk iyi albüm. Bu albüm dünyaca ünlü Sony şirketinin Paris’teki “CSL’de (Bilgisayar Bilimi Laboratuvarı)” bilim adamlarının müzikal stil kavramını yakalamak ve yeniden üretmek için algoritmalar aradıkları bir araştırma projesi olarak başladı. Yaklaşık sekiz kişiden oluşan bilgisayar uzmanları sayesinde ismi “Flow-Machine” olan yapay zeka ile müzik üretilen bir yazılım geliştirildi. Bu yazılım, kullanıcılarına melodiler, armoniler veya tınlar önererek

sanatçının tarzını geliŖtirmesine veya yaratıcılığını arttırmasına yardımcı oldu.

ÇalıŖmaya baŖlarken kurgulanan temel sorun, kadın bestecilerin yapay zeka ile yapılan algoritmik müzik yaratımına nasıl katıldıklarına iliŖkindi. Ancak araŖtırmanın henüz baŖında “Hello World” projesine dahil olan kadın bestecilerin hiçbirinin Flow Machine adlı bilgisayar yazılımını kullanmadığının fark edilmesi ile birlikte araŖtırmaya erkek besteciler de dahil edildi. AraŖtırmada temel amaç, yapay zeka ile yapılan algoritmik müziğin karmaŖıklığını kavramak, görüŖmecilerin ortaya çıkan yeni akıma katılım perspektiflerini anlamak ve yorumlamaktır.

Sosyolojik literatür oluŖturma aŖamasında, internetten eski bir ses kaydına dayanarak “Plurielles. Paysage Contemporain avec Compositrices (Çoğul. Bestecilerle ÇağdaŖ Manzara)” (CDMC Paris, 2015) temalı seminerde, Sorbonne Üniversitesi’nden müzikolog ve sosyolog Hyacinthe Ravet (2015);

*“Kadın besteciler ile yeni teknolojiler arasındaki iliŖkinin önemli bir konu olduğunu”* belirtiyor.

KonuŖmasına bir baŖka müzikolog Pascale Criton’un gözlemleriyle devam ediyor;

*“Kadın bestecilerin, Max MSP gibi elektro-akustik müzik yazılımlarını erkeklerden daha az kullandıklarını”* ayrıca ilave ediyor.

Bu bulgu, Georgina Born ve Kyle Devine tarafından yapılan anketlerin sonuçlarıyla tutarlıdır. Bu ankete göre erkeklerin %90 oranında yeni müzik teknolojileriyle desteklenen beste eğitimi takip etme olasılığı daha yüksektir (Octobre, 2020). Öte yandan, bu durum Yüksek Lyon Konservatuarı’nda yapılan bir araŖtırmanın verilerinin sonuçlarıyla çeliŖiyor gibi görünüyor. Kadın besteciler %33 lük bir oranla (Fraisse vd., 2019), elektroakustik müzik sınıfında diğerk beste sınıflarına göre daha fazla yer almaktadır.

Henüz yapay zeka ile müzik üreten kadın besteciler hakkında istatistiki verilere sahip değıliz. Bu sebeple, Hello World albümünün yapımcıları ile gerçekteŖtirilmiŖ olan mülakattan elde edilen sonuçlara göre;



*“Flow Machine yazılımının sekiz tane erkek tarafından geliştirildiği... Çoğunlukla erkeklerin yapay zekayı kullandığı... Nedenini tam olarak bilmediğini, ancak Spotify’da yapay zekayı kullanan yalnızca bir kadının bulunduğu”* belirtilmiştir.

İngiliz müzik sosyoloğu Georgina Born (CDMC Paris, 2015) müzikteki yeni teknolojilerle ilişkiler üzerine yapılan bir araştırma sonucunda,

*“Kadın bestecilerin, Max MSP gibi yazılımlar ile çalışırken zorluk yaşadıklarına değiniyor ve Max MSP’in kadın bestecilere daha uygun bir başka bir sürümüyle çalışmanın yazılımı benimsemeye sorunsalını ortadan kaldıracığını”* öne sürüyor.

Bir diğer sorunsala ilişkin örnek verilecek olursa; görüşmecilerden birisi “Ableton live” isimli bilgisayar yardımıyla canlı sahne performansı gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiş müzik yazılımı hakkındaki bir tartışmadan bahsetti. Ableton Live’in varsayılan ayar sistemi Avrupa ve Avrupa müzik geleneğine çok odaklanmakla suçlanıyor. Öyle ki, Irak kökenli İngiliz besteci bu etnik merkezci yaklaşımdan uzaklaşmak adına Avrupa dışında bir müzik geleneği olan bestecilerin de kolaylıkla beste yapabileceği, varsayılan ayar sistemine diğer ülkelerin müziklerini de ekleyen Apotome yazılımını geliştirdi.

## **SONUÇ**

İnsana özgü önyargıların yapay zeka uygulamalarına aktarılması sorunsalı güncelliğini korumaktadır. Algoritmalar artan oranda daha karmaşık hale gelmekte, bunun yanı sıra zorluklarla yüzleşmeye devam edilmektedir. Yapay zeka, insan önyargılarının etkisini kısmen belirlemeye ve azaltmaya yardımcı olabilir, ancak hassas uygulama alanlarında önyargıları ölçeklendirerek ve uygulayarak sorunu daha da kötüleştirebilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar insan önyargılarının yapay zeka sistemlerine ne kadar girebileceğiyle ve zararlı sonuçlarıyla uğraşmaya odaklandı. Pek çok şirketin operasyon süreçleri ile yapay zeka sistemlerini devreye aldığı zamanda, bu risklerin son derece farkında olmak ve bunları azaltmak için çalışmak bir önceliktir.

Yapay zeka algoritmalarına yönelik önyargılar verilerin farklı bir şekilde yorumlanması ile olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Yapay zeka algoritması önyargısı tamamıyla giderilebilir mi sorusuna genel cevap verilirse bunun ancak veri kalitesi ile mümkün olduğu ve

temizlenmiŖ algoritma eğitim veri seti sayesinde gerekleŖtirilebileđi öne sürülebilir. İlave olarak, sürece katılan tasarımcıların eŖtlendirilmesi cinsiyet, kültürel inanç ve normlar ile sosyal farklılıkların ortadan kaldırılmasına da destek verecektir.

Son yıllarda iletiŖim, yapay zeka ve algoritma alanlarındaki teknolojik devrim, etkisini her geçen gün artırmaya devam ediyor. Teknolojik yeniliklerin hızı, müzik endüstrisinin dinamiklerini de deđiŖtirerek bu sektördeki meslek gruplarına sistematik bir baskı uygular konuma gelmektedir. Pilot saha çalıŖması bulgularına göre, yapay zeka ile müzik eseri yaratımında erkek besteciler kadın meslekdaŖlarına nazaran daha aktif olarak bu tür yazılımları kullanmaktadır. alıŖmanın devamında, daha geniŖ akademik ve sektörel uygulamacıların katılımı ile konunun detaylandırılması ve önyargılara iliŖkin eŖtlendirilmiŖ alanlarda veri temini ile analizlerin güçlendirilmesi hedeflenmektedir.

## KAYNAKÇA

Abul-Fottouh, D., Song, M. Y. ve Gruzd, A. (2020). Examining algorithmic biases in YouTube’s recommendations of vaccine videos. *International Journal of Medical Informatics*, 140, 104175.

Akçadağ, G. (2019) Yapay zeka kullanan uygulamalarda cinsiyet önyargısı, <https://www.turkishjournal.com/2019/08/03/yapay-zeka-kullanan-uygulamalarda-cinsiyet-onyargisi-2/> [EriŖim tarihi 15.03.2021].

Begley, K., Begley, C., ve Smith, V. (2020). Shared decision-making and maternity care in the deep learning age: Acknowledging and overcoming inherited defeaters. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 1-7, DOI: 10.1111/jep.13515

Boman, M., Downs, J., Karali, A. ve Pawlby, S. (2020). Toward Learning Machines at a Mother and Baby Unit. *Frontiers in Psychology*, 11.

Burk, D. L. (2021). Algorithmic Legal Metrics. *Notre Dame Law Review*, *Forthcoming*.

Chouldechova, A. ve Roth, A. (2020). A group of industry, academic, and government experts convene in Philadelphia to explore the roots of algorithmic bias. *Communications of the ACM*, 63(5), 82-89.

Draude, C., Klumbyte, G., Lücking, P. ve Treusch, P. (2019). Situated algorithms: a sociotechnical systemic approach to bias. *Online Information Review*., 44(2), 325-342

Fraisse, G., Marcel-Berlioz, L., Christoffel, D., Launay, F. ve Mathon, G. (2019). *Compositrices: l'égalité en acte*. Éditions. MF 2019, 38.

Inwood, O. ve Zappavigna, M. (2021). Ideology, attitudinal positioning, and the blockchain: a social semiotic approach to understanding the values construed in the whitepapers of blockchain start-ups. *Social Semiotics*, 1-19.

Johnson, G. M. (2020). Algorithmic bias: on the implicit biases of social technology. *Synthese*, 1-21.

Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G. ve King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC medicine*, 17(1), 1-9.

Kleinman, Z. (2018) IBM yapay zekanın önyargılarını tespit edecek. BBC Teknoloji, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-45577690> [Erişim tarihi 15.03.2021].

Kulaklı, A. (2005). Yeni ürün geliştirme sürecinde bilgi paylaşımının önemi ve değer yaratılmasına olan katkıları, 5. *Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi*, 25-27 Kasım, 265-271

Kulaklı, A. ve Osmanaj, V. (2020). Global research on big data in relation with artificial intelligence, a bibliometric study: 2008-2019, *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 16(2), 31-46

Kulaklı A. ve Shubina I. (2020a). Scientific Publication Patterns of Mobile Technologies and Apps for Posttraumatic Stress Disorder Treatment: Bibliometric Co-Word Analysis, *JMIR Mhealth Uhealth*; 8(11): e19391 DOI: 10.2196/19391

Kulaklı, A. ve Shubina, I. (2020b). A Bibliometric Study on Mobile Applications for PTSD Treatment: The Period of 2010-2019, 6th International Conference on Information Management (ICIM), pp. 314-318, DOI: 10.1109/ICIM49319.2020.244717.

Levin, S. (2016) A beauty contest was judged by AI and the robots didn't like dark skin <https://www.theguardian.com/technology/2016/sep/08/artificial-intelligence-beauty-contest-doesnt-like-black-people> [Erişim tarihi 15.03.2021].

Marachi, R. ve Quill, L. (2020). The case of Canvas: Longitudinal datafication through learning management systems. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 418-434.

Marshall, A. (2018) Is this the world's first good robot album? BBC <https://www.bbc.com/culture/article/20180112-is-this-the-worlds-first-good-robot-album>, [EriŖim tarihi 10.01.2021].

Manyika, J., Silberg, J. ve Presten, B. (2019) What Do We Do About the Biases in AI? <https://hbr.org/2019/10/what-do-we-do-about-the-biases-in-ai> [EriŖim tarihi 2.04.2021].

Miron, M., Tolan, S., Gómez, E. ve Castillo, C. (2020). Evaluating causes of algorithmic bias in juvenile criminal recidivism. *Artificial Intelligence and Law*, 1-37.

Octobre, S. (2020). Frédérique Patureau, ed. Sexe et genre des mondes culturels. Lyon, ENS Éditions, 2020, p135

O'neil, C. (2016) *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Broadway Books, p 50.

Paulus, J.K. ve Kent, D. M. (2020). Predictably unequal: understanding and addressing concerns that algorithmic clinical prediction may increase health disparities. *NPJ digital medicine*, 3(1), 1-8.

Polack, P. (2020). Beyond algorithmic reformism: Forward engineering the designs of algorithmic systems. *Big Data ve Society*, 7(1), 1-15

Ravet, H. (2015). CDMC Paris 2015. Table ronde Plurielles. Paysage Contemporain avec Compositrices <http://www.cdmc.asso.fr/fr/actualites/saison-cdmc/plurielles-paysage-contemporain-compositrices>, [EriŖim tarihi 10.01.2021].

Rozado, D. (2020). Wide range screening of algorithmic bias in word embedding models using large sentiment lexicons reveals underreported bias types. *PloS one*, 15(4), e0231189.

Ryan, M., Antoniou, J., Brooks, L., Jiya, T., Macnish, K. ve Stahl, B. (2020). The Ethical Balance of Using Smart Information Systems for Promoting the United Nations' Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 12(12), 4826.

Silberg, J. ve Manyika, J. (2019) Tackling bias in artificial intelligence (and in humans). McKinsey ve Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/tackling-bias-in-artificial-intelligence-and-in-humans> [EriŖim tarihi 4.04.2021].

Sperger, J., Freeman, N. L., Jiang, X., Bang, D., de Marchi, D. ve Kosorok, M. R. (2020). The future of precision health is data-driven decision

support. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 13(6), 537-543.

Sun, W., Nasraoui, O. ve Shafto, P. (2020). Evolution and impact of bias in human and machine learning algorithm interaction. *Plos one*, 15(8), e0235502.

Tannenbaum, C., Ellis, R. P., Eyssel, F., Zou, J. ve Schiebinger, L. (2019). Sex and gender analysis improves science and engineering. *Nature*, 575(7781), 137-146.

Unkel, J. ve Haim, M. (2019). Googling politics: Parties, sources, and issue ownerships on Google in the 2017 German federal Election campaign. *Social Science Computer Review*, 1-18

Van Berkel, N., Tag, B., Goncalves, J. ve Hosio, S. (2020). Human-centred artificial intelligence: a contextual morality perspective. *Behaviour ve Information Technology*, 1-17.

Wevers, R. (2016). Kodak Shirley is the Norm: On Racism and Photography. *Junctions: Graduate J. of the Humanities*,1(1),63-72.

Yarger, L., Payton, F. C. ve Neupane, B. (2019). Algorithmic equity in the hiring of underrepresented IT job candidates. *Online Information Review*, 44(2) 383-395.

Yuluğkural, Y., Felek, S. ve Aladağ, Z. (2005). Mobil İletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının ANP Yöntemi İle Tahminlenmesi/Pazar Payı Arttırma Amaçlı Strateji Öneri Süreci. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım 2005.

URL-1: [www.ichi.pro/tr/yapay-zeka-ai-onyargi-ve-sosyal-adaletsizlik-114465523710466](http://www.ichi.pro/tr/yapay-zeka-ai-onyargi-ve-sosyal-adaletsizlik-114465523710466) [Erişim tarihi 10.02.2021].

**Farklı Geri Bildirimlerle BİST100'ün  
Sonraki Gün Kapanış Yönünü Tahmin  
Etmek İçin Makine Öğrenme  
Tekniklerinin Kullanılması**

**Buğra Erkartal**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0626-3181)**

**Atınc Yılmaz**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-0038-7519)**

## GİRİŞ

Borsayı tahmin etmek, birçok yatırımcı ve araştırmacı tarafından önemli ticari kararlar verirken başvurulan önemli parametrelerden birisidir. Her geçen gün daha fazla insan algoritmik olarak işlem yapan otomatik ticaret motorlarına ve/veya tahmin sistemlerine güvenmektedir. Piyasa kararlarında ekonominin dışında psikoloji gibi birçok farklı dış ve iç faktör önemli rol oynamaktadır. Borsa tahminleme modellerinin yüzde yüz doğru çıkması imkânsıza yakın bir durumdur. Bunun nedeni borsayı etkileyebilecek manipülatif davranışlardan küresel piyasa verilerine kadar neredeyse sonsuz sayıda değişken bulunmasıdır. Literatürde geçmişte uygulanan regresyon modelleri, kırılma eğrileri gibi modeller artık günümüzde yerini makine öğrenmesine bırakmaktadır. Bu geçişin nedenlerinden en önemlisi veriye ulaşımın kolaylaşması ve gün geçtikçe artan işlem hacimleridir. Makine öğrenmesi modellerinin sağladığı avantajların en önemlisi istatistiksel varsayımlara dayanmamasıdır. Ancak diğer yandan model oluşturmak için çok miktarda verinin işlenmesi gerekmektedir. Görüntü işleme gibi pek çok yöntemde veriler kendini açıklasa da finans alanında özellikle borsa verilerinde bulunan aykırılıklar, ön işlemeyi zorunlu kılmaktadır.

Birçok araştırmacı, modelleme için girdi olarak önceki günün kapanış fiyatını kullanmaktadır. Ancak bugünün kapanış fiyatının yalnızca bir önceki günün kapanış fiyatından etkilenip etkilenmediği bilinmemektedir. Çalışmada etki düzeyini ölçmek için, her biri bir evvelki günün kapanış değerini içeren onbir veri seti oluşturulmuştur. Tüm veri setleri, yapay sinir ağı (YSA), Destek Vektör Makineleri (DVM), Karar Ağacı (KA) olmak üzere üç makine öğrenme tekniği ile test edilmiştir. Çalışmanın amacı kullanılan veri setleri için borsanın bir sonraki günkü fiyatının tahmin sonuçlarının kıyaslanmasının yanı sıra makine öğrenmesi yöntemlerinin de performanslarının değerlendirmektir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Zekic, YSA modelinin Borsa'da nasıl uygulanabileceğini araştırmıştır (Zekic, 1998). Makalenin amacı, hisse senedi piyasalarında YSA uygulamalarının istatistiksel yaklaşımlarla karşılaştırılarak sınırlarını ve faydalarını göstermektir. Araştırmanın sonuçlarına göre en sık kullanılan metodoloji geri besleme algoritmasıdır, ancak YSA'nın

diğer yapay zeka yöntemleriyle entegrasyonunu çalışmada vurgulanmaktadır.

Schumaker ve Chen, bir hisse senedinin fiyatını tahmin etmek için bir DVM modeli kullanmışlardır (Schumaker ve Chen, 2009). İyi bir tahmin yapmak için beş haftalık bir süre boyunca SveP 500 hisselerini kapsayan 9.211 finansal haber makalesini ve 10.259.042 hisse senedi yorumunu araştırmışlardır. Araştırmaya göre, DVM modellerinin doğruluğu % 57,1 ve alım satım algoritması ile elde edilen getiri anaparanın % 2,06 fazlası olarak hesaplanmışır.

Chen ve Hao, hisse senedi alım satım sinyali oluşturmak için ağırlıklı bir destek vektör makinesi (WSVM) ve YSA modeli kullanmışlardır (Chen ve Hao, 2018). Ön işleme aşamasında veri setinin boyutunun daraltmak amacı ile temel bileşenler analizi (PCA) kullanılmış olup PCA-WSVM, WSVM ve PCA-YSA modelleri iki tanınmış Çin borsası, Şangay ve Shenzhen hisse senetleri üzerinde basit bir Al-ve-Tut stratejisiyle uygulanmıştır. Sonuçlar, PCA-WSVM'nin en etkili model olduğunu ve gerçek dünya uygulamasında hisse senedi alım satım sinyallerini tahmin etmek için uygulanabileceğini göstermektedir.

Deng ve arkadaşları, manipölasyon hareketlerini belirlemek için GBDT (Gradyan Arttırıcı Karar Ağacı) ve DE (Diferansiyel Evrim) olmak üzere iki yaklaşımın bir kombinasyonunu kullanmışlardır (Deng vd., 2019). 2007 ile 2017 arasındaki yılları kapsayan bir veri seti kullanılmıştır. GBDT tarafından eğitilen verilerden sonra, başlangıç parametreleri DE tarafından optimize edilmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin doksan günlük zaman aralığı uzunluğu altında en iyi performansa ulaştığını göstermektedir.

Mantri ve arkadaşları (2014), Hindistan hisse senedi piyasalarındaki değişimleri BSE Sensex ve NSE Nifty'nin on dört yıllık verileriyle hesaplamak için bir ANN modeli kullanmışlar, ancak araştırmalara göre önerilen modelin geliştirilmiş kendine geri dönen koşullu varyansı (GARCH) eksponansiyel geliştirilmiş kendine geri dönen koşullu varyansı (EGARCH), Glosten-Jagannathan-Runkle geliştirilmiş kendine geri dönen koşullu varyansı (GJR GARCH), bütünleştirilmiş geliştirilmiş kendine geri dönen koşullu varyansı (IGARCH) ve YSA modellerinin performanslarında bir fark tespit edememişlerdir (Mantri vd., 2014).



Ticknor, Microsoft Corp. ve Goldman Sachs Group Inc. hisse senetlerinin bir gün sonraki kapanış fiyatını tahmin etmek için Bayes Düzenlenmiş YSA modelini teknik göstergeleri girdi olarak kullanarak modellemiştir (Ticknor, 2013). Sonuçlar; önerilen modelin, mevsimsellik ve döngü analizi gibi ön işleme gerektiren daha gelişmiş modellerle aynı performansı gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Radityo ve arkadaşları, Bitcoin'in ertesi gün kapanış fiyatını tahmin etmek için YSA yöntemini uygulamışlardır. Modellemede, girdi olarak da ticari değerlerini, piyasa değerlerini ve teknik göstergeleri kullanmışlardır (Radityo vd., 2017). Bu çalışma dört YSA yöntemini, yani geri yayılım sinir ağı (BPNN), genetik algoritma sinir ağı (GANN), genetik algoritma geri yayılım sinir ağı (GABPNN) ve artırma topolojilerinin nöro evrimini (NEAT) karşılaştırmaktadır. Yöntemler, doğruluk ve karmaşıklığa göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre Bitcoin'in ertesi gün kapanış fiyatını tahmin etmenin en iyi yöntemi geri besleme yapay sinir ağıdır (BPNN). GABPNN MAPE değeri % 1.883 ile en iyi doğruluğa sahip olsa da, eğitim süresinin çok daha fazla olması nedeni ile gerçek uygulama için uygun olmadığı ortaya konulmuştur. BPNN, GABPNN'den yalnızca biraz daha düşük doğrulukla, ortalama üç kat daha hızlı olduğu vurgulanmış, BPNN ve GABPNN arasındaki MAPE farkı ortalama olarak sadece % 0.115 olduğu belirlenmiştir.

Enke ve Thawornwong, (2005), aşırı stok getirisi belirtilerini tahmin etmek için YSA yöntemini kullanmışlardır. Modelin sınıflandırılması için sistem girdileri olarak aylık hisse senedi getirileri, tahmini hisse senedi getirileri, eğilimler ve mevsimsel değişimleri olarak belirlenmiştir. Yazarlara göre, sınıflandırma modelleri tarafından yönlendirilen ticarete dayalı ortalama getiri, seviye tahmin modelleri için % 1.19'a kıyasla % 1.32'dir. Çalışmada, sınıflandırma modellerinin, seviye tahmin modellerinden daha başarılı olduğu ortaya konmuştur.

Metawa ve arkadaşları, müşteri özelliklerini ve banka değişkenlerini girdi olarak alarak müşterilerin kazancını en iyilemek için hangi hisselerin seçilmesi gerektiğini bulmak adına genetik algoritma ve karar ağaçlarını kullanmıştır (Metawa vd. (2017). Temel amaç, kredi sıkıntısı kısıtlaması olan yüksek rekabet ortamında banka kredisi verme kararını düzenlemek için GA'ya dayalı akıllı bir model

oluşturmaktır. Bulunan sonuçlara göre önerilen model % 3,9 ile %8,1 kar artışı sağlamıştır.

## YÖNTEM VE MATERYAL

Bu bölümde çalışmada kullanılmış olan veri seti ve yöntemler ifade edilmektedir. Araştırmada üç makine öğrenme algoritması kullanılmış ve performansları farklı geri bildirim seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılan yöntemler YSA, DVM ve KA'dır. Bu çalışmanın amacı, borsanın en fazla kaç gün geriden etkilendiğini ortaya çıkartmaktır. Şekil 1'de yer alan örnek veri setinin her kolonun değeri bir önceki günün kapanış değeri çıkartılarak elde edilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Date	FB0	FB1	FB2	FB3	FB4	FB5	FB6	FB7	FB8	FB9	FB10	Target	
2	4/10/15	82.645,75	83.513,62	82.799,38	82.465,89	83.130,16	82.994,31	83.130,16	82.465,89	82.799,38	83.513,62	82.645,75	1	
3	4/13/15	81.937,59	82.645,75	83.513,62	82.799,38	82.465,89	83.130,16	82.465,89	83.130,16	82.799,38	83.513,62	82.645,75	81.937,59	1
4	4/14/15	82.319,71	81.937,59	82.645,75	83.513,62	82.799,38	82.465,89	82.799,38	83.513,62	82.645,75	81.937,59	82.319,71	-1	
5	4/15/15	81.357,53	82.319,71	81.937,59	82.645,75	83.513,62	82.799,38	83.513,62	82.645,75	81.937,59	82.319,71	81.357,53	1	
6	4/16/15	82.436,68	81.357,53	82.319,71	81.937,59	82.645,75	83.513,62	82.645,75	81.937,59	82.319,71	81.357,53	82.436,68	-1	
7	4/17/15	82.417,73	82.436,68	81.357,53	82.319,71	81.937,59	82.645,75	81.937,59	82.319,71	81.357,53	82.436,68	82.417,73	1	
8	4/20/15	82.302,56	82.417,73	82.436,68	81.357,53	82.319,71	81.937,59	82.319,71	81.357,53	82.436,68	82.417,73	82.302,56	1	
9	4/21/15	84.277,65	82.302,56	82.417,73	82.436,68	81.357,53	82.319,71	81.357,53	82.436,68	82.417,73	82.302,56	84.277,65	-1	
10	4/22/15	83.780,35	84.277,65	82.302,56	82.417,73	82.436,68	81.357,53	82.436,68	82.417,73	82.302,56	84.277,65	83.780,35	1	
11	4/24/15	85.551,31	83.780,35	84.277,65	82.302,56	82.417,73	82.436,68	82.417,73	82.302,56	84.277,65	83.780,35	85.551,31	-1	
12	4/27/15	86.401,85	85.551,31	83.780,35	84.277,65	82.302,56	82.417,73	82.302,56	84.277,65	83.780,35	85.551,31	86.401,85	-1	
13	4/28/15	86.209,46	86.401,85	85.551,31	83.780,35	84.277,65	82.302,56	84.277,65	83.780,35	85.551,31	86.401,85	86.209,46	1	
14	4/29/15	85.978,44	86.209,46	86.401,85	85.551,31	83.780,35	84.277,65	83.780,35	85.551,31	86.401,85	86.209,46	85.978,44	1	
15	4/30/15	83.947,04	85.978,44	86.209,46	86.401,85	85.551,31	83.780,35	85.551,31	86.401,85	86.209,46	85.978,44	83.947,04	1	
16	5/4/15	84.018,92	83.947,04	85.978,44	86.209,46	86.401,85	85.551,31	86.401,85	86.209,46	85.978,44	83.947,04	84.018,92	-1	
17	5/5/15	83.380,67	84.018,92	83.947,04	85.978,44	86.209,46	86.401,85	86.209,46	85.978,44	83.947,04	84.018,92	83.380,67	1	
18	5/6/15	82.441,37	83.380,67	84.018,92	83.947,04	85.978,44	86.209,46	85.978,44	83.947,04	84.018,92	83.380,67	82.441,37	1	
19	5/7/15	82.570,23	82.441,37	83.380,67	84.018,92	83.947,04	85.978,44	83.947,04	84.018,92	83.380,67	82.441,37	82.570,23	-1	
20	5/8/15	84.059,89	82.570,23	82.441,37	83.380,67	84.018,92	83.947,04	84.018,92	83.380,67	82.441,37	82.570,23	84.059,89	-1	
21	5/11/15	84.752,83	84.059,89	82.570,23	82.441,37	83.380,67	84.018,92	83.380,67	82.441,37	82.570,23	84.059,89	84.752,83	-1	

Şekil 1. Örnek veri seti

Şekil 1'de gösterilen örnek veri seti için, her sütunda verilerin bir hücre yukarı kaydırıldığı fark edilebilir. Buradaki temel amaç, önceki günün etkisinin bir temsilini oluşturmaktır. Bu çalışmada FB "feedback" sözcüğünün kısaltması olarak kullanılıp yanındaki rakamlar ise veri setine ilave edilen geçmiş gün sayısını göstermektedir. Örneğin, FB0 ve FB1 sütunları modele girdi olarak seçilir, hem dün hem de önceki günün etkisi ölçülecektir. Oluşturulan on bir veri setinin temsili aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 1).

Hedef veriler, bir önceki günün kapanış fiyatına bağlı olarak borsa hareketinin yönüdür. Piyasa endeksi artıyorsa 1, azalıyorsa -1 değerini almaktadır. Ayrıca veri setleri 2015 ile 2020 yılı arasındaki günlük kapanış değerlerini kapsamaktadır.

Bütün veri setlerini aynı koşullar altında incelemek ve tutarlı sonuçlar elde etmek için aynı model parametreleri kullanılmıştır.

Geri beslemeli YSA modelinde, aktivasyon fonksiyonu her düğüm için tanjant sigmoid (tansig) olarak belirlenmiştir. SVM’de kuadratik hiper düzlem ve çekirdek ölçeği 1 seçilmiştir.

Tablo 1. Veri Seti Temsili

Veri Seti	Veri İçeriği
Veri Seti 1	FB0
Veri Seti 2	FB0+FB1
Veri Seti 3	FB0+FB1+FB2
Veri Seti 4	FB0+FB1+FB2+FB3
Veri Seti 5	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4
Veri Seti 6	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5
Veri Seti 7	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5+FB6
Veri Seti 8	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5+FB6+FB7
Veri Seti 9	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5+FB6+FB7+FB8
Veri Seti 10	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5+FB6+FB7+FB8+FB9
Veri Seti 11	FB0+FB1+FB2+FB3+FB4+FB5+FB6+FB7+FB8+FB9+FB10

KA’nı eğitmek için ise çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS) algoritması kullanılmıştır. MARS algoritmasının seçilme nedeni eğitim setinin sürekli değişkenlerden oluşmasıdır.

### Performans Ölçütleri

Bu çalışmada, modellerin performansı, doğru fiyat hareketleri yönü tahminlerinin yüzdesi İsbet Oranı (İO), doğru aşağı doğru hareket tahminlerinin yüzdesi Gerçek Negatifler (GN) ve doğru yukarı doğru hareket tahminlerinin yüzdesi Gerçek Pozitifler – GP ile gösterilir) metrikleri ile ölçülmüştür.

### Deneysel Sonuçlar

Uygulanan mimarilerin on bir farklı veri seti üzerinde gösterdikleri performanslar Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2’de YSA modelinin FB9 ve FB10 veri setlerindeki GP oranının %100 olduğu görülmektedir. Bunun nedeni tahminlerin tamamının pozitif yönde olmasıdır. Bu nedenle yükselen günlerin tamamı doğru belirlenirken, düşen günlerin tamamı yanlış tahmin edilmiştir. Dolayısı ile YSA modelinin, FB9 ve FB10 veri setleri için sınıflama yapamadığı anlaşılmaktadır. Modelin diğer veri setleri üzerindeki İO’ya

bakıldığında ise %51,9 ile FB2'nin diğer veri setlerinden daha yüksek performans gösterdiği görölmektedir.

*Tablo 2. Uygulanan mimarilerin performans karşılaştırılması*

Geri Bildirim Düzeyi	DVM			KA			YSA		
	GP	GN	İO	GP	GN	İO	GP	GN	İO
FB0	52	49	50.8	59	58	50.1	48	52	49.7
FB1	48	52	50	88	10	50.6	49	51	49.9
FB2	44	58	51.2	99	3	52.4	60	41	51.9
FB3	48	52	50	98	2	51.9	65	35	51.4
FB4	43	56	49.5	61	36	51.7	48	52	50.1
FB5	54	44	49.3	65	35	51.4	54	44	49.4
FB6	61	37	49.6	65	39	52.3	45	58	50.3
FB7	60	41	50.8	93	7	50.1	60	36	49.9
FB8	69	31	50.8	99	1	51.1	62	29	48.2
FB9	64	31	47.9	98	2	51.9	100	0	51.9
FB10	63	30	47.8	98	2	50.9	100	0	51.9

Diğer yandan KA ve DVM modelleri, YSA modelinde olduğu gibi bir sınıflandırma sorunu yaşamamışlardır. Modellerin her ikisinin de FB2 veri setindeki isabet oranları (KA isabet oranı %52,4 – DVM isabet oranı %51,2) diğer veri setlerinden daha yüksektir.

Çalışmada amaç, borsanın en fazla kaç gün etkilendiğini göstermektir. Sonuçlar, geri bildirim seviyesi 2 olduğunda tüm modellerin en iyi performansı sergilediğini ortaya koymaktadır. Doğruluklar istenen düzeyde olmasa da, son günün kapanış fiyatlarının tek başına girdi olarak alınmasının hata olabileceğini göstermektedir. Son 3 gün kapanış fiyatlarını birlikte almak daha iyi sonuçlar ortaya koymaktadır.

## SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışmada farklı geri besleme seviyeleri kullanarak BIST100'ün bir sonraki günün kapanış yönünü tahmin etmek amacı ile makine öğrenmesi algoritmaları uygulanmıştır. Geri besleme seviyelerinin değerlendirilmesi ile birlikte uygulanan makine öğrenmesi yöntemlerinin ilgili problem için performans

karşılaştırılması çalışmadaki bir diğer amaçtır. Çalışmanın sonucunda geri besleme seviyesi 2 alındığında (FB2) bütün modellerin performansında %2'lik bir doğruluk artışı olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, son 5 yıllık veriler incelendiğinde 3 iş günü evvel yapılan işlemlerin etkisinin diğer günlere bakıldığı zamanki etkisinden daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Dolayısı ile araştırmacılar bir evvelki günün kapanış fiyatlarını modellerine girdi olarak yansıtmaktansa son 3 günü almaları, modellerinin doğruluğunu arttıracaktır. Ayrıca geri besleme seviyesi arttıkça modellerin sınıflama yapma gücünü kaybettikleri de belirlenmiştir. Modeller geri besleme seviyesi yediyi geçtiğinde sınıflama yapamamaktadır. Modellerin incelendiğinde isabet oranlarının YSA modelinde %51,9 KA modelinde %52,4 ve DVM modelinde %52,2 olduğu görülmüştür. İsbet oranlarının yüzdelerinden de anlaşılacağı gibi makine öğrenmesi modelleri karşılaştırıldığında aralarında ayırt edici bir performans farkı gözlemlenmemiştir.

## **TARTIŞMALAR**

Bu çalışmada beş yıllık kapanış değerleri kullanıldığından dolayı, veri seti boyutunun arttırılması ile daha iyi sonuçlara ulaşılabilir. Ayrıca modellerin performanslarını ve veri setlerini aynı ortamda karşılaştırmak adına model parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Buradaki amaç aynı koşullar altında performansların değerlendirilmesidir. Model parametreleri her bir model ve veri seti için değiştirilirse daha iyi sonuçlar çıkacağı düşünülmektedir. Özellikle DVM'de kullanılabilecek farklı hiper düzlemlerle modellerin doğruluğu arttırılabileceği düşünülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Chen, Y. ve Hao, Y. (2018). Integrating principle component analysis and weighted support vector machine for stock trading signals prediction. *Neurocomputing*, 321, 381–402.

Deng, S., Wang, C., Wang, M. ve Sun, Z. (2019). A gradient boosting decision tree approach for insider trading identification: An empirical model evaluation of China stock market. *Applied Soft Computing*, 83, 105652.

Enke, D. ve Thawornwong, S. (2005). The use of data mining and neural networks for forecasting stock market returns. *Expert Systems with Applications*, 29(4), 927–940.

- Mantri, J. K., Gahan, P. ve Nayak, B. B. (2014). Artificial neural networks--an application to stock market volatility. *Soft-Computing in Capital Market: Research and Methods of Computational Finance for Measuring Risk of Financial Instruments*, 179.
- Metawa, N., Hassan, M. K. ve Elhoseny, M. (2017). Genetic algorithm based model for optimizing bank lending decisions. *Expert Systems with Applications*, 80, 75–82.
- Radityo, A., Munajat, Q. ve Budi, I. (2017). Prediction of Bitcoin exchange rate to American dollar using artificial neural network methods. *2017 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 433–438.
- Schumaker, R. P. ve Chen, H. (2009). Textual analysis of stock market prediction using breaking financial news: The AZFin text system. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 27(2), 1–19.
- Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. *Expert Systems with Applications*, 40(14), 5501–5506.
- Zekic, M. (1998). Neural network applications in stock market predictions-a methodology analysis. *Proceedings of the 9th International Conference on Information and Intelligent Systems*, 98(1), 255–263.

# **Dağıtım Operasyonlarında Kamyon- Dron Ekip Lojistiği alışmaları**

**Göke Özden**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*  
**(0000-0002-5386-1985)**

**İnci Sarıecek**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*  
**(0000-0002-3528-7342)**

## GİRİŖ

Kapıda Teslimat/Son Kilometre Lojistiği (Last Mile Delivery), kargoların son müŖteri noktalarına teslim edilmesiyle ilgi tüm lojistik faaliyetleri kapsayan bir kavram olup dünya genelinde büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda internetten alışveriŖin artışıyla yeni gelişmelere açık bir konu haline gelmiştir. Artan tüketici talebi ve beklentileri ile Ŗirketler, uygun maliyetli ve daha hızlı teslimat operasyonları gerçekleŖtirmeye çalışmaktadır. Bu nedenle, kapıda teslimat lojistiğinde ağ tasarımı dronlar gibi otonom araçların entegrasyonunun, birçok operasyonel zorluğu azaltabileceği ve rekabet avantajı sağlayabileceği düşünölmektedir.

Kapıda teslimat lojistiğinin gelişimine bazı yenilik ve zorluklar katkıda bulunmuŖtur. Kentleşme ve e-ticaretin yaygınlaşması gibi iki büyük eğilim, kapıda teslimat lojistiğinde, artan taşıma hacmiyle birlikte itici bir güç olarak kabul edilmektedir. Kentleşme, giderek daha fazla sayıda insanın genel olarak kentsel alanlara ve özellikle 10 milyon ve daha fazla nüfuslu mega kentlere taşınması eğilimini ifade etmektedir. 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %70'inin yani 6,3 milyar insanın büyük şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (Bretzke, 2013). Ayrıca, giderek daha fazla ürünün online olarak sipariŖ edilmesi e-ticaretin istikrarlı bir artış içinde olduğunu göstermektedir. Örneğin; Almanya'da 2000 yılındaki 1,69 milyar sevkiyata kıyasla 2023 yılına kadar yılda 4,4 milyar sevkiyatın gerçekleştirilmesi gerekeceği tahmin edilmektedir (Statista, 2019). Sürdürülebilirlik alanında ise; artan müŖteri talepleri şehir merkezlerine çok fazla sayıda teslimat kamyonunun girmesine neden olmakta ve bu durum mevcut alt yapıyı olumsuz yönde etkilemekte, trafik tıkanıklığını arttırmakta, sağlık, çevre ve güvenlik üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Artan müŖteri bilinci ve yeni hükümet mevzuatları, sürdürülebilir ve çevre dostu uygulamalara yönelik kargo operasyonları için gerekli çabalar üzerine yoğunlaşmaktadır (Hu vd., 2019). Maliyetler açısından, geleneksel eve teslimat kamyonetlerinin oldukça maliyetli olduğu görölmektedir. Yüksek maliyete neden olan başlıca etmenler, trafik sıkışıklığı ve karmaşık caddelerdeki park yeri sorununun yanı sıra paketleri teslim alacak müŖterilerin evde bulunmamasıdır. Song vd. (2009), kurye hizmetlerinde ortaya çıkan teslimat hatalarının dünyanın farklı bölgelerinde %12 ila %60 arasında deđiŖtiđini belirtmektedir. Bu nedenle özellikle gözetimsiz teslimat ve müŖterinin kendi alımına izin



veren alternatif teslimat biçimlerinin daha düşük maliyetlerin sağlanması açısından umut verici olduğu düşünülmektedir. Artan e-ticaret aktiviteleriyle birlikte paket hacimleri her geçen gün artış göstermektedir. Bununla birlikte çoğu online perakende firması temel hizmet taahhütleri temelinde ya aynı gün yada ertesi gün teslimatlarını gerçekleştirmeye başlamıştır (Yaman vd., 2012). Bu nedenle kapıda teslimat lojistiği, sıkı teslim tarihleriyle ve önemli bir zaman baskısıyla karşı karşıya kalmaktadır. Online teslimatların zamanları hafta boyunca farklılık göstermekte, özellikle pazartesi günü firmalar en yüksek iş yüküne sahip olmaktadır. Ayrıca mevsimsel satışlar nedeniyle yıl boyunca teslimatlarda değişkenlik yaşanmaktadır (Boysen vd., 2019). İş gücü açısından bakıldığında ise, çoğu sanayileşmiş ülkede iş gücünün giderek yaşlanması ve basın gibi yayın organlarının paket teslimatı hakkında ağır mesleki koşulları, düşük ödemeleri olduğuna dair bilgilendirmeler yapması, işverenlerin gerekli insan gücünü işe almasını zorlaştırmaktadır (Otto vd., 2017). Böyle bir çalışma ortamında insana daha az bağımlı olan ve otomasyona dayalı alternatif teslimat sistemlerinin gelecek için umut vaat edici olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan bir paketi teslim eden firma çalışanı e-ticaret müşterisi ile doğrudan etkileşim içinde olan tek kişi olarak görülmektedir. Bu nedenle, güvenilir, duyarlı ve profesyonel bir teslimat, hem online perakendeciler hem de kurye servisleri açısından müşteri memnuniyetini etkilemektedir (Li vd., 2006). Paket dolaplarına dayalı self servis konseptleri veya insansız hava araçları/dronlar veya otonom teslimat robotlarına dayanan teslimat seçenekleriyle insan etkileşiminin ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

Kapıda teslimat lojistiğinin yaygın olarak kullanılan tanımı, bu terimin online olarak sipariş edilen ürünlerin bulunduğu paketlerin, kentsel bölgelerdeki müşteri hanelerine dağıtılmasıyla ilgili tüm lojistik faaliyetleri ifade ettiğiidir. Bu anlayışa göre kapıda teslimat lojistiği, bir gönderi bir kentsel alandaki bir merkezi depoya ulaştığında başlar ve gönderi nihai müşterinin belirlediği varış noktasına başarıyla ulaştığında sona erer. Belirtilen tanım göz önünde bulundurulduğunda, kapıda teslimat lojistiği konseptinin bir depoda başlayıp bir teslimat noktasında bittiği, bir depolama ve taşıma süreci adımlarından oluşan bir zincirle ifade edildiği görülmektedir (Boysen vd., 2020). En yaygın teslimat konseptine göre, müşterilere siparişlerini teslim etmek üzere evlerine giden bir teslimat kamyonu ile zincirin adımları “depo-

kamyonet-kurye-ev” Ŗeklinde. Bir baŖka yaklaŖım ise Ŗehir merkezinin i kısımlarına ulaŖımda trafiği rahatlatmak üzere daha küçük teslimat kapasiteleri için küçük ölçekli aktarma merkezlerinden çıkan elektrikli kargo bisikletlerinin kullanılmasını önermektedir. Bu yaklaŖımdaki zincirin adımları “depo-kamyonet-aktarma merkezi-bisiklet-ev” Ŗeklinde olmaktadır. BaŖka bir teslimat yaklaŖımını ise insansız hava araçları kullanılarak insan etkileŖimini olmadan paketlerin evlere teslim edilmesidir. Belirtilen teslimat yaklaŖımına iliŖkin zincir “depo-dron-ev” olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde kullanılan dronların kısa uuŖ menzilinde sahip olması nedeni ile bir dağıtım merkezinden direkt dron ile teslimat sık ve maliyetli bir dağıtım ağımın oluŖturulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle sunulan yeni bir yaklaŖım, kamyon veya kamyonetlerin dronlar için fırlatma platformu olarak kullanılmasıdır. Belirtilen yaklaŖım, “depo-kamyonet-dron-ev” zinciri ile tanımlanmaktadır (Boysen vd., 2020).

## **KAMYON-DRON ROTALAMA PROBLEMLERİ**

Literatürde kamyon-dron rotalama alanında yapılan çalıŖmalar incelendiğinde, ilgili problemin temelde üç farklı türünün olduğu görölmektedir. Bu türler, tek kamyon-tek dron, tek kamyon-çok dron, çok kamyon- çok dronun ele alındığı problemlerdir. Tek kamyon-bir veya daha fazla dronun rotalanmasını ele alan problemler, Dronlu Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem with Drones- TSP-D); çok kamyon ve çok dronun rotalanmasını ele alan problemler, Dronlu Araç Rotalama (Vehicle Routing Problem with Drones- VRP-D) olarak tanımlanmaktadır. Bu iki problem türünde hem kamyonların hem de dronların teslimat iŖlemlerini gerekleŖtirdięi görölmektedir. Tek kamyon ve bir veya daha fazla dronun rotalanmasının ele alındığı TSP-D problemi, Uçan Yardımcı Seyyar Satıcı Problemi (Flying Sidekick TSP- FSTSP) ve Paralel Dron izelgeleme Problemi (Parallel Drone Scheduling TSP -PDSTSP) olmak üzere iki farklı problem türünü içermektedir. Bu iki tür arasındaki fark, FSTSP’de kamyon ve dronlar arasında bir senkronizasyon olup, PDSTSP’de ise kamyon ve dronlar arasında bir senkronizasyonun olmamasıdır. Belirtilen problem türlerinin dıŖında yine bir veya daha fazla kamyon ve bir veya daha fazla dronun rotalanmasının ele alındığı fakat sadece dronların teslimatı gerekleŖtirdięi Dronlu TaŖıyıcı Araç Problemi (Carrier Vehicle with Drones- CVP-D) ele alınmıŖtır.

### **Tek Kamyon- Tek Dron Problemleri**

Murray ve Chu, kamyon ve dronu birleştiren rotalama problemini ortaya koymuştur (Murray ve Chu,2015). Bu çalışmada yazarlar, geleneksel TSP'nin FSTSP ve PDSTSP olmak üzere iki yeni çeşidini sunmuşlardır. FSTSP, bir dizi müşteriye tek bir kamyon veya tek bir dron ile hizmet verme problemini ele almaktadır. Problemin çözümü ile tamamlanma zamanının (tüm müşterilere hizmet verilen ve her iki aracı da depoya teslim etmek için gereken süre) en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Belirtilen problemin tanımlanmasında, dron ile ilgili çeşitli varsayımlar kullanılmıştır. Örneğin, bir dron yalnızca bir müşteriyi ziyaret edebilmekte, dronlar sınırlı uçuş özerkliğine sahip olmakta ve bazı ağır paketleri taşıyamamaktadır. Bu nedenle, bazı müşterilere yalnızca kamyonlarla hizmet verilebilmektedir. Kamyon ve dron, tek bir depodan bir kez çıkıp ya tek başına birbirlerinden bağımsız olarak ya da kamyon ve dron birlikte (dronu taşıyan kamyon ve dron-tandem) dönmelidir. Bunun yanı sıra her bir düğümü en fazla bir kez ziyaret etmeleri gerekmektedir. Bu durum hem dron hem de kamyon için geçerli olmaktadır. Aynı tipteki araçlar aynı hıza sahiptir. Bununla birlikte, kamyon ve dron için farklı seyahat süreleri dikkate alınmaktadır. Yazarlar, Gurobi ile çözülen bir Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli (Integer Linear Programming Model) sunmuştur. 10 müşteriye kadar olan örnekleri çözmek için birkaç saat gerektiğinden, klasik TSP'nin bir çözümünü bularak başlayan, ulaşılabilen tasarrufları değerlendirerek dronu yerleştirmeye ve bazı müşterileri kamyon güzergâhından çıkarmaya çalışan bir sezgisel yöntem önermişlerdir. Tablo 1'de tek kamyon-tek dron rotalama problemlerini ele alan çalışmaların, amaç fonksiyonları, problem türleri ve çözüm yöntemleri verilmiştir.

Murray ve Chu'nun (2015) çalışmasından sonra Ha ve arkadaşları, FSTSP için tamamlanma zamanı yerine operasyonel maliyetleri (nakliye maliyeti ve kamyon-dronu senkronize etmek için boşa harcanan sürenin maliyeti) en küçükleme için farklı bir amaç fonksiyonu kullanarak iki farklı sezgisel yaklaşım önermiştir (Ha vd., 2018a). İlk sezgisel yöntem, Murray ve Chu (2015) tarafından sunulan yaklaşıma dayanırken, ikinci algoritma bir GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)'dir.

*Tablo 1. Tek kamyon-tek dron rotalama problemlerini ele alan çalışmalar*

<b>Yazarlar</b>	<b>Amaç fonksiyonu</b>	<b>Problem Türü</b>	<b>Çözüm yöntemi</b>
Murray ve Chu, 2015	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP, PDSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Ponza, 2016	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve meta sezgisel
Luo vd., 2017	Dron rotalama süresinin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Marinelli vd., 2017	Operasyon maliyetlerinin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve meta sezgisel
Carlsson ve Song, 2017	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Sezgisel
Agatz vd., 2018	Operasyon maliyetlerinin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Bouman vd., 2018	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Kesin çözüm veren yöntem
Yurek ve Ozmutlu, 2018	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Ha vd., 2018a	Operasyonel maliyetlerin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Ha vd., 2018b	Rotalama maliyeti ve dron bekleme maliyetinin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model, sezgisel ve meta sezgisel
Li vd., 2018	Operasyon maliyetlerinin enküçüklenmesi	PDSTSP	Matematiksel model ve sezgisel

Tablo 1. (devam)

Yazarlar	Amaç fonksiyonu	Problem Türü	Çözüm yöntemi
Poikonen vd., 2019	Operasyon maliyetlerinin enküçüklenmesi	FSTSP	Kesin çözüm veren yöntem ve Sezgisel
Freitas ve Penna, 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Meta sezgisel
Dayarian vd., 2020	Siparişlerin enbüyüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Gonzalez-R vd., 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Agardi vd., 2020	Mesafenin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel

Algoritmalarını 100 müşteriye kadar tasarlanan yeni veri setleri ile test etmişlerdir. Agatz ve arkadaşları, Murray ve Chu (2015) tarafından sunulan FSTSP'ye çok benzeyen bir TSP-D'yi çözmek için birinci adımda rotalama, ikinci adımda kümeleme tabanlı, yerel arama (local search) ve dinamik programlamaya (dynamic programming) dayalı bir sezgisel önermişlerdir (Agatz vd., 2018). FSTSP'nin aksine, bir dron kamyona bırakıldığı düğümde katılabilir ve dron kamyondan daha hızlıdır. Böylece iki tip araç için farklı hızlar hesaba katılabilmektedir. Ponza, FSTSP'yi çözmek için Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing-SA) meta sezgiselini önermiştir. Kullanılan yöntemi 200 müşteriye kadar yeni test problemlerinde test etmiştir (Ponza, 2016). Luo ve arkadaşları, bir kamyonun bir dron taşıdığı klasik iki kademeli (two-echelon) TSP'nin bir çeşidini önermektedir (Luo vd., 2017). Bu problemde dron özellikle kamyonun ulaşamadığı önceden belirlenmiş bir müşteri kümesini ziyaret etmektedir. Ağda, kamyonun durabileceği ve dronun kalkış veya iniş yapabileceği birkaç buluşma noktası bulunmaktadır. Dron iniş yapmadan önce birden fazla müşteriyi ziyaret edebilmektedir. Problemin çözümü ile dron için rotalama süresinin enküçüklenmesi amaçlanmaktadır. Yazarlar, problemi modelleyerek, küçük boyutlu örnekler için iki yapıcı (constructive) sezgisel yöntem ve Exact Depth-First Search algoritmasını sunmuşlardır. Carlsson ve

Song, bir kamyon ve bir dron ile bir teslimat sistemi kullanmanın faydalarını analiz etmiş ve paketleri teslim etmek için dronları kullanarak ne kadar iyileşme gerçekleştirilebileceğini açıklamışlardır (Carlsson ve Song, 2017). Oluşturdukları modelde dron, müşteri lokasyonları ile sınırlı olmayan birkaç noktadan fırlatılabilmektedir. Yürek ve Özmütlu; Murray ve Chu (2015) ve Agatz vd. (2018)'nin kullandığı modelin çözümü çok uzun bir hesaplama süresi gerektirdiğinden problemi iki aşamaya ayırarak yinelemeli bir algoritma (iterative algorithm) ve ikinci aşamada çözüm için Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama Modeli (Mixed Integer Linear Programming-MILP) önermişlerdir (Yürek ve Özmütlu, 2018). Problem için 10,11,12 müşterili yeni örnek kümeleri sunarak kesin çözüm veren algoritmaların (exact algorithm) performansını değerlendirmişlerdir. Daha sonra ise 20 müşterili örnekler için sezgisel bir yöntemin performansını hesaplamışlardır. Freitas ve Penna, hem FSTSP hem de TSP-D'nin çeşitlerini çözmek için bir meta sezgisel önermiştir (Freitas ve Penna, 2020). TSP'yi MILP kullanarak çözmeye başlamışlar, daha sonra çözümü geliştirmek ve dron teslimatlarını eklemek için Değişken Komşuluk Arama (Variable Neighbourhood Search -VNS) meta sezgiselini uygulamışlardır. Sezgisel yöntemlerini iki karşılaştırma setinde (Ponza, 2016; Agatz vd., 2018) ve ayrıca 200'e kadar müşteriye sahip TSP örneklerinden türetilen yeni örnek gruplarında test etmişlerdir.

### ***Tek Kamyon- Çok Dron Problemleri***

Tablo 2'de tek kamyon-çok dron rotalama problemlerini ele alan çalışmaların, amaç fonksiyonları, problem türleri ve çözüm yöntemleri verilmiştir.

Phan ve arkadaşları, birden fazla insansız hava aracına sahip TSP (TSP with multiple drones) adı verilen bir TSP-D türünü çözmek için Ha ve arkadaşlarının GRASP metodunun uyarlanmış bir versiyonunu dikkate alarak çalışmalarını genişletmiştir (Phan vd., 2018). Birden fazla insansız hava aracına sahip TSP için Uyarlanabilir bir Büyük Komşuluk Araması (Adaptive Large Neighbourhood Search-ALNS) metodu önermişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, ALNS'nin genişletilmiş GRASP'dan daha etkili olduğunu göstermiştir.

*Tablo 2. Tek kamyon-çok dron rotalama problemlerini ele alan çalışmalar*

<b>Yazarlar</b>	<b>Amaç fonksiyonu</b>	<b>Problem Türü</b>	<b>Çözüm yöntemi</b>
Phan vd., 2018	Rotalama maliyetlerinin enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Chang ve Lee, 2018	Teslimat süresinin enküçüklenmesi	FSTSP	Sezgisel-kesin çözüm veren yöntem
Kim ve Moon, 2019	Teslimat süresinin enküçüklenmesi	PDSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Jeong vd., 2019	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve meta sezgisel
Murray ve Raj, 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Schermer vd., 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	PDSTSP	Matematiksel model ve meta sezgisel
Dell'Amico vd., 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	PDSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Salama ve Srinivas, 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Poikonen ve Golden, 2020	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	CVP-D	Matematiksel model ve sezgisel
Moshref-Javadi vd., 2020a	Kamyon ve dronların müşteriye varış zamanları toplamının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Moshref-Javadi vd., 2020b	Kamyon ve dronların müşteriye varış zamanları toplamının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel
Gomez-Lagos vd., 2021	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	FSTSP	Matematiksel model ve sezgisel

Murray ve Raj, Murray ve Chu (2015) çalışmasının bir uzantısı olan çok dronlu FSTSP'yi (MFSTSP- Multi-Drone Flying Side-Kick Traveling Salesman Problem) önermektedir (Murray ve Raj, 2019). Bu makalede, her bir dronun kendi uçuş süresi dayanıklılığına ve kapasitesine sahip olduğu bir dizi heterojen dron ve dronlarla

senkronize çalıŖmak için tek bir kamyon kullanılmıŖtır. Salama ve Srinivas, bir kamyonla birlikte çalıŖan birden fazla İHA kullanarak sipariŖleri bir dizi müşteri konumuna teslim etme problemini ele almıŖtır (Salama ve Srinivas, 2020). Dron filosundan yararlanmak için, bir ideal dron fırlatma yerinde park edilmiŖ bir kamyonun dronları yakındaki müşteri lokasyonlarına eşzamanlı olarak göndererek teslimat görevleri paralel olarak gerçekteŖtirilmiŖtir. Bu Ŗekilde, optimize edilecek temel kararlar; teslimat konumlarının küçük kümelere bölünmesi, küme başına bir ideal dron fırlatma yerinin belirlenmesi, kamyonun her kümedeki müşteri sipariŖlerinin bir dron veya kamyonla karŖılanacak Ŗekilde uygun noktalara yönlendirilmesidir. Bu problemi çok aŖamalı ardıŖık prosedürler kullanarak ele alan önceki çalıŖmaların aksine, bu makale ilgili tüm kararları birlikte optimize etmek için matematiksel programlama modelleri sunmaktadır. Poikonen ve Golden, tek bir kamyon ve  $k$  sayıda dronun (kMVDPR) dikkate alındığı çok ziyaretli bir dron rotalama problemi (MVDRP- multiple visit drone routing problem) önermektedir (Poikonen ve Golden, 2020). Her bir dron, müşterilere teslim etmek üzere bir veya daha fazla paketle kamyonun fırlatılabilir. Dronlar, pillerinin deđiŖtirilmesi/Ŗarj edilmesi, yeni bir paket grubu alıp müşteri lokasyonlarına tekrar fırlatılması için kamyonun geri dönebilir. Problemin çözümü için esnek bir sezgisel çözüm önerilmiŖtir. Son araŖtırmalarla tutarlı olan, dronlar için fiziksel parametreler kullanılarak deneyler ve duyarlılık analizleri gerçekteŖtirilmiŖtir. Gonzalez-R ve arkadaşları, İHA'ların lojistik dağıtım görevlerinde kullanımıyla gündeme gelen kapıda teslimat lojistiğinden yola çıkarak, kamyon-dron ekip lojistiği (truck-drone team logistics) probleminin çözümüne odaklanmıŖtır (Gonzalez-R vd., 2020). ÇalıŖmada, dronların kullanımı, daha önce rotalama problemlerinde görülmeyen, dronlar tarafından kullanılan pillerin sınırlı güç ömrü ve tam Ŗarjlı yeni pillerle deđiŖtirildikleri buluşma noktalarının belirlenmesi gibi bir dizi yeni kısıt ve düşünceler ortaya konulmuŖtur. Bu kısıtlar, Ŗimdiye kadar kamyon-dron rotalama problemlerinin matematiksel modelini ve çözümünü çoğunlukla küçük boyutlu vakalarla sınırlandırmıŖtır. Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing- SA) algoritması literatürden alınan farklı boyutlardaki büyük test problemlerinin çözümünde kullanılmıŖtır. Elde edilen sonuçların büyük boyutlu problemlerin çözümü için oldukça umut vaat edici olduğu görülmüŖtür.



### Çok Kamyon- Çok Dron Problemleri

Tablo 3’de çok kamyon-çok dron rotalama problemlerini ele alan çalışmaların, amaç fonksiyonu, problem türü ve çözüm yöntemi verilmiştir.

Tablo 3. Çok kamyon-çok dron rotalama problemlerini ele alan çalışmalar

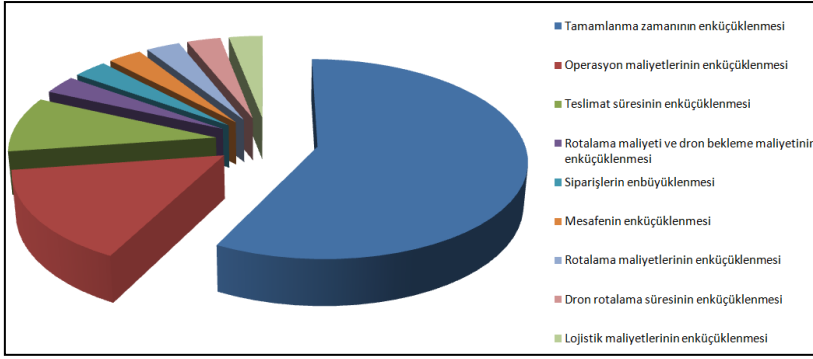
Yazarlar	Amaç fonksiyonu	Problem Türü	Çözüm yöntemi
Wang vd., 2017	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	VRP-D	Enkötü durum analizleri
Poikonen vd., 2017	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	VRP-D	Enkötü durum analizleri
Ham, 2018	Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	VRP-D	Sezgisel
Wang ve Sheu, 2019	Lojistik maliyetlerinin enküçüklenmesi	VRP-D	Matematiksel model, sezgisel
Kitjacharoenchai vd., 2019	Teslimat süresinin enküçüklenmesi	VRP-D	Matematiksel model ve sezgisel

Wang vd. (2017), her biri bir veya daha fazla dron taşıyan birden fazla kamyonun bulunduğu VRP-D’yi sunmuştur. Bir kamyondan fırlatılan dronların yine aynı kamyonda buluşması gerekmektedir. Problemin çözümü ile hem dronların hem de kamyonların müşterilere hizmet verdiği tur tamamlama süresinin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Ham, Murray ve Chu (2015) tarafından önerilen PDSTSP’yi geliştirerek, birkaç kamyon ve farklı türde dronlardan oluşan dağıt ve topla (drop and pickup) problemini zaman pencereli olarak ele almıştır (Ham, 2018). Bir dron bir teslimatı yaptıktan sonra, paket teslim almak için bir müşteriye uçabilmekte veya depoya geri dönüp yeni bir tura başlayabilmektedir. Ayrıca bir müşteri farklı zaman aralıklarında (time windows) çoklu ürünler sipariş verebilmektedir. Kamyonlar ve dronlar ayrı hareket edebilmektedir, fakat turlarına aynı depoda başlayıp aynı

depoda bitirmek zorundadır. Problemin çözümü ile amaçlanan toplam tamamlanma zamanının en aza indirilmesidir. Problem değişken sıralama sezgiselleri (variable ordering heuristics) kullanılarak bir kısıt programlama (constraint programming) prosedürü ile çözülmüştür. Wang ve Sheu, lojistik maliyetlerinin en küçüklenmesi amacıyla, Wang vd. (2017)'nin çalışmasını geliştirerek çok ziyaretli dronları kullanmıştır (Wang ve Sheu, 2019). Problemin çözümü için dal ve fiyat (branch and price) yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımı test etmek için bir dizi hesaplama ve dronların maksimum uçuş sürelerini değiştirerek duyarlılık analizleri gerçekleştirmişlerdir. Daha fazla uçuş süresine sahip dronlar kullanmanın toplam lojistik maliyetini yaklaşık % 10 azaltabileceği sonucuna varmışlardır. Kitjacharoenchai ve arkadaşları, otonom dronların teslimat kamyonlarından uçmasına, teslimat yapmasına ve yakındaki herhangi bir teslimat kamyonuna uçmasına izin verme fikri ile birlikte kamyon-dron kombinasyonunun teslimat konseptini ele almıştır (Kitjacharoenchai vd., 2019). Teslimatların tamamlanmasından sonra hem kamyonların hem de dronların depoya varış sürelerini en aza indirmek amacıyla bu senaryoyu yakalayan bir Karma Tamsayı Programlama (Mixed Integer Programming-MIP) modeli sunulmuştur. 100 müşteriye kadar konum içeren büyük boyutlu problemleri çözmek için yeni bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. “Tek kamyon, çok kamyon ve tek kamyon ve dron” sistemi ile farklı modellerden elde edilen çözümlerle MIP çözümlerini karşılaştırmak ve önerilen algoritmanın performansını test etmek için deneyler yapmışlardır. Sayısal sonuçlar, önerilen dron teslimat sisteminin uygulanmasının, tek başına geleneksel kamyon veya tek kamyon/dron dağıtım sistemine kıyasla potansiyel bir operasyonel kazancın oluştuğunu göstermiştir.

Kamyon-dron ekip lojistiği problemlerinin çözümünde kullanılan amaç fonksiyonları incelenmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 1). Literatürde en çok kullanılan amaç fonksiyonu seyahat süresinin (tamamlanma zamanının) enküçüklenmesidir.

Dronların paket teslimi gibi alanlarda kullanılmasının ana nedenlerinden biri, hem sadece dron hem de kamyon-dron operasyonlarında daha hızlı ve etkili olmasıdır.

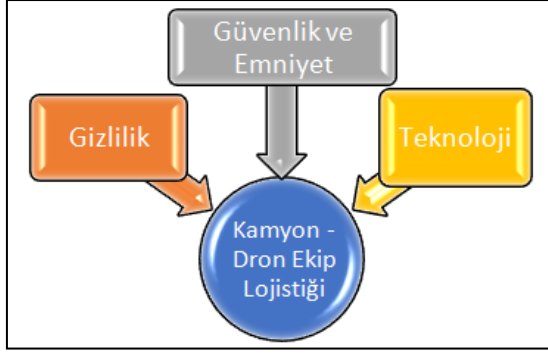


Şekil 1. Kamyon-dron ekip lojistiği probleminin çözümü için amaç fonksiyonlarının dağılımı

Kamyon-dron ekip lojistiği operasyonlarında paralel işlemler iki farklı araç türü kullanılarak mümkün hale getirilmiştir. Bu nedenle, seyahat / tur tamamlama süresinin en aza indirilmesi doğal bir hedef gibi görünmektedir. Ele alınan bir diğer amaç fonksiyonu toplam operasyon maliyetin en küçüklenmesidir. Toplam maliyet; işgücü, araçların birbirlerini bekleme süreleri, dronların batarya kapasiteleri, kamyonlar için park ücretleri vb. maliyetleri kapsamaktadır. Wang ve Sheu, Salama ve Srinivas (2020), tarafından sabit dron ve kamyon maliyeti, kamyon ve dronların seyahat maliyetini içeren bir amaç fonksiyonu tanımlamışlardır (Wang ve Sheu, 2019). Moshref-Javadi ve arkadaşları, kamyon ve dronların müşteriye varış zamanları toplamının en küçüklenmesine yönelik bir amaç fonksiyonunu ele almıştır (Moshref-Javadi vd., 2020).

## KAMYON-DRON EKİP LOJİSTİĞİNDEKİ ENGELLER

Kamyon- dron ekip lojistiği çalışmalarına olan ilginin her geçen gün artmasına rağmen ele alınması ve incelenmesi gereken bazı engeller bulunmaktadır. Özellikle dronlarla ilgili kısıtlamalar ve engeller, kamyon-dron ekip lojistiği konusunda karşımıza çıkmaktadır. Literatürde karşılaşılan engelleri gizlilik, güvenlik, emniyet ve teknoloji gibi konularda sınıflandırmak mümkündür (Şekil 2).



Ŗekil 2. Kamyon-dron ekip lojistiğindeki engel türleri

Dronlar, genel olarak halk tarafından mahremiyete yönelik önemli bir tehdit olarak görülebilmektedir. Dronlar tarafından izinsiz veri toplanması (fotoğraf çekimi vb.) işlemlerin yapılabilme ihtimali insanlar tarafından endişe verici olarak karşılanmaktadır (Chung vd., 2020). Ayrıca bilgi güvenliği açısından bakıldığında iletişim bir dron yada dron filosu için kritik bir bileşeni oluşturmaktadır. Birçok insansız hava aracının, toplanan zamana duyarlı (time sensitive) verileri üsse dönene kadar saklamak yerine iletişim bağlantıları yoluyla iletmesi beklenmektedir. Güvenlik çerçevesi veya kriptografik şemalar gibi iletişim protokolünü korumaya yönelik sürekli çabalara rağmen (Akram vd., 2017), dronlar her zaman çeşitli siber saldırılara maruz kalmakta ve havadan iletişim kurdukları sürece savunmasız hale gelebilmektedir. Belirtilen tehlikeli iletişim sorunları, dronların hem özel hem de kamu sektöründe siber-fiziksel saldırılara uğraması ilgili endişelerle de bağlantılıdır (Akram vd., 2017; Solodov vd., 2018). Dronlara yönelik bir saldırı, örneğin sahte GPS sinyalleri veya dron kontrolüne müdahale ile mümkün olabilmektedir (Clarke ve Moses, 2014). Diğer bir endişe ise toplanan verilerin sızdırılması ve kullanılmasıdır. Özel veriler ticari bir kuruma izinsiz satılırsa, sosyal ağlarda paylaşılsa ve ulusal güvenlik kurumları tarafından toplanırsa, sivil özgürlüklerle ilgili başka bir ciddi soruna yol açabileceği düşünülmektedir (Sandbrook, 2015). Güvenlik ve emniyet ile ilgili bir diğer konu, ister arıza ister korsan saldırılardan dolayı olsun, dronun güvensiz kontrolü sonucu yere düşerek kazalara neden olabilmesidir (Clarke ve Moses, 2014; Lidynia vd., 2017; Sandbrook, 2015). İHA'ların çoğalması bu konuyu daha karmaşık hale getirebilecektir. Bu nedenle, beklenen güvenlik sorunlarını önlemek için düzenlemeler

ve ilgili eğitim programlarının sürekliliğinin sağlanmasına yönelik bir ihtiyaç bulunmaktadır (Clarke ve Moses, 2014; Dalamagkidis vd., 2008).

Uçuş menzili, pil ömrü ve taşıma kapasitesi gibi dron özellikleri, kamyon-dron ekip lojistiği operasyonlarını sınırlandırmaktadır (Agatz vd., 2018). Teknolojideki ilerlemeler bu tür teknik konularda ilerleme kaydedilmesini sağlarsa kamyon-dron ekip lojistiğinin uygulama alanları büyük ölçüde genişletilebilecektir. Teknolojik sorunlardan kaynaklanan herhangi bir kaza, güvenliği ve/veya emniyeti tehlikeye atabilecek sonuçlara neden olabilir (Solodov vd., 2018). Bu nedenle, kamyon-dron ekip lojistiğindeki teknolojik konuların incelenmesi, güvenlik ve emniyet alanındaki endişeleri önleyebilecek ve azaltılabilecektir. Sosyo-ekonomik açıdan bakıldığında, otonom dronların insan gücüyle yapılan işlerin yerini alacağı ve bu durumun ekonomik sorunlara neden olacağı düşünülmektedir (Kwon vd., 2017). Kamyon-dron ekip lojistiği ile aynı zamanda kamyon şoförlerine olan ihtiyacın azalacağı (Boucher, 2016) ve lojistik endüstrisinin önemli bir değişim geçireceği düşünülmektedir (Krok, 2018).

## SONUÇ

Dağıtım operasyonlarında kamyon-dron ekip lojistiği çalışmaları kapsamında, kamyon-dron ekip lojistiği konusunda yapılan çalışmalar incelenerek konuya ilişkin terminoloji ortaya konulmuş problem türleri temelinde kullanılan varsayımlar, kısıtlar, amaç fonksiyonları, modeller incelenmiştir. Literatürde kamyon-dron rotalama alanında yapılan çalışmalar, tek kamyon-tek dron, tek kamyon- çok dron ve çok kamyon- çok dronun ele alındığı problemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dronların paket tesliminde hızlı ve etkin kullanılması, kamyon-dron ekip lojistiği operasyonlarında iki farklı araç türünün avantajlarından yararlanma fikrini doğurmuştur. Son yıllarda kamyon-dron ekip lojistiği ile ilgili çalışmalarda önemli bir artış gözlenmiştir.

Dronların kapıda teslimat lojistiğinde kullanılmasının, çevre üzerinde klasik motor yakıtlı araçlara göre daha az olumsuz etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Kamyon-dron ekip lojistiğinde dronların kullanımı, karbon emisyonu, gürültü ve şehir merkezinde trafik sıkışıklığının azaltılmasına yönelik avantajlar sağlayacaktır. Kamyon- dron ekip lojistiğinde çevre açısından farklı çalışmaların ele alınmasının yanı sıra elektrikli araçlar gibi alternatif araçların kullanımını da dikkate alan

çevreci yaklaşımlar sunulurken yapılan çalışmalar genişletilebilir. Literatürdeki çalışmalarda, dronların teknolojik özelliklerinin ve gerçekçi parametrelerin göz önünde bulundurulması gereği görülmektedir. Dronlara özgü farklı kısıtlar ve parametreler ele alınırken operasyonel performansın artırılması ve maliyetlerin en aza indirilmesi için ödünleşmeler belirlenerek daha gerçekçi senaryolar incelenebilir. Ayrıca, kamyon-dron ekip lojistiğindeki dinamik teslimatları optimize etmek için dronlarla ilgili tüm gerçekçi ve teknolojik kısıtları göz önünde bulundurarak dinamik sistemde dron kullanımının etkileri incelenmeli ve bu problemi çözmek için dinamik programlama tabanlı sezgisel yaklaşımlar geliştirilmelidir. Diğer yandan, kamyon-dron ekip lojistiğinde belirsizlik altındaki durumlar incelenmelidir. Belirsiz seyahat süreleri ve taleplerinin yanı sıra, belirsizlikten etkilenebilecek dron operasyonlarıyla bağlantılı diğer parametrelerin dikkate alınması kamyon-dron ekip lojistiği probleminin çözümüne yeni katkılar sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Agardi, A., Kovacs, L. ve Banyai, T. (2020). Vehicle routing in drone-based package delivery services. In: J.K.V.K. Szita Tóthné, K. (Ed.), *Solutions for Sustainable Development - 1st International Conference on Engineering Solutions for Sustainable Development*, CRC Press, London, pp. 151–1597.

Agatz, N., Bouman, P. ve Schmidt, M. (2018). Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone. *Transp. Sci.* 52 (4), 965–981.

Akram, R.N., Markantonakis, K., Mayes, K., Habachi, O., Sauveron, D., Steyven, A. ve Chaumette, S. (2017). Security, privacy and safety evaluation of dynamic and static fleets of drones. In: *Digital Avionics Systems Conference (DASC)*. IEEE, pp. 1–12.

Boucher, P. (2016). You wouldn't have your granny using them: drawing boundaries between acceptable and unacceptable applications of civil drones. *Sci. Eng. Ethics*, 22 (5), 1391–1418.

Bouman, P., Agatz, N. ve Schmidt, M. (2018). Dynamic programming approaches for the traveling salesman problem with drone. *Networks*, 72(4), 528-542. doi:10.1002/net.21864

Boysen, N., Fedtke, S. ve Schwerdfeger, S. (2020). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*, 43(1), 1-58. doi:10.1007/s00291-020-00607-8

- Bretzke, W-R (2013). Global urbanization: a major challenge for logistics. *Logist Res*, 6, 57–62.
- Carlsson, J.G. ve Song, S. (2017). Coordinated logistics with a truck and a drone. *Manage. Sci.*, 64 (9), 4052–4069.
- Chang, Y. S. ve Lee, H. J. (2018). Optimal delivery routing with wider drone-delivery areas along a shorter truck-route. *Expert Systems with Applications*, 104, 307-317. doi:10.1016/j.eswa.2018.03.032
- Chung, S. H., Sah, B. ve Lee, J. (2020). Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions. *Computers ve Operations Research*, 123. doi:10.1016/j.cor.2020.105004
- Clarke, R. ve Moses, L.B. (2014). The regulation of civilian drones' impacts on public safety. *Comput. Law Secur. Rev.* 30 (3), 263–285.
- Dalamagkidis, K., Valavanis, K.P. ve Piegł, L.A. (2008). On unmanned aircraft systems issues, challenges and operational restrictions preventing integration into the national airspace system. *Prog. Aerosp. Sci.* 44 (7–8), 503–519.
- Dell'Amico, M., Montemanni, R. ve Novellani, S. (2020). Matheuristic algorithms for the parallel drone scheduling traveling salesman problem. *Annals of Operations Research*, 289(2), 211-226. doi:10.1007/s10479-020-03562-3
- Freitas, J. C. D. ve Penna, P. H. V. (2020). A variable neighborhood search for flying sidekick traveling salesman problem. *International Transactions in Operational Research*. doi:10.1111/itor.12671
- Gomez-Lagos, J., Candia-Vejar, A. ve Encina, F. (2021). A New Truck-Drone Routing Problem for Parcel Delivery Services Aided by Parking Lots. *IEEE Access*, 9, 11091-11108. doi:10.1109/access.2021.3050658
- Gonzalez-R, P. L., Canca, D., Andrade-Pineda, J. L., Calle, M. ve Leon-Blanco, J. M. (2020). Truck-drone team logistics: A heuristic approach to multi-drop route planning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114, 657-680. doi:10.1016/j.trc.2020.02.030
- Ha, Q. M., Deville, Y., Pham, Q. D. ve Hà, M. H. (2018a). On the min-cost Traveling Salesman Problem with Drone. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 597-621. doi:10.1016/j.trc.2017.11.015

Ha, Q.M., Deville, Y., Pham, Q.D. ve Ha, M.H. (2018b). A hybrid genetic algorithm for the traveling salesman problem with drone, *Technical report*, arXiv preprint arXiv: 1812.09351v1.

Ham, A. M. (2018). Integrated scheduling of m-truck, m-drone, and m-depot constrained by time-window, drop-pickup, and m-visit using constraint programming. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 91, 1-14. doi:10.1016/j.trc.2018.03.025

Hu, W., Dong, J., Hwang, B.G., Ren, R. ve Chen, Z. (2019). A scientometrics review on city logistics literature: research trends, advanced theory and practice. *Sustainability* 11:2724

Jeong, H. Y., Song, B. D. ve Lee, S. (2019). Truck-drone hybrid delivery routing: Payload-energy dependency and No-Fly zones. *International Journal of Production Economics*, 214, 220-233. doi:10.1016/j.ijpe.2019.01.010

Kim, S. ve Moon, I. (2019). Traveling Salesman Problem With a Drone Station. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(1), 42-52. doi:10.1109/tsmc.2018.2867496

Kitjacharoenchai, P., Ventresca, M., Moshref-Javadi, M., Lee, S., Tanchoco, J. M. A. ve Brunese, P. A. (2019). Multiple traveling salesman problem with drones: Mathematical model and heuristic approach. *Computers ve Industrial Engineering*, 129, 14-30. doi:10.1016/j.cie.2019.01.020

Krok, A. (2018). Hyundai's self-driving truck completes first highway jaunt in South Korea. <https://www.cnet.com/roadshow/news/hyundai-self-driving-truckfirst-highway-trip/>. [Online; accessed 25-August-2018].

Kwon, H., Kim, J. ve Park, Y. (2017). Applying LSA text mining technique in envisioning social impacts of emerging technologies: the case of drone technology. *Technovation* 60, 15–28.

Li, B., Riley, M.W., Lin, B. ve Qi, E. (2006) A comparison study of customer satisfaction between the UPS and FedEx: an empirical study among university customers. *Ind Manag Data Syst* 106:182–199.

Li, Y., Zhang, G., Pang, Z. ve Li, L. (2018). Continuum approximation models for joint delivery systems using trucks and drones. *Enterprise Information Systems*, 1–30.

Lidynia, C., Philipsen, R., Ziefle, M. (2017). Droning on about drones—acceptance of and perceived barriers to drones in civil usage contexts. In: *Advances in Human Factors in Robots and Unmanned Systems*. Springer, 317–329.



- Luo, Z., Liu, Z. ve Shi, J. (2017). A Two-Echelon Cooperated Routing Problem for a Ground Vehicle and Its Carried Unmanned Aerial Vehicle. *Sensors (Basel)*, 17(5). doi:10.3390/s17051144
- Marinelli, M., Caggiani, L., Ottomanelli, M. ve Dell’Orco, M. (2017). En route truck–drone parcel delivery for optimal vehicle routing strategies. *IET Intel. Transport Syst.* 12 (4), 253–261.
- Moshref-Javadi, M., Hemmati, A. ve Winkenbach, M. (2020a). A truck and drones model for last-mile delivery: A mathematical model and heuristic approach. *Applied Mathematical Modelling*, 80, 290-318. doi:10.1016/j.apm.2019.11.020
- Moshref-Javadi, M., Lee, S. ve Winkenbach, M. (2020b). Design and evaluation of a multi-trip delivery model with truck and drones. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136. doi:10.1016/j.tre.2020.101887
- Murray, C. C. ve Chu, A. G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 54, 86-109. doi:10.1016/j.trc.2015.03.005
- Murray, C. C. ve Raj, R. (2020). The multiple flying sidekicks traveling salesman problem: Parcel delivery with multiple drones. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 110, 368-398. doi:10.1016/j.trc.2019.11.003
- Otto, A., Boysen, N., Scholl, A. ve Walter, R. (2017). Ergonomic workplace design in the fast pick area. *OR Spectr* 39:945–975
- Phan, A.T., Nguyen, T.D. ve Pham, Q.D., (2018). Traveling salesman problem with multiple drones. In: *Optimization and Decision Science: Methodologies and Applications, SoICT 2018 Proceedings*, Ninth International Symposium on Information and Communication Technology, pp. 46–53, Danang City, Vietnam, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- Poikonen, S. ve Golden, B.L. (2020). Multi-visit drone routing problem. *Computers ve Operations Research*, 113. doi:10.1016/j.cor.2019.104802
- Poikonen, S., Golden, B.L. ve Wasil, E.A. (2019). A branch-and-bound approach to the traveling salesman problem with a drone. *INFORMS J. Comput.* 31 (2), 335–346.

- Poikonen, S., Wang, X. ve Golden, B.L. (2017). The vehicle routing problem with drones: Extended models and connections. *Networks*, 70(1), 34-43. doi:10.1002/net.21746
- Ponza, A., (2016). Optimization of drone-assisted parcel delivery. Master's thesis. University of Padova.
- Salama, M. ve Srinivas, S. (2020). Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114, 620-642. doi:10.1016/j.trc.2020.01.019
- Sandbrook, C. (2015). The social implications of using drones for biodiversity conservation. *Ambio* 44 (4), 636–647.
- Schermer, D., Moeini, M., & Wendt, O. (2020). A branch-and-cut approach and alternative formulations for the traveling salesman problem with drone. *Networks*, 76(2), 164-186. doi:10.1002/net.21958
- Solodov, A., Williams, A., Al Hanaei, S. ve Goddard, B. (2018). Analyzing the threat of unmanned aerial vehicles (UAV) to nuclear facilities. *Secur. J.* 31 (1), 305–324.
- Song L., Cherrett T. J., McLeod, F. N. ve Guan, W. (2009). Addressing the last mile problem: the transport impacts of collection/delivery points. *Transp Res Rec* 2097: 9–18
- Statista. (2019). Fast 12 Millionen Sendungen pro Zustelltag. Statista website, <https://de.statista.com/infografik/9992/in-deutschland-von-den-paket-und-kurierdiensten-befoerderten-sendungen/>.
- Wang, X., Poikonen, S. ve Golden, B. (2017). The vehicle routing problem with drones: several worst-case results. *Optimization Letters*, 11(4), 679-697. doi:10.1007/s11590-016-1035-3
- Wang, Z. ve Sheu, J.B. (2019). Vehicle routing problem with drones. *Transportation Research Part B: Methodological*, 122, 350-364. doi:10.1016/j.trb.2019.03.005
- Yaman H., Karasan O.E. ve Kara B.Y. (2012). Release time scheduling and hub location for next-day delivery. *Oper Res* 60:906–917
- Yurek, E. ve Ozmutlu, H. C. (2018). A decomposition-based iterative optimization algorithm for traveling salesman problem with drone. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 91, 249-262. doi:10.1016/j.trc.2018.04.009

**Otomotiv ve Tekstil Sektörlerinden  
Örnek Kümelerin Uluslararasılaşma  
Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile  
Karşılaştırılması**

**Tuğbay Burçin Gümüş**  
*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4225-2313)**

## GİRİŖ

Hızlı deęiŖime karŖı dirençli olabilmek, bu kuvvete ve çevresel etkenlere karŖı ayakta kalabilmek, sürdürülebilir büyüme sağlayıp, hedeflere ulaşabilmek için iŖletmelerin yeteneklerini geliŖtirmeleri gerekmektedir. Küresel dünyada iŖletmeler bir çok engel, kısıt ve negatif yönlü deęiŖkene karŖı mücadele verirken, bu kaosu içerisinden başarı ile çıkan iŖletme sayısı azdır. Dolayısı ile bu gösterge bile, dünyanın acımasız düzenine karŖı iŖletmelerin tekil kabiliyetlerinin bu mücadele için yeterli olmadığını ve başka desteklere ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır. Destek arayışı içinde olan iŖletmeler coğrafî yakınlıkları kullanarak iŖ birliklerini artırmıŖ, bundan doğan beraberlik yerini bölgesel yığınlara, yığılmalardan oluşan güç yerini yoğunlaşmalara ve sonrasında da bu düzensiz yapılar, örgütlü organizasyonlar olan kümelere evrimleŖmiştir.

Kümelenme ile sektör aktörlerinin, finansal organizasyonların, medyanın, bölgesel yönetimlerin, iŖ ağlarının ve üniversitelerin gücünü arkasına alan, ortak akıl, iŖ birliği ve örgütlü yapı ile birlikte iŖletmeler içinde buldukları bölgesel reaktif ve proaktif faktörlerden dolayı küresel arenaya çıkma eğilimi gösterirler. Dolayısıyla bu eğilim, uluslararasılaşma sürecinde katalizör görevi görmektedir. Bu birliktelik, etkileŖim ile yeni, dinamik bir ekosistemin habercisidir. Böylece kümelenme ile bölgesel güç elde eden iŖletmeler, uluslararasılaşma süreci ile küresel entegrasyonu gerçekleŖtirerek stratejilerini, hedeflerini ve pazarlarını birlikte genişletme, büyütmeye yolunu bulmuşlardır.

Bu çalışmada Türkiye'deki iki büyük sektöre ait kümenin uluslararasılaşma performansı TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Küresel entegrasyon sürecinde, çalışmaya konu olan kümelerin uluslararasılaşma performansının sektörel karşılaştırılması yapılmıştır. GeliŖimin hızlı yaŖandığı sektörlerle ait kümelerin uluslararasılaşma bakımından mevcut durumunun tespiti, hangi seviyede oldukları ve küresel entegrasyon için neler yapılması gerektiği, otomotiv ve tekstil sektörlerinden hangisinin bu süreçte daha iyi olduğu araştırılmıştır.

## KÜMELERİN ULUSLARARASILAŖMASI

İletişimin teknoloji ile birlikte yüksek hızlara çıkması, ulaşım araçlarının taşıma kapasitesinin artması ve daha fazla sefer sayısı, coğrafyalar, ülkeler, bölgeler arasında üst seviyede işbirliği ile birlikte

yeni ve geniş bir ağ oluşturmuştur. Bu noktada uluslararasılaşma ile küreselleşme benzer terimler gibi gözükse de süreç ve yapı olarak incelendiğinde farklı kavramlar olduğu görülecektir.

Küreselleşme; uluslararasılaşma sürecinin tamamlanıp, bölgesel olmayan üretimin ve tüketimin dünya ölçeğinde planlanması, serbest rekabet ve piyasa koşullarının uluslarüstü kuruluşlar tarafından denetlendiği, kuralların uluslarüstü anlayışla çalıştığı bir ekosistemdir (Kutlu, 1998).

Küreselleşme, geniş perspektifte modernlik ile eşanlamlıdır. Dünya çapında etkileşim ve ilişkilerin en üst seviyede yaşandığı, zaman ve mekan kavramlarının kaybolduğu, ulusal tüm sınırların kalktığı, sosyal hayatı küresel süreçlerin belirlediği canlı bir sistemdir (Giddens, 2010). Başka bir açıdan küreselleşme, “kıtalar arası veya bölgeler arası akışlar ve ağlar meydana getiren, toplumsal ilişkilerin uzamsal örgütlenmesinde dönüşümü temsil eden bir süreç” olarak tanımlanmaktadır (Held ve McGrew, 2008).

Uluslararasılaşma süreci küreselleşmeyi doğrudan etkileyen ilişkiler bütünüdür. Organizasyonlar açısından sosyo-ekonomik ve ticari avantajlardan yararlanmak için değerlendirilmesi gereken çok önemli fırsatlar içermektedir.

Küreselleşme ve uluslararasılaşma arasındaki temel fark; uluslararasılaşma yerel organizasyonların uluslararası pazardaki girişimlerini ve hareket kabiliyetlerini artırma isteği, küreselleşme ise yerel pazarların tek bir global pazara entegre olma eğilimini ifade etmesidir. Küreselleşme bir bütün olarak kabul edildiğinde uluslararasılaşma bu bütünün büyük bir parçasını oluşturmaktadır. Uluslararasılaşma, tüketici ve pazar odaklı bir yaklaşımken, küreselleşme ise dünyanın “büyük bir köy” olarak kabul edildiği o pazardaki ürün ve hizmet ağına odaklanmıştır. Uluslararasılaşma yerel pazardaki hareketliliği arttırarak küresel seviyede kelebek etkisi yaratırken, küreselleşme ise, yerel organizasyonlar üzerindeki olumsuz baskıyı, kimlik kaybını, açık pazarları, ticari engellerin kalkmasını temsil etmektedir. Küreselleşme kaçınılmaz bir süreçken, uluslararasılaşma ise ihtiyaca dayalı bir zorunluluk haline gelmiştir. Küreselleşme ölçülemez bir kavram, buna karşı uluslararasılaşma ölçülebilir, değerlendirilebilir ve müdahale edilebilir bir süreçtir.

Buradaki çalışmada Türkiye’deki iki ana sektördeki örnek kümelerin uluslararasılaşma performansları araştırılmış ve karşılaştırılmıştır.

Uluslararasılaşma sürecini kapsamlı bir şekilde karakterize etmek için, ilgili modellerin özelliklerinin bilinmesi yararlı olacaktır. Bu bilgi, uluslararasılaşmanın kümelerin yenilikçi faaliyetleri üzerindeki etkisini belirlemeyi mümkün kılacaktır (Dymitrowski, 2014).

Tablo 1’de en çok başvurulan uluslararasılaşma modellerine yer verilmiştir.

*Tablo 1. Uluslararasılaşma Modelleri*

Model	Kaynak	Açıklama
Uppsala Modeli	Johanson ve Wiedersheim-Paul, 1975	<u>Birinci Seviye:</u> İhracat faaliyetleri düzenli değildir. <u>İkinci Seviye:</u> İhracat acenteler vasıtası ile yapılmaktadır. <u>Üçüncü Seviye:</u> İhracat yapılan ülkelerde satış temsilciliklerinin kurulması sürecidir. <u>Dördüncü Seviye:</u> İhracat yapılan ülkelerde üretim tesislerinin kurulması sürecidir.
Yenilik Yaklaşımlı Model	Bilkey, 1978	<u>Birinci Adım:</u> İhracatın bir fırsat olduğunu anlamıştır. <u>İkinci Adım:</u> İhracata uygulanabilir gözüyle bakılmaktadır. <u>Üçüncü Adım:</u> İhracata başlama eğilimi. <u>Dördüncü Adım:</u> Yoğun şekilde ihracat yapılmaktadır.
Ağ Yaklaşımlı Model	Laghzaoui, 2011	<u>Uzatma</u> , ağa entegre olmak için ilk adım <u>Penetrasyon</u> , ağ içindeki pozisyonların geliştirilmesi ve kaynakların artırılması <u>Entegrasyon</u> , koordine edilmesi gereken çeşitli ulusal ağlarla bağlantılı olan ileri aşama

*Kaynak: Johanson ve Wiedersheim, 1975; Bilkey, 1978; Laghzaoui, 2011.*

Rekabet avantajı, verimlilik ve yenilikçilik açısından kümelerin çarpan etkisi yarattığı kabul edilmiş bir gerçektir. Buna rağmen, 2000’li yıllarda halen sosyo-kültürel, siyasi, politik, ekonomik, ticari engellerden dolayı kümelerin gücünün farkına varılamadığı,

potansiyelin kullanılmadığı, geliştirilemediği birçok bölge ve sektör vardır. Kümeler, bu engelleri ve kısıtları yeni ilişkiler kurarak ve mevcut ilişkilerini geliştirip güçlendirerek geçme eğilimindedir. Kurulan ve geliştirilen tüm ilişkiler küresel arenada yer edinme ve sisteme entegre olma amacı ile küme yönetimleri ya da küme üyeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısı ile kümeler küresel entegrasyonun ilk adımı olan uluslararasılaşma sürecine iki şekilde katılmaktadır. Birincisi, küme yönetimlerinin diğer küme yönetimleri ile iletişiminden “kümeler arası iş birlikleri”; ikincisi, küme üye firmalarının diğer küme üyeleri ya da küme yönetimleriyle iletişiminden “firmalar arası iş birlikleri” oluşmaktadır (Gümüş, 2020).

### ***Kümeler Arası İş Birlikleri***

İş birliklerinin temel belirleyicisi “ilişkiler”dir. Küme içi iletişim, ilişkiler ve organizasyon ağının iyi olması, kümenin gücü ile doğru orantılıdır. Yine aynı şekilde küme dışı iletişimin, ilişkilerin iyi olması, kümelerin uluslararasılaşma seviyesi ile doğru orantılıdır. Kümelerin etkileşim halinde olması, fuarlar, ağ portalları, uluslararası etkinlikler, konferanslar, sempozyumlar, ortak projelere katılımı, deneyim ve bilgi paylaşımıyla sürdürülebilir ve verimli hale getirilmektedir (Gümüş, 2020). Küresel entegrasyon için verimli küme ağlarına örnek olarak, Avrupa Küme Politikası Grubu, Avrupa Küme İş Birliği Platformu, Avrupa Küme Mükemmellik Vakfı, Avrupa Küme Mükemmellik Girişimi, Avrupa Küme Analizi Müdürlüğü, Avrupa Küme İttifakı, Küme Gözlemevi ve Avrupa İşletmeler Ağı verilebilir (Islankina vd., 2014). Fikir ve başlangıç aşamasındaki küme oluşumları veya potansiyel kümeler ancak tecrübe sahibi oldukları zaman bu tür ağlarda yerini alabilir, çünkü bu tür etkileşimler karşılıklı deneyim ve bilgi aktarımı gerektirmektedir.

### ***Firmalar Arası İş Birlikleri***

İlgili küme yönetimleri kendi üyelerini diğer küme yönetimleri veya üyeleri ile irtibata geçmek için teşvik edebilir ya da kendi üyelerinden gelen böyle bir talebi direkt diğer küme yönetimlerine iletebilirler. İşletmeler kendi küme yönetimlerinin bu konuda aktif rol almasını tercih etmektedirler. Bunun ana nedenleri, o bölgedeki gelişmeleri yakından takip edebilmek, pazar araştırması yapabilmek, yeni iş imkanları yaratabilmek, yeni iş ortaklıkları kurabilmek, teknoloji ve inovasyon projelerine katılabilmek, kendi imkanları ile bu bilgilerle

ulaŖamamaları ve diğer küme yönetimleri veya firmalar tarafından dikkate alınma olasılıklarını artırmaktır. Küme yönetimlerinin ulaŖtıkları bilgileri işleyerek küme üyelerine aktarmaları, üye firmaların bu konuda daha hızlı yol almasına imkan sağlayacaktır (GümüŖ, 2020).

### ***Küresel Entegrasyon Sürecinde Kümeler***

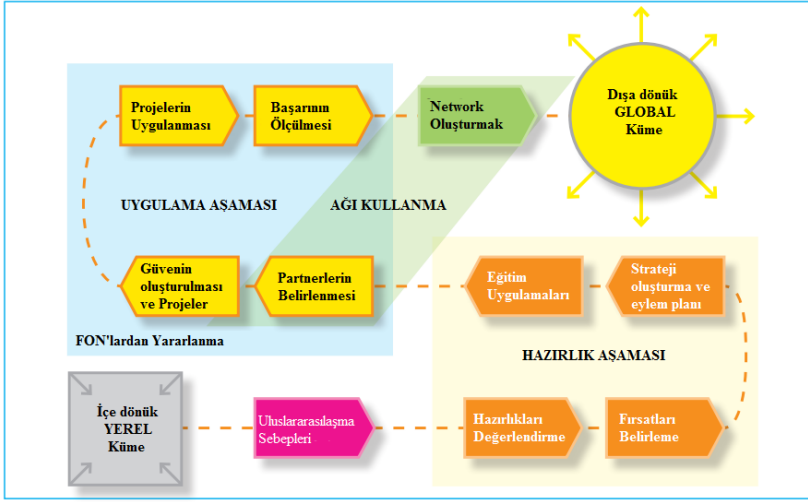
1950’li yıllarda 380 milyar dolar olan dünya ticaret hacminin 2020 yılında 84 trilyon dolara çıkacağı tahmin edilmiştir. “Yeni Dünya Düzeni” içindeki hızlı ticari artışın ana nedenlerinden ülkeler ve bölgeler arasında yapılan ticari anlaşmalar, coğrafi entegrasyonlar, iletişim ve lojistik teknolojilerindeki gelişmeler ve maliyetlerin düşmesi, ticari ürünlerin yüksek kalite, tam zamanında ve standartlaşmış olması, insan gereksinimlerinin artması sayılabilir (Dulupçu ve Demirel, 2005).

İŖletmeler küme yapı taşları olduğu düşünöldüğünde gelişim gösterme ve küresel yayılma eğilimlerini küme organizasyonlarına yansıtacaklardır. Böylece kümeler daha çok uluslararası iş birliği isteği duyacak ve bu avantajları kullanacaklardır. Küresel entegrasyonda başarı sağlamak için bazı değişkenlerin dikkate alınması gerekmektedir. Uluslararasılaşmanın gelişimi, ulusal aktörlerin arasındaki ilişki ve iş birliği gücü ile doğru orantılıdır. Uluslararası faaliyetler ölkelerin farklılıklarını ortaya koyarak yeni bir sinerji oluşmasını ve bu yeni motifte bilgi ve deneyimlerin aktarılması, öğrenmenin teşvik edilmesi ve yeni bakış açıları ile ilham kaynağı ve motivasyon sebebi olacaktır (GümüŖ, 2020).

Küresel entegrasyon sürecinde kümelerin yolculuğu Ŗekil 1’de gösterilmiştir.

İçe dönük yerel küme organizasyonu, içinde bulunduğu çevrenin yarattığı reaktif ve proaktif faktörlerden dolayı dış pazarlara açılma eğilimi gösterir, bu istek kümeleri hazırlık aşamasına taşır. Bu safhada küresel entegrasyon için kümelerin ön hazırlıkları yapılır, değerlendirmeler tamamlanır, fırsatlar belirlenerek, strateji ve eylem planları hazırlanır ve aynı zamanda küme yönetimine ve çalışanlara eğitimlerin verilmesi tamamlanır.





Şekil 1. Kümelerin Küresel Yolculuğu,  
Kaynak: URL-1

Uygulama aşamasında ilk çalışma kümenin pazarlama ve halkla ilişkilerine önem vermektir. Tanıtımın iyi yapılması ve ilişkilerin güçlü olması kümeyi bu süreçte başarıya taşıyacak önemli bir adımdır. Küme ile ilgili bilgilerin bulunduğu görsel basın çalışmaları farklı dillere çevrilmelidir. Pazarlama aktivitelerine ağırlık verilmelidir. Sonrasında partnerler belirlenerek süreç içerisinde yapılması planlanan projeler oluşturulur ve bu sırada partnerler arası güven teşkil edilmelidir. Projelerin uygulaması tamamlandıktan sonra ölçme ve değerlendirme yapılarak rapor hazırlanır. Böylece kümenin küresel entegrasyondaki başarısı ölçülmüş olur. Uluslararası küme ağlarına üye olarak, yapılan organizasyonlara katılarak, eğitimler alarak bu konu ile ilgili ağ oluşturulur ve bu ağ sonrasında iş birlikleri başlayarak yerel pazarda hareket eden küme, yönünü global pazarlara çevirmiştir (Gümüş, 2020). Bu dinamik süreç kümelenme gibi farkındalık sağlanması, içselleştirilmesi ve yönetilmesi gereken bir ekosistemdir.

### **Kümelerin Uluslararasılaşma Performansının Belirlenmesinde TOPSIS Yöntemi**

Uluslararasılaşma performansı birden fazla değişkenin aynı anda değerlendirilmesi ile ölçülmektedir. Kümelerin “ihracat miktarı” ulusal pazarda değer yaratmayı ifade ettiği için güçlü kriterlerden biridir. Bu veri, kümenin ilk ihracat dönemindeki ülke sayısı ile güncel ihracat yaptığı ülke sayısı arasındaki fark ile elde edilmektedir.

Değerlendirmede “çıkıtı” olarak alınan bu fark ile kümenin “yayılma gücü” olarak tanımlanan değişken doğru orantılıdır. Başka bir deyişle, bu fark ne kadar büyükse kümenin yayılma gücü de o kadar büyüktür. Kümenin kuruluş tarihi ile ilk ihracat yaptığı tarih arasındaki fark kümenin “yayılma hızı” değerini ifade etmektedir. Bu fark performans değerlendirmesinde “girdi” olarak kullanılmış olup, ne kadar küçük ise kümenin uluslararasılaşması o kadar hızlıdır. Son değişken 5 aşamalı süreç olan (1. Aşama : sadece ihracat yapma, 2.aşama: acente, 3.aşama: temsilcilik sahibi olma, 4.aşama: yabancı pazarda satış ekibinin olması, 5.aşama: yabancı pazarda üretici olma) uluslararasılaşma düzeyidir (Gümüş, 2020).

Küresel entegrasyon sürecinde uluslararasılaşma performans değerlendirmesi için kullanılan veri seti Tablo 2’de gösterilmiştir.

*Tablo 2. Uluslararasılaşma Performans Değerlendirmesi Veri Seti*

<b>Girdi Değişkenleri</b>	<b>Açıklama</b>
Uluslararasılaşma Hızı (UH)	Kümenin ilk ihracat tarihi (m) ile kuruluş tarihi (k) arasındaki farktır (UH=m-k).
Yayılma Gücü (YG)	Kümenin mevcut ihracat yapılan ülke sayısı (n) ile ilk ihracat yapılan ülke sayısı (y) arasındaki farktır (YG=n-y).
Uluslararasılaşma Düzeyi (UD)	Düzensiz ihracat (1.aşama), acenta (2.aşama), satış temsilcilikleri, yabancı pazarlarda satış ekibi istihdamı (3.aşama) ve yabancı pazarda üretim (4.aşama) şeklindeki süreçlerdir.
<b>Çıkıtı Değişkeni</b>	<b>Açıklama</b>
İhracat (İ)	Kümenin yıllık yurtdışı satışları (milyon \$) toplamıdır.

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Popüler olan çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, genel olarak tedarik zinciri yönetimi, lojistik, bilgi teknolojileri, mühendislik, üretim sistemleri, işletme ve pazarlama yönetimi, çevre yönetimi, performans değerlendirme, alternatif değerlendirme, insan kaynakları ve su kaynakları yönetiminde kullanılmaktadır (Velasquez ve Hester, 2013).

Türkiye’de imalat sanayinin iki lokomotif sektöründen seçilmiş otomotiv ve tekstil küme örneklerinin uluslararasılaşma seviyelerinin

karşılaştırılması için TOPSIS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. TOPSIS, veri setlerine doğrudan ve basit şekilde uygulanabilirliği, kolay kullanımı, yüksek hesaplama kabiliyeti, karşılaştırma yeteneğine sahip, programlanabilir ve en uygun çözümün uzak ve yakın alternatif değerlerini de tanımlayabilen bir yöntem olmasından dolayı tercih edilmiştir.

TOPSIS yönteminde ideal seçeneklerin sıralanması 6 adımda gerçekleşmektedir. İlk adım karar matrisinin oluşturulmasıdır. Sıralama istenen karar noktaları satırlarda, değerlendirme değişkenleri ise sütunlarda yer almaktadır (Opriovic ve Tzeng, 2004).

Karar matrisinin normalize edilmesi aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (Dumanoğlu, 2010).

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}$$

Karar verici tarafından belirlenen ağırlık değerleri normleştirilmiş karar matrisinin sütunları ile çarpılarak yeni bir ağırlıklandırılmış standart karar matrisi ortaya çıkartılır (Opriovic ve Tzeng, 2004).

$$X_{ij} = w_i \cdot z_{ij} \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Yöntemde, ideal (+) ve negatif ideal (-) çözümlerin tespiti ile bir önceki adımda belirlenen matriste bulunan maksimize ve minimize edilmiş çözüm noktalarındaki değerlerin kullanılması ile belirlenmektedir (Demirli, 2010).

Alternatifler arası uzaklık farkı ideal noktalara olan uzaklık değerlerini vermektedir. Aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (Demirli, 2010).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^*)^2} \quad (\text{Pozitif İdeal Mesafe(PIM)})$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad (\text{Negatif İdeal Mesafe(NIM)})$$

İdeal çözüme göreli yakınlık, 1 skoruna yakınlık ile, 0 skoruna yakınlık ise sonucun negatif ideal çözüme yakın olduğunu ifade etmektedir.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

Tablo 2’de bulunan veri seti referans alınarak Tablo 3’deki karar matrisi oluşturulmuştur.

*Tablo 3. Karar Matrisi*

	İ/(milyon \$)	YG/(ülke)	UD/(seviye)	UH/(yıl)
<b>Otomotiv Kümesi</b>	5800	45	4	19
<b>Tekstil Kümesi</b>	480	115	4	4

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Bir sonraki aşamada normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 4’de gösterilmiştir.

*Tablo 4. Normalize Edilmiş Karar Matrisi*

	İ/(milyon \$)	YG/(ülke)	UD/(seviye)	UH/(yıl)
<b>Otomotiv Kümesi</b>	0,996592996	0,364399349	0,707106781	0,978549785
<b>Tekstil Kümesi</b>	0,082476662	0,93124278	0,707106781	0,206010481

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Diğer aşama Tablo 5’te toplamı 1 değerine eşit olacak kriterlere verilen ağırlık skorlarının belirlenmesidir.

*Tablo 5. Kriterler ve Ağırlık Skorları*

Kriterler	Ağırlık Skoru
İhracat	0,4
Yayımla Hızı	0,3
Uluslararasılaşma Düzeyi	0,2
Uluslararasılaşma Hızı	0,1

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Ağırlık skorları ile normalize edilmiş karar matrisinin çarpımı ( $V_{ij} = \bar{X}_{ij} \times W_j$ ) Tablo 6'daki ağırlıklandırılmış normalize matris değerlerini vermiştir.

*Tablo 6. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi*

	<b>İ/(milyon \$)</b>	<b>YG/(ülke)</b>	<b>UD/(seviye)</b>	<b>UH/(yıl)</b>
<b>Otomotiv Kümesi</b>	0,398637199	0,109319805	0,141421356	0,097854978
<b>Tekstil Kümesi</b>	0,032990665	0,279372834	0,141421356	0,020601048

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Yukarıdaki tabloya göre ağırlıklandırılmış ideal V+ (maksimum) ve ideal V-(minimum) değerler Tablo 7'de belirtilmiştir.

*Tablo 7. İdeal Maksimum ve Minimum Değerler*

	<b>İ/(milyon \$)</b>	<b>YG/(ülke)</b>	<b>UD/(seviye)</b>	<b>UH/(yıl)</b>
<b>V+</b>	0,398637199	0,279372834	0,141421356	0,097854978
<b>V-</b>	0,032990665	0,109319805	0,141421356	0,020601048

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Tablo 7'deki veriler referans alınarak S+ ve S- ideal noktalara olan uzaklıklar hesaplanmış ve ideal noktalara olan uzaklık değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

*Tablo 8. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık ve Uluslararasılaşmış Küme Sıralaması*

	<b>Si+</b>	<b>Si-</b>
<b>Otomotiv Kümesi</b>	0,170053029	0,373718554
<b>Tekstil Kümesi</b>	0,373718554	0,170053029

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

İdeal çözüme göreli yakınlık, negatif ideal mesafenin toplam ideal mesafeye oranı olarak hesaplanmış, "1" skoruna sahip ya da yakın

küme mutlak ideal çözüme yakın olarak başka bir deyiŖle diğere göre çok daha fazla uluslararasılaŖmış Ŗeklinde ifade edilmiŖtir.

*Tablo 9. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık ve UluslararasılaŖmış Küme Sıralaması*

	<b>Pi</b>	<b>Sıralama</b>
<b>Otomotiv Kümesi</b>	0,68727121	1
<b>Tekstil Kümesi</b>	0,31272879	2

*Kaynak: Gümüş, 2020.*

Bu tabloya göre Türkiye'nin iki lokomotif sektöründen alınan küme örneklerinde küresel entegrasyon sürecinde otomotiv kümesinin, tekstil kümesine oranla daha fazla uluslararasılaŖtığı tespit edilmiŖtir.

## **SONUÇ**

İŖletmeler ayakta kalabilmek için alternatif arayışlarını sürdürmeye devam etmektedirler. İŖ ve güç birliğı yaparak oluŖturdukları kümelenme ekosistemi de aynı amaç için hareket etme eğilimdedir. Kümeler, geliŖmekte olan ülkeleri, bölgeleri ve coğrafiyaları yeni pazar alanları olarak hedeflemektedirler. Kümelenme kavramı sonrasında 80'li yıllarla birlikte küresel arenaya çıkmak iŖletmelerin dolayısıyla kümelerin en etkili stratejilerinden biri haline gelmiŖtir. Kümelenme ekosistemi gibi uluslararasılaŖma süreci de farkında olma, içselleŖtirme, yönetim süreci gerektiren stratejik ve taktik kararlar alınıp, uygulama aŖamaları içermektedir. ÇalıŖmadaki kümeler gibi bu dinamik süreçleri başarı ile geçebilecek, bu aktif ekosistemleri sürdürülebilir Ŗekilde kurup yönetebilecek potansiyele sahip çok sayıda organizasyon olmasına rağmen, demografik yapı, siyasi, politik, ekonomik, ticari sebeplerden, engellerden ve kısıtlardan dolayı bu potansiyeli kullanamamaktadırlar.

Türkiye'deki kümelenme kavramı ile ilgili görünme de iŖletmelerin karşısında bulunan en büyük engel, "güven eksikliğı"dir. Bunun alt kırılımları olarak, iŖletmelerin küme yönetimine bilgi vermemesi, yeni kurulan kümelerde bilgilerin mevcut olmaması, bilgi paylaşmak istenmemesi, kümeler üzerinden ihracat yapılmadığı için ciro, ihracat, ithalat gibi değerlendirme yapılabilecek bilgilerin küme yönetimine verilmemesi, küme yönetimlerinin bilgileri üyelerden toplayamaması, derleyememesi, bunu yapacak yetkinlikte çalıŖan olmaması, güven

oluşmadığı için işletmelerin bilgi paylaşmaması, saklaması sayılabilir. Bu engellere ek olarak kavramın yeni olması, işletmeler tarafından kavramın sahiplenilmemesi, küme üye aktörleri arasında diyalog eksikliği, kalite yerine fiyat rekabetinin ve kısa zamanda daha çok para kazanma arzusuna yenik düşme, işletmelerin iş birliği eksikliği, işletmelerin içinde bulunduğu finansal tehditler ve ülkenin finansal durumu sayılabilir. Bu zorlukları aşabilmiş ve küme yetkinliğine ulaşmış organizasyonlar yerel pazardan küresel pazarlara entegre olmak istediklerinde sosyo-kültürel eksikler, farkındalık eksiklikleri, organizasyon eksikleri, kaynak eksikleri ve yine güven eksikliği gibi yeni engellerle karşılaşacaklardır.

Çalışmada, Türkiye’deki iki lokomotif sektör olan otomotiv ve tekstil sektöründen küme örneklerinin küme yönetimlerinden alınan küme yaşı, küme üye sayısı, küme istihdamı, küme çalışan sayısı, yıllık ciro ve yıllık ihracat, ihracat yaptıkları ülkeler, yatırım stratejileri, yeni bölgelere açılma stratejileri doğrultusunda uluslararasılaşma değerlendirmesi yapılmış, daha sonra uluslararasılaşma hızı, uluslararasılaşma düzey, kümenin yayılma gücü ve ihracat oranları ile ortaya çıkan karar matrisi doğrultusunda TOPSIS yöntemi kullanılarak hangi sektöre ait kümenin küresel entegrasyon sürecinde daha iyi uluslararasılaştığı araştırılmış, veriler ile yöntemin çalıştırılması sonucunda otomotiv kümesinin tekstil kümesine oranla daha iyi uluslararasılaştığı tespit edilmiştir.

Türkiye’deki kümelerin küresel entegrasyon stratejisinin geliştirilmesi için gereken konuların başında uluslararasılaşma sürecine ait farkındalığın artırılması ve yerel pazarda hareket eden küme organizasyonunun küme içi ve küme dışı iletişim ve ilişkilerinde güven oluşturulması, kümelerin uluslararasılaşma faaliyetlerinde devletin paydaş olarak katkıda bulunmasının yanında küresel entegrasyon sürecinde de etkin şekilde rol alması gerekmektedir.

Kümelene gibi, uluslararasılaşma sürecine de yeterli ilgi, istek gösterilip, emek ve zaman harcanırsa, düzgün kurgulanıp, doğru şekilde uygulanıp, iyi yönetildiği takdirde bu kavramların ne kadar güçlü bir etkiye sahip olduğu görülecektir.

Bu çalışmada yer alan veriler doğrultusunda daha yüksek katılımın sağlanacağı, Türkiye’deki tüm kümelere uygulanarak her sektör için “uluslararasılaşma stratejileri ve yol haritası” çalışmasının yapılması

önerilmektedir. Böylece uluslararası arenada Türkiye’yi temsil eden organizasyonların sadece otomotiv ve tekstil sektörü olmadığı, daha bir çok sektörün de uluslararası olanaklardan yararlanması ile birlikte ülke olarak rekabet gücümüzü artırmamıza olanak sağlayacağı göz ardı edilmemelidir. Çalışma, Türkiye gibi yüksek potansiyele sahip ülkelerin uluslararasılaşma ile birlikte küresel rekabet gücünün artırılması için nelerin yapılması gerektiğinin belirlenmesi adına önem teşkil etmektedir.

## KAYNAKÇA

Bilkey, W. J. (1978). An Attempted Integration of The Literature on The Export Behavior of Firms, *Journal of International Business Studies*, 9 (1). 33-46.

Demirli, E. (2010). Topsis Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye’deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama. *GiriŖimcilik ve Kalkınma Dergisi*. 5(1). 102-112.

Dulupçu, M. A. ve Demirel, O. (2005). KüreselleŖme ve Uluslararasılaşma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1-43.

Dumanoğlu, S. (2010). İMKB’de İşlem Giren Çimento Şirketlerinin Mali Performansının Topsis Yöntemi ile Değ erlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İBFF Dergisi*, 19(2). 323-339.

Dymitrowski, A. (2014). The Role of Innovations Created in the Internationalization Process for Company Performance. Wydawnictwo, Naukowe, PWN SA. 1-162.

Giddens, A. (2010). Modernite ve Bireysel - Kimlik Geç Modern Çağ da Benlik ve Toplum, 1.Baskı İstanbul: *Say Yayınları*.

Gümüş, T. B. (2020). Uluslararası Rekabette En Etkin Kümenin Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi (Yayınlanmamış doktora tezi). Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Held, D. ve McGrew, A. (2008). Küresel Dönüşümler Büyük KüreselleŖme Tartışması, Ankara: *Phoenix Yayınevi*.

Islankina E., Nazarov M. ve Fyaksel E. (2014). Internationalization of Regional Clusters in Russia: Empirical Study. *Innovations*. (4). 77-87.

Johanson, J. ve Wiedersheim-Paul, F. (1975). The internationalization of the firm four Swedish cases. *Journal of Management Studies*, 12 (3). 305-323.



Kutlu, E. (1998). Dünya Ekonomisi, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir.

Laghzaoui, S. (2011). SMEs' Internationalization: An Analysis with The Concept of Resources and Competencies. *Journal of Innovation and Management* (7). 181-196.

Oprionic, S. ve Tzeng, G. H. (2004). Compromise solutions by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*. 445–455.

Velasquez, M. ve Hester, P.T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*. 10(2). 56-66.

URL-1: <http://www.innovationclusters.no>. (Kümelerin Küresel Yolculuğu, 20.03.2021).

# Dijital Liderlerin İşletmelerin Dönüşüm Sürecindeki Önemi

**Emine Gündoğmuş**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0001-5278-8694)

**Pelin Vardarlier**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-5101-6841)

**Huriye Beyza Erdoğan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-6451-5383)

## **GİRİŞ**

Dijitalleşme, her işletme ve toplum için çok önemlidir. İşletmelerin müşterileriyle iletişim kurma, pazarlama yapma, ürünlerini teslim etme ve iş süreçlerini yürütme biçimleri dijital teknolojiden büyük ölçüde etkilenmektedir. Dijital teknolojideki yeni gelişmeler, işletmeler ve toplum için yeni fırsatlar ile birlikte birtakım zorluklar da sunmaktadır (Husing vd., 2013). Dijitalleşme, işletmelerin iş yapış biçimlerini değiştirmiş fakat işletmeleri hiçbir zaman kendi başına dönüştürmemiştir. Bir işletmenin dönüşüm ve değişim yaşamasına imkan veren şey liderlerin dijitalleşme ile ilgili vizyonlarıdır (Kane vd., 2015). İşletmelerin dijital dönüşüm yaşamalarında etkili bir rol oynayan liderlik türü ise dijital liderliktir.

Dijital liderler, dijital çağa uygun olan farklı beceri, tutum, mesleki ve kişisel deneyimleriyle diğer liderlerden ayrılmaktadırlar. Dijital liderler, geniş bir entelektüel merak duygusuna sahiplerdir ve yeni bilgiler öğrenmeye açıktırlar. Farklı bakış açılarına sahip olan dijital liderler, belirsizlik karşısında güçlü bir duruş sergilerler. Sürekli öğrenmeye açık olan dijital liderlerin bu özellikleri sayesinde, küresel anlamda ve işletme bazında yaşanan zorluklar ve sundukları çözüm önerileri ile dijital çağda aranan lider türü olmaları kaçınılmazdır.

## **LİDERLİK KAVRAMI VE TEKNOLOJİ İLE İLİŞKİSİ**

Liderlik, geçmişten günümüze çok fazla çalışılmış ve yeni bir dönemin başında olduğumuz bugünlerde önemini hala korumaya devam eden bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Dinh vd., 2014).

Son yıllarda yaşanan teknolojik değişiklikler, yeni liderlik kavramlarını şekillendirmektedir. Tarihsel olarak incelendiğinde liderlik teorileri, özellik (1940 öncesi), davranış (1940-1960 arası), durumsallık (1960-1980 arası) ve yeni liderlik teorileri (1980'lerden günümüze) olmak üzere 4 farklı kısımda incelenebilmektedir. Bu liderlik teorileri, liderlik 1.0, 2.0, 3.0 ve 4.0 olarak da ifade edilmektedir (Öz, 2020). Liderlik 4.0, özellikle Endüstri 4.0 ile ilişkilendirilmekte ve geleceği görebilen ve etrafındakileri de geleceğe taşıyabilen liderler olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0'ın gelişmesine etki eden teknolojilerin iş hayatında kullanımının artması, yaşanan teknolojik gelişmeler, internet kullanımının hız kazanması gibi teknolojik alanda yaşanan değişim ve dönüşümlere uyum

sağlayabilen ve liderlik edebilecek olan liderler türü, Liderlik 4.0 veya dijital liderlik olarak görölmektedir (Öz, 2020).

Teknolojik liderlik, dijital liderlikten daha geniş bir anlam ifade etse de dijital liderlik yalnızca teknolojinin kullanımını değil, stratejik bir görüş ve dönüşüm için gerekli bir kavramdır. Dijital liderliğin oluşması teknoloji ile ilişkilidir ve teknoloji dijital liderlik için önkoşuldur. Salmon ve Angood'a göre, dijital teknolojilerin entegrasyonu örgütsel değişim ve dönüşüm için gereklidir (Şahin vd., 2020).

Castells (2012)'e göre günümüzde liderler, yeni teknolojileri ne kadar çok kullanırlarsa etki alanlarını o kadar genişletebilmektedirler. Bu nedenle, bu özelliğe 'etki ilişkisi' denildiğinden, teknoloji, liderlerin güçlü ve başarılı olması için gerekli bir araç haline gelmiştir (Wisniewski, 2010).

Liderlikle ilgili çalışmaların artması, son yıllarda yaşanan teknolojik ilerlemelerin bir yansıması olarak karşımıza çıkmaktadır (Kremer, 1993). Teknolojik ilerlemeler sonucu endüstrinin gelişmesi "Dijital Çağ" olarak isimlendirilen yeni bir dönemim başlamasını sağlamıştır (Kayıkçı ve Kutluk Bozkurt, 2018).

Bir ülke ekonomisinin teknolojik ilerleme seviyesi, içinde faaliyet gösteren işletmelerin güçlü teknolojik ilerlemesinin doğrudan bir sonucudur. Bununla birlikte, teknolojik ve yenilikçi gelişme derecesi, yöneticilerinin stratejik ve operasyonel düzeyde bilgi, beceri, yetenek, yetkinlik, hazırlık, deneyim ve potansiyeli ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, işletmelerin yüksek düzeyde teknolojik ilerlemesini sağlamak için, organizasyonları optimum uzun vadeli başarıya ulaştıran liderlik becerilerine sahip olmak esastır (Temelkova, 2018).

Khan'a göre günümüz iş dünyasında liderlerin başarılı olabilmesi için gerekli liderlik yetenekleri şöyledir (Khan, 2016):

- Dönüştürücü bir dijital vizyon oluşturma,
- Çalışanların katılımını sağlayarak harekete geçirme,
- Dijital yönetişime odaklanma,
- Teknolojik liderliğe odaklanma.

Teknolojinin gelişmesi ile liderler, bir işletmenin değer zincirini oluşturan önemli unsurlar olan iş modeli, yapı, insanlar, teknolojik

benimseme ve katılım modeli oluşturma gibi çeşitli örgütsel süreçlerde faaliyet göstermektedirler. Bu boyutlar olmaksızın herhangi bir dijital dönüşümden bahsetmek mümkün değildir (Özmen vd., 2020).

## **DİJİTAL DÖNÜŞÜM KAVRAMI**

Günümüzde iş ve yaşam deneyimlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri ile internete dayalı olduğu dijital dünyada içerisinde varlığımızı sürdürmekteyiz. Bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki gelişmeler sadece iş hayatını etkilememekte aynı zamanda sosyal ve toplumsal ilişkileri de etkilemektedir (Öz, 2020).

Dijitalleşme, endüstriyel anlamda üretim ve çalışma sürecini değiştirmiş, aynı zamanda doğal kaynaklardan hizmet sektörüne kadar tüm ekonomik sektörleri etkilemiştir. Bunun sonucunda ise bütün iş kollarında mesleklerde çalışan kişiler, dijitalleşmenin getirmiş olduğu değişime maruz kalmıştır. Bu değişimin ise bütün iş ve mesleklerin doğasını değiştirmesi beklenmekte; iş süreçleri, görev yapıları, beceri ve yetkinlik düzeylerine etki edeceği düşünülmektedir (Seçer, 2017). Dijitalleşme, dijital teknolojilerin gelişmesine bağlıdır ve işletmelerin yapı ve işleyişlerinde değişiklikler meydana getirmektedir (Urbach ve Röglinger, 2019).

İşletmelerde yaşanan dijital dönüşümün dijitalleşmenin bir evresi mi yoksa dijitalleşmeden farklı bir kavram olup olmadığı bir tartışma konusudur. Savić'e göre süreç otomasyonu dijitalleşmenin ilk evresidir (Savić, 2019). Riedl ve arkadaşlarına göre dijitalleşme ve dijital dönüşüm aynı şeyi ifade etmektedir (Riedl vd., 2017). Berghaus ve Back'e göre dijitalleşme sonucunda örgütsel strateji ve yapıların dönüşümü gerçekleşmiş ve dijital dönüşüm yaşanmıştır (Berghaus ve Back, 2016). Kofler'e göre ise dijital dönüşüm, işletmelerde yaşanan dijitalleşmenin dinamizmi artırması sonucunda ortaya çıkmıştır (Kofler, 2018). Farklı görüşler olmasına rağmen ortak nokta, dijital dönüşüm kapsamlı bir değişikliktir ve işletmelerin iş süreçleri, iş modelleri, müşteri ilişkileri, iş tanımları, yetkinlikler ve örgüt kültürünü önemli ölçüde etkilemektedir (Yücebalkan, 2020).

Yapılan tanımlarına bakıldığında, dijital dönüşüm kapsamlı bir değişim ve dönüşümü ifade etmektedir. Dijital dönüşüm stratejisi, bilgi teknolojileri altyapısı ve yazılım sistemlerinin etkili şekilde yönetilmesini amaçlayan şirket stratejisinin önemli bir parçasını teşkil

etmektedir (Kofler, 2018). Dijital dönüŖüm, iŖletmelerdeki tüm seviyelerde köklü deęiŖiklik yapılmasını gerektirmekte ve bütün iŖ süreçlerini, kaynakları, iç ve dış paydaŖları etkilemektedir (Kırılmaz, 2020).

İŖletmelerdeki dijital dönüŖüm sürecinin dört evrede gerçekteŖtięi görölmektedir. Bunlar; kişisel bilgisayar evresi, internet evresi, sosyal medya evresi ve nesnelerin interneti evresidir (Klein, 2019). Kişisel bilgisayar evresi, verilerin sayısallaŖtırılması ve bilgisayara iŖlenmesi sonucunda dijital dönüŖüm sürecinin baŖladığı ve internetin kullanılmasına kadar geçen süreci ifade etmektedir (Savić, 2019). İnternet evresi, iŖletmelerin iç ve dış paydaŖların iletiŖiminde deęiŖikliklerin yaŖandığı, e-posta ve intranet kavramlarının iŖ yaŖamına girdiği, elektronik ticaret kavramının ortaya çıktığı süreci ifade etmektedir (Wigand, 1997). Sosyal medya evresi, Web 2.0 teknolojisinin rutin olarak kullanılmaya baŖladığı, insanların kişisel hayatlarında kullanılmıŖ oldukları sosyal medya uygulamalarının iŖletmeler tarafından kullanılmaya baŖladığı, müŖterilerin de sanal ortamda aktif olarak yer almaya baŖladığı üçüncü dijital dönüŖüm sürecidir (Liang ve Turban, 2011). Son evre olan nesnelerin interneti evresi ise aę teknolojilerin entegre kullanıldığı, üretimin insandan bağımsız olarak gerçekteŖtięi, akıllı fabrikalar ve siber fiziksel sistemlerin kullanıldığı, sadece üretim sürecinin değil iŖletmelerdeki bütün iŖ değer zincirinin deęiŖtięi süreci ifade etmektedir (Burmeister vd., 2016).

Dijital dönüŖümün en çok yaŖandığı alan iŖ modelleridir. Dijital dönüŖüm sayesinde iŖ modellerinde değer üretim Ŗeklinden gelir elde etme Ŗekline kadar köklü deęiŖiklikler yaŖanmaktadır (Osterwalder vd., 2011; Blunck ve Werthmann 2017). Dijital dönüŖüm, iŖletmelerin iŖ süreçlerini de etkilemektedir. Dijital teknolojilerin kullanılması, hammadde satın alımından üretime, üretimden satıŖa, satıŖtan ürün hizmetine kadar olan tüm iŖ değer zincirini deęiŖtirmektedir (Blunck ve Werthmann, 2017).

İŖ modellerinin ve iŖ süreçlerinin deęiŖmesi, iŖletmelerin mevcut yapıları ve anlayıŖıyla gerçekteŖtirmeleri mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, iŖletmelerin örgüt yapılarının da dönüŖmesi gerekmektedir (Kofler, 2018).

Dijital dönüşüm uygulamaları, veri odaklı teknoloji tabanlı sistemlere büyük ölçekli geçişi, paydaşlar ve müşteriler için değer elde etmeyi, büyüme ve istikrar sağlamak için süreçleri etkili bir şekilde düzene sokabilmeyi, verimliliği artıran ve sürdürülebilir faaliyetleri destekleyebilen bir şekilde tasarlanmalıdır (Dahlström vd., 2017). Bu bağlamda, dijital bir dönüşüm aşağıdaki unsurları gerektirmektedir:

- İşin yönünün belirlenmesi
- Dönüşümü kimin yöneteceğinin belirlenmesi
- Kilit paydaşları, dönüşümün olması gerektiğine ikna etmek
- İşletmenin dijital çağda nerede konumlandırılacağına belirlenmesi
- Dönüşüm sırasında kararların nasıl verileceğinin belirlenmesi
- Dönüşüm için gerekli finansmanın hızlı ve dinamik bir şekilde nasıl elde edileceğinin belirlenmesi
- Dönüşümün ne zaman ve nasıl yapılması gerektiğinin belirlenmesi

Dijital dönüşüme uyum sağlamak için öncelikle değişimi iyi yönetmek gerekmektedir. Değişimin başarı ile yönetilmesi için de bir lidere gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda, dijital dönüşüm süreci, yeni liderlik modellerinin ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır (Özmen vd., 2020). Bir işletmenin dijital dönüşüm süreci, bu sürecin başarılı bir şekilde yönetilebilmesine bağlıdır. Bu sürecin mimarları da dijital liderlerdir.

## **DİJİTAL LİDERLİK KAVRAMI**

Dijital liderlik, her ortamda kesintisiz internet bağlantısına sahip olabilen, açık kaynak teknolojisini kullanabilen, mobil cihazları ve teknolojiyi amacına uygun olarak kişiselleştirebilen liderlik becerisi olarak tanımlanmaktadır (Sheninger, 2014).

Mihardjo ve Sasmoko'ya göre dijital liderlik, dijital kültür ile dijital yetkinliğin bir birleşimidir (Mihardjo ve Sasmoko, 2019). Ayrıca dijital liderliğin Hambrick ve Mason (1984) tarafından geliştirilmiş olan yöneticinin karakteri ile örgüt çıktılarının neler olabileceğinin öngörülebileceğini açıklayan "Üst Kademe Kuramı"na dayandığını ileri sürmüşlerdir. El Sawy ve arkadaşlarına göre dijital liderlik işletme

ve iŖletme ekosistemi içerisinde dijitalleŖmenin stratejik baŖarıya ulaŖması için doğru Ŗeyleri yapmak olarak tanımlamıŖlardır (El Sawy vd., 2016). Westerman ise dijital dönüşüm için dijital liderlerin öneminden bahsetmiŖtir (Westerman vd., 2014). Aynı zamanda dijital liderin dijital farkındalığı yüksek olan etkileme gücü sayesinde örgütü harekete geçiren kiŖi olarak tanımlamıŖlar, dijital liderlerin yönettiği davranıŖların dijital dönüşüm için kilit bir rol oynadığını belirtmiŖlerdir.

Zhu, dijital liderliği 5 açıdan sınıflandırmıŖtır (Zhu, 2015). Birinci tür liderlikte “fikir liderliği” vardır. Bu liderlik, pazarda yaŖanacak deđiŖimlere karŖı güçlü kalabilme yeteneğini ifade etmektedir. İkinci tür liderlik “yaratıcı liderlik”tir. Bu liderlik türü, liderin yaratıcılık ve yenilik zihniyetine sahip olmasını ifade etmektedir. Üçüncü tür liderlik, “küresel vizyoner lider”dir. Liderin yön verebilme ve dijital dönüşümde orkestra Ŗefi olabilme özelliğini ifade etmektedir. Dördüncü tür olan “meraklı lider”, karmaŖık ve dinamik olan sistemde öğrenme yetkinliğini açıklamaktadır. Son lider türü olan “bilge lider” ise zor ve karmaŖık dönemlerde liderin bu süreci derin bilgi ve kavrama yeteneği ile yönetebilme, karar verme sürecinde bilgiyi yorumlama, anlamlandırma ve sentezlemede bilgilerini kullanabilmesi için sahip olduğu dijital liderlik yeteneğini açıklamaktadır.

Husing ve arkadaŖları, dijital liderliği, insanların yönlendirmesi ve bilgi iŖlemleri teknolojilerinin kullanımı ile hedeflere ulaŖılması Ŗeklinde tanımlamıŖlardır (Husing vd., 2013). Bu tür bir liderlikte hem amaç hem de kaynaklar için bilgi iŖlem teknolojileri kullanılmaktadır. Ancak bu durum etkili dijital liderlik için belli yetkinliklere sahip olmayı gerekli kılmaktadır. Valentine ve Stewart ise dijital liderlik için Ŗu yeterliliklerden bahsetmektedir (Valentine ve Stewart, 2015):

- Stratejik avantaj için teknolojiyi yönetme becerisi, bilgisi ve deneyimi,
- Teknolojik kararlar almak ve riski yönetmek
- Geri dönüş elde etmek ve değer sağlamak için teknolojiyi kullanmak.

Dijital çağ, iŖ yapıŖ biçimlerini deđiŖtirmekle kalmamıŖ, müŖteri iliŖkiler, hizmet modelleri, ürün biçimleri ve en önemlisi de “yetenek” algılarını deđiŖirmiŖtir. İŖ stratejilerinde yaŖanan bu dönüşüm, yeni ve



farklı becerilere sahip olan dijital liderlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Dijital liderler, geleneksel liderlerden daha farklı bakış açılarına sahiptirler ve odaklandıkları noktalar daha farklıdır (Özmen vd., 2020).

İşletmeler, geleneksel liderlik anlayışlarını değiştirmeye, değişimi hızlı okuyabilen liderlik anlayışlarını benimsemeye başlamışlardır. İşletmelerin dijital dünyada başarılı olabilmeleri için liderlerin farklı bakış açılarına sahip olması, davranış ve tepkilerini içinde buldukları koşullara göre şekillendirmesi gerekmektedir. Bu nedenle, birçok işletmenin en önemli ihtiyacı, liderlerinin dijital yeteneklerini geliştirmektir (Abbatiello vd., 2017).

Dijital dünyada yakın bir zamanda başarılı olacak liderlerde olması gereken dijital yetenekleri ise şu şekilde sıralamak mümkündür (Toduk, 2014):

- *Dijital Yetenekler*: Teknolojiyi etkili kullanma, farklılaştırma yolu ile rekabet avantajı elde edebilmek için müşterilere yakın olma, müşteri ve çalışanlarla sürekli iletişimde olma gibi yetenekleri ifade etmektedir. Bu bağlamda, dijital liderlerin teknoloji dünyasında nasıl iletişim kurulacağını ve paylaşım yapılacağını bilmesi gerekmektedir. Bu yeteneğe sahip olmak dijital liderin çalışanlardan devamlı geribildirim almasını, belli verilere dayanarak ortak karar verebilmesini sağlamaktadır.
- *Güçlü Networkler ve İşbirliği*: Liderin, tüm takım arkadaşları, iş ortakları ve paydaşlarını karar verme sürecine dahil etmesini, geribildirim alma istediğini sürekli kılmasını, alınan geribildirimleri sürece dahil etmesini ifade etmektedir. Liderin sadece çevresine değil aynı zamanda bütüne odaklanmasını, içinde bulunduğu pazar dışındaki işletmelerle de işbirliği yapmasını belirtmektedir.
- *Girişimcilik/yenilikçilik Yeteneği*: Girişimcilikten kasıt, sadece fikrini gerçekleştirmek amacıyla kaynaklar bulmak değil geleceği kurma isteğine sahip olmaktır.
- *Vizyon ile Katılımcı Bağlılık Sağlama*: Liderin vizyonu sayesinde iş arkadaşlarına ilham vermesi ve onları sürece dahil etmesi, katılımcılığı arttırarak takımı birbirine bağlamayı ifade etmektedir. Ayrıca liderin katılımcıların birey olarak ne

istediklerine önem vermesi ve onların güçlü yönlerini ortaya çıkarmalarında yardımcı olmasını da ifade etmektedir.

Avado, dijital liderler ile geleneksel liderler arasındaki ayrımı şöyle belirlemiŖtir (Yücebalkan, 2020):

*Tablo 1. Geleneksel lider ve dijital lider arasındaki farklılıklar*

<b>Geleneksel Lider</b>	<b>Dijital Lider</b>
Yönetim biçimi, performans odaklıdır	Yönetim biçimi, performansın yanında uzmanlık ve hedef kültüre odaklanmaktadır, çalışanlara otonomi verir
Ürün odaklıdır, ürün geliştirme ve oluşturmayı benimser	Örgütsel hareket yeteneğine sahiptir, çoğu şeyden anlar ve buna göre hareket eder
İŖ planına önem verir	Kanvas iş modelini benimser
Çalışanları denetler	Yetenek geliştirme stratejilerine zaman ayırır
İnterneti ve dijital çağın araçlarını kullanmaz	İnterneti ve dijital çağın araçlarını aktif kullanır
Önemli olan ürün üretmektir	Ürün üretmenin yanında ürünü test etmeye de önem verir
Hedeflere odaklanır	Hedeflerin yanında çıktılara da önem verir
Doğru olana yavaş ve kesin yoldan ulaşır	En hızlı doğruyu hedefler
Gündeminde her zaman bütçe vardır	Gündemi test etmek, geliŖtirmek, dönüŖtürmek ve öğrenmektir

*Kaynak: Yücebalkan, 2020.*

Bennis'e göre dijital liderler, yeniye karşı dayanıklılık ve açıklıkla birlikte uyarlanabilir bir kapasiteye sahip olmalıdırlar (Bennis, 2013). Dijital bir lider olabilmek için bu niteliklerin öğrenilmesi gerekmektedir. Dijital liderliği tanımlamaya yönelik bir diğerk yaklaşım ise Toomey tarafından ortaya atılmıştır. Toomey, liderlik kavramını dijital çağın paradigma değıŖimiyle ilişkilendirmektedir (Toomey, 2016). Dijital lider, işi yeniden tasarlamak ve içinde bulunduğuk genişletmek için teknolojiye olanak tanıyan fırsatları arar, farklı paydaşların teknolojiyi kendi çıkarlarını geliŖtirmek için nasıl kullandıklarını anlar, değıŖim için örgütü odak noktasına alır ve tüm kaynakları bu değıŖime doğru harekete geçirir. Burada önemli olan,

dijital teknolojinin kullanımı ve benimsenmesini ve bu teknolojik fırsatlara tepki verme yeteneğini vurgulamaktır.

## **DİJİTAL LİDERLİĞİN İŞLETMELERİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDEKİ ÖNEMİ**

Globalleşen ve dijitalleşen iş dünyasında yaşanan hızlı değişimler, işletmelerin iş modellerini, örgütsel yaklaşımlarını ve stratejilerini de dönüştürmeye başlamıştır. Yaşanan bu dijital dönüşüme uyum sağlayabilen ve risk alabilen işletmelerin rekabet üstünlüğü sağlaması kaçınılmaz olacaktır. Dijital dönüşüme işletmelerin olduğu kadar çalışanların da ayak uydurabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çalışanlarda olması beklenen yetkinliklerde de değişimlerin olması beklenmektedir. Bu yetkinliklerin başında dijital yetenek kabiliyeti gelmektedir. Bunun için de etkili bir yönetim ve liderlik tarzı gerekmekte ve bu noktada dijital lider kavramı karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yapay zeka ve akıllı robotların iş süreçlerine dahil olması sonucunda akıllı sistemlerin kullanılmasını içeren stratejilerin oluşturulmasında dijital lider önemli bir role sahiptir. Dijitalleşme sonucunda bazı sektör ve mesleklerin yok olacağı düşünüldüğünde bu tür teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilecek ve gerekli bilgi, beceri ve yetkinliklerin geliştirilmesi sürecini yönetebilecek ve çalışanların dijital teknolojilere uyum sağlamasında yardımcı olabilecek bir dijital liderin önemi son zamanlarda oldukça artmıştır (İrge ve Şen, 2020).

İşletmelerin teknoloji odaklı olduğu günümüz iş dünyasında, liderlerin, dijital dönüşümün tüm örgütsel boyutlarından ayrı olarak çalışanların beceri ve yeteneklerine ilişkin farklı bakış açılarına sahip olmaları gerekmektedir (Özmen vd., 2020). Çünkü dijital liderler, işletmelerin verimlilik seviyelerini arttırmaktadırlar (Meffert ve Swaminathan, 2018).

Dijital liderlik becerilerine sahip profesyonellere duyulan ihtiyaç, işletmelerin ve ekonominin tüm hiyerarşik seviyelerinde ortaya çıkmaktadır. Bir iş stratejisinin ve ekonomik dönüşümün başarısı, yalnızca stratejik yönetimin değil aynı zamanda orta yönetimin de kilit rolüne bağlıdır. Bu nedenle, belli bir vizyona ve yenilik potansiyeline sahip, yaratıcı düşünebilen, güçlü, hırslı, motivasyonu yüksek, insan kaynaklarını da en iyi şekilde nasıl yöneteceklerini bilen insanlar, yüksek teknoloji ekonomik sistemin geliştirilmesinde özellikle değerlidir (Temelkova, 2018).

Günümüzde dijital liderlik becerileri, yüksek teknolojiye ulaşmak için önemli bir ön koŖuldur. Çünkü gelecekte teknolojik gelişme, dijital teknoloji alanındaki liderlerin bilgilerinin gelişimine dayalı olacaktır. Yapılan araŖtırmalar, en azından önümüzdeki beş yıl içerisinde, odak noktasının öncelikle büyük veri setlerini analiz etmek, işlerin bilgi teknolojilerine dayalı olmasını sağlamak, dijital ürünleri, sistemleri ve ağları yönetmek için dijital bir liderin becerilerine bağlı olacağını göstermektedir. Bu yetenekleri girişimciliğin gerekleriyle birleŖtirmek, dijital ortamın ve dijital sektörün gelişimini izleyen ve ustaca yenilikler üreten yeni bir lider türü oluŖturmaya yol açmaktadır. Bu nedenle, liderin ticari, yatırım ve finansal becerilere, proje yönetimi becerilerine, pazara nüfuz etme becerilerine, etkili pazarlama hamleleri ve karŖı hamleler gerçekteşirme becerilerine sahip olması gerekmektedir (Temelkova, 2018).

## **SONUÇ**

Günümüzde teknoloji kullanımının hızla artması, iletişim ve üretim sistemlerinde sanallaşmanın da etkisini arttırmaktadır. Çevresel, sosyolojik ve entelektüel alanda yaşanan gelişmeler, işletmelerin sürekli değişen koşullara uyum sağlamasını gerektirmektedir. İşletmelerin bu değişen şartlara uyum sağlaması, yönetimin en önemli stratejik görevlerinden birini oluŖturmaktadır. Yöneticilerin örgütsel değişime öncülük eden, sürekli öğrenme kültürünü destekleyen, iletişimi kuvvetli ve takım ruhunu güçlendiren bir lider profiline ihtiyaçları bulunmaktadır (Kırmaz, 2010).

Bennis'e göre herhangi bir düzeyde yer alan lider, dijital dünyayı ve dijital dünya araçlarını, bunların nasıl kullanılacağını, paydaşlarla ilişkilerin önemini, müşterileri, çalışanları ve tedarik zincirini anlamazsa önemli ölçüde geride kalacaktır (Bennis, 2013). Dijitalleşmenin getirdiği şeffaflık ile liderler dijital dünya araçlarının gücünü ve bu araçlarla başarıya nasıl ulaşılacağını anlamalıdır. Yapılan araŖtırmalar, işletmelerin sadece %40'tan daha azının dijital becerilere sahip olduğunu, CIO'ların ise sadece %35'inden daha azının dijital dönüŖüme öncülük etmek istediğini göstermektedir (Bhanap, 2015).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerdeki ve tüm endüstrilerdeki işletmelerde artık iş yapma süreçleri değişmiş ve yapay zeka gibi teknolojik gelişmeler hayatımıza büyük ölçüde yerleşmiştir. Yapılan

araştırmalar ve alanyazında konuyla ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde dijital liderliğin işletmelerin içinde bulunduğumuz dijital çağa ayak uydurabilmeleri için gerekli olduğu görülmektedir. Dijital liderler, dijitalleşen dünyada sahip oldukları beceri ve yetkinlikler ile öne çıkmakta ve dijital dönüşüme öncülük etmektedirler. Bu nedenle, işletmelerin dijitalleşme gibi uzun vadeli çalışmalarında ve dijital dönüşümlerinde dijital liderlere ihtiyaçları bulunmaktadır.

## KAYNAKÇA

Abbatiello, A., Knight, M., Philpot, S. ve Roy, I. (2017). *Rewriting the rules for the digital age: 2017 Deloitte Global Human Capital Trends*. UK: Deloitte University Press.

Bennis, W. (2013). Leadership in a digital world: embracing transparency and adaptive capacity. *Mis Quarterly*, 37(2), 635-636.

Berghaus, S. ve Back, A. (2016). Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study. In *MCIS* (p. 22).

Bhanap, R. (2015). Who is Responsible for Digital Leadership in the Boardroom. *Computer Weekly*, 7(13), 18-19.

Blunck, E. ve Werthmann, H. (2017). Industry 4.0—An opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy. In *DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting*, 3(1), 644-666.

Burmeister, C., Lüttgens, D. ve Piller, F. T. (2016). Business model innovation for Industrie 4.0: why the “Industrial Internet” mandates a new perspective on innovation. *Die Unternehmung*, 70(2), 124-152.

Dahlström, P., Desmet, D. ve Singer, M. (2017). The seven decisions that matter in a digital transformation: a CEO’s guide to reinvention. *Digital McKinsey article*, 1-8.

Dinh, J. E., Lord, R. G., Gardner, W. L., Meuser, J. D., Liden, R. C. ve Hu, J. (2014). Leadership theory and research in the new millennium: Current theoretical trends and changing perspectives. *The Leadership Quarterly*, 25(1), 36-62.

El Sawy, O. A., Kræmmergaard, P., Amsinck, H. ve Vinther, A. L. (2016). How LEGO built the foundations and enterprise capabilities for digital leadership. *MIS Quarterly Executive*, 15(2).

Husing, T., Korte, W.B., Fonstad, N., Lanvin, B., Cattaneo, G., Kolding, M., Lifonti, R. ve Van Welsum, D. (2013) e- Leadership: e-Skills for Competitiveness and Innovation – Vision, Roadmap and Foresight Scenarios, Final Report, empirica – Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung mbH, Bonn.

İrge, N. T. ve Ŗen, E. (2020). ÇalıŖanların Dijital Teknolojiye Yönelik Tutumlarının ve İ GiriŖimcilik Özelliklerinin Bireysel İŖ Performanslarına Etkisi. *İŖletme AraŖtırmaları Dergisi*, 12(3), 2556-2579

Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D. ve Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*, 14(1-25).

Kayıkcı, Y.M. ve Kutluk Bozkurt, A. (2018). Dijital Çağda Z ve Alpha KuŖağı, Yapay Zeka Uygulamaları ve Turizme Yansımaları, *Sosyal Bilimler Metinleri*, 1, 54-64.

Khan, S. (2016). *Leadership in the digital age – A study on the effects of digitalisation on top management leadership*. Stockholm Business School Master Thesis 30 HP, Spring semester 2016, Supervisor: Henrikki Tikkanen.

Klein, M. (2019). *İŖletme 4.0 Kapsamında Ŗirket 2.0 – İŖletme Süreçlerinde Sosyal Yazılım Kullanımı*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kırmaz, B. (2010). Bilgi çağı lideri. *Ankara Barosu Dergisi*, 68 (3), s. 207-222.

Kırılmaz, S. K. (2020). Digital Transformation in Human Resources Management: Investigation Of Digital Hrm Practices Of Businesses. *Research Journal of Business and Management*, 7(3), 188-200.

Kofler, T. (2018). Digitale Transformation in Unternehmen. In N. Höhne, D. Méndez, K. B. Zimmer (Ed.), *ZD.B DIGITAL DIALOGUE POSITIONSPAPIER*.

Kremer, M. (1993). Population growth and technological change: One million BC to 1990. *The quarterly journal of economics*, 108(3), 681-716.

Liang, T. P. ve Turban, E. (2011). Introduction to the special issue social commerce: a research framework for social commerce. *International Journal of Electronic Commerce*, 16(2), 5-14.

Meffert, J. ve Swaminathan, A. (2018). Leadership and the urgency for digital transformation. *Leader to Leader* (88), 44-49.

Mihardjo, L. W. W. ve Sasmoko, S. (2019). Digital Transformation: Digital Leadership Role in Developing Business Model Innovation Mediated by Co-Creation Strategy for Telecommunication Incumbent Firms. *In Strategy and Behaviors in the Digital Economy*. IntechOpen.

Osterwalder, A., Pigneur, Y., Oliveira, M. A. Y. ve Ferreira, J. J. P. (2011). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *African journal of business management*, 5(7), 22-30.

Öz, Ö. (2020). Dijital liderlik: Dijital dünyada okul lideri olmak. *Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kuram ve Uygulama*, 3(1), 45-57.

Özmen, Ö. N., Eriş, E. D. ve Özer, P. S. (2020). Dijital Liderlik Çalışmalarına Bir Bakış. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 57-69.

Riedl, R., Benlian, A., Hess, T., Stelzer, D. ve Sikora, H. (2017). On the relationship between information management and digitalization. *Business ve Information Systems Engineering*, 59(6), 475-482.

Savić, D. (2019). From digitization, through digitalization, to digital transformation. *Online searcher*, 43(1), 36-39.

Seçer, H. Ş. (2017). İnsan Kaynakları Alanına Bloglar Üzerinden Bakmak Nitel Bir İnceleme, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 759-782.

Sheninger, E. (2014). Pillars of digital leadership. *International Center for Leadership in Education*, 1-4.

Şahin, Ç. Ç., Avcı, Y. E. ve Anık, S. (2020). Dijital Liderlik Algısının Metaforlar Yoluyla İncelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(73), 271-286.

Temelkova, M. (2018). Skills for digital leadership-Prerequisite for developing high-tech economy. *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences*, 7(12), 50-74.

Toduk, Y. (2014). *2023 Lideri-Dijital Çağın Liderlik Sırları*. Doğan Egmont Yayınları, İstanbul

Toomey, M. (2016) *ACS Briefing Digital Transformation*, Infonomics Pty, Melbourne, Australia.

Urbach, N. ve Röglinger, M. (2019). *Digitalization cases - how organizations rethink their business for the digital age*, Springer International Publishing, Cham, 1-12.

Valentine, E. ve Stewart, G. (2015). *Enterprise Business Technology Governance: Three competencies to build board digital leadership capability*. In: Proceedings of the 48th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE Computer Society, Kauai, Hawaii, 4513-4522.

Westerman, G., Bonnet, D. ve McAfee, A. (2014). The nine elements of digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 55(3), 1-6.

Wigand, R. T. (1997). Electronic commerce: Definition, theory, and context. *The Information Society*, 13(1), 1-16.

Wisniewski, M. A. (2010). Leadership and the millennials: Transforming today's technological teens into tomorrow's leaders. *Journal of Leadership Education*, 9(1), 53-68.

Yücebalkan, Ö. Ü. B. (2020). Holistik Perspektiften Güncel Liderliğe Bir Bakış: Dijital Liderlik+ Yeşil Transformasyonel Liderlik. *International Journal of Disciplines Economics ve Administrative Sciences Studies*, 6(18), 388-396.

Zhu, P. (2015). *Digital master: Debunk the myths of enterprise digital maturity*. Lulu Press, Inc.



# Uzaktan Test Yönetimi için Akıllı Dönüşüm Uygulaması

**Aysam Akses**

*ENTES Elektronik A.Ş., İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-2230-8618)**

**Olgay Yılmaz**

*ENTES Elektronik A.Ş., İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-1255-3721)**

**Anıl Cıvgin**

*ENTES Elektronik A.Ş., İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-1321-242X)**

**O. Emre Yelek**

*ENTES Elektronik A.Ş., İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-8228-7070)**

## **GİRİŖ**

Endüstriyel ürünler üreten kurumların yaptıkları tasarımları kendi imkanları ile değerlendirdikleri test laboratuvarlarında, tasarlanan ürüne bağlı olarak çok çeŖitli testler uygulanabilir. Ürünün yerine getirmesi gereken işlevler, belirlenen çalışma koşullarında değerlendirilir. Normal koşulların dışında genelde daha zorlayıcı şartlar altında, uygulanabilir standartların öngördüğü Ŗekilde tasarımın doğrulanması amacıyla gerçekleŖtirilen testler tip testleri olarak adlandırılır.

Test tasarımı ve test yönetimi konusu, özellikle geliŖtirilen ürünlerin kalitesini ve ulusal/uluslararası standartlara uygunluğu değerlendirdiğinden endüstriyel ürün üreticileri açısından yüksek önem taŖımaktadır. Testlerin birbir gözlem ve analiz gerektirmesi, test personelinin laboratuvar ortamlarında sürekli bulunmasını elzem kılmıştır. Bütün dünyada çalışma koşullarının deęiŖmesine neden olan COVID-19 pandemisi döneminde test laboratuvarlarında yeterli mesafe şartlarını sağlayarak çalışabilme ve testleri yönetme birçok güçlüğü beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, pandemi döneminde işlerin uzaktan yürütülmesinin teşvik edilmesine karŖın test yöneten mühendislerin testleri takip ve kontrol ederken laboratuvarında bulunma mecburiyetinin akıllı sistemler kullanılarak aşılması için geliŖtirilen uygulama önerileri paylaŖılmıştır.

Çalışmada öne çıkan hususlar, test düzeneklerinde haberleşme özelliği bulunan cihazların Endüstri 4.0 kapsamında kendi içinde iletişim kurmasının sağlanması, fiziksel takip gerektiren donanım testlerinin sorumlu mühendis tarafından ev ortamından izlenebilir ve yönetilebilir hale getirilmesi, haberleşme özelliği bulunmayan cihazların geliŖtirilen basit ama akıllı sistemler ile uygulamaya dahil edilmesi olarak sıralanabilir.

## **YAYIN TARAMASI**

Çözüm için üzerinde çalışılan konu, özellikle test laboratuvarı personeli ve test kuruluşları için çok önemli olmasına rağmen literatürde bu konunun sunulduğu yayın sayısı oldukça azdır. Yapılan yayın taramasında rastlanan çalışmalar uzaktan çalışma konusunu genel değerlendirmekte ve teknik olarak laboratuvar çalışmalarına

öneri getirmemektedir (Serinikli, 2021; Tuna ve Türkmendağ, 2020; Gupta, 2021). Elektrik-elektronik konusunda laboratuvarlara uzaktan erişim konusunda yapılan çalışmalar ise daha çok eğitim sektörüne ve öğrencilere yönelik, yazılım tabanlı, sanal laboratuvar uygulamaları olup endüstriyel amaçlı yapılan ve gerçek sonuçlara ihtiyaç duyulan verileri toplamaya yönelik değildir (Gustavsson, 2002; Restivo vd., 2009; Nedıç vd., 2003; Febregas vd., 2011; Doğan, 2008; Irmak, 2009). Konunun oldukça güncel olması, bu konuda yapılan çalışmaları ve yayınları çok kısıtlı düzeyde bırakmıştır. Hazırlanmış olan bu çalışmanın bu anlamda literatüre ciddi bir katkı sağlayacağı ve özellikle Türkçe kaynak problemine çözüm getireceği değerlendirilmektedir.

## **TEMEL AMAÇ VE DEĞERLENDİRME**

Bu çalışmada, endüstriyel elektronik ürünlerinin Ar-Ge, üretim ve satışını yapan bir özel şirkette, tasarım aşamasındaki ürünlerin prototiplerinin test edildiği laboratuvarında uzaktan çalışma kapsamında testlerin uzaktan yönetimi uygulamaları değerlendirilmiştir.

Geliştirilerek uygulamaya sokulan test yönetimi sistemi ile 7 kişilik test ekibi, laboratuvarında 1 personel kalacak şekilde uzaktan çalışma sistemine geçmiş ve doğrudan fiziksel takip gerektiren ve donanımı değerlendiren işlev ve tip testlerinin siber fiziksel yapıda uzaktan yönetilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında şirketin test mühendisliği departmanında gerçekleştirilen bazı elektromanyetik uyumluluk ve çevresel etki testleri, sorumlu mühendisler tarafından evden yönetilmiş, laboratuvar ortamında bulunmadan birden çok test eşzamanlı gerçekleştirilmiş ve yine geliştirilen sistem ile eşzamanlı raporlanmıştır.

Çalışmada anlatılan akıllı dönüşüm, yeni test düzenekleri geliştirme veya yeni sistemleri satınalmaktan öte, mevcut test sistemlerinin uzaktan çalışmaya elverişli hale getirilmesi ve test yönetimi yapısının değiştirilmesi şeklinde mühendislik uygulamaları içermektedir.

## **TİP TESTLERİ İÇİN UZAKTAN TEST YÖNETİMİ**

Çalışmanın yürütüldüğü test mühendisliği laboratuvarında elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve alçak gerilim yönetmeliğine

(LVD) göre çeŖitli tip testleri yapılmaktadır. Testler için kurulması gereken dzenekler, uygulanması gereken test düzeyleri, izlenmesi gereken parametreler ve alınan sonuçların değerlendirilmesi için ilgili Avrupa Birliği (EN) standartları kullanılmaktadır.

### ***BaęıŖıklık Testinde Uzaktan Test Yönetimi***

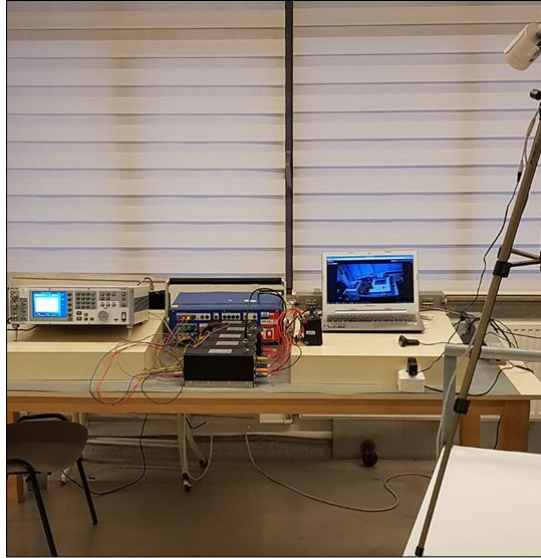
Uzaktan çalıŖmaya elveriŖli hale getirme kapsamda örnek olarak seçilen testlerden ilki, ürünlerin iletkenlik yoluyla uygulanan elektromanyetik giriŖime karŖı baęıŖıklık testidir. Üzerinde çalıŖılan iletkenlik yoluyla uygulanan elektromanyetik gürültüye karŖı baęıŖıklık testinde test düzeneği ilgili Avrupa Birliği (EN) standardına göre kurulduktan sonra, bir iŖaret üretici kullanılarak standardın öngördüğü bozucu etki, Ŗart koŖulan frekans bandı boyunca ve öngörülen genlik değerinde test altındaki cihazın (TAC) kablolarına uygulanmakta, bu esnada ürünün iŖlevini doğru Ŗekilde yerine getirip getirmediği izlenmektedir. Bu örnek çalıŖmada seçilen TAC, farklı besleme gerilimleri ile çalıŖabilen (50-270Vac) ve giriŖlerine bağlanan Ŗebekenin akım, gerilim ve diğer bazı elektriksel parametrelerini ölçebilen bir Ŗebeke analizörüdür. Testin, TAC'ın farklı fonksiyonları için tekrarlanması, her fonksiyonda performansın ve baęıŖıklık düzeyinin belirlenmesi ve raporlanması gerekmektedir. Laboratuvar koŖullarında testi gerçekteŖtiren operatör, gerek elektromanyetik giriŖim iŖaret üreticinin vereceği iŖaret genlik ve frekanslarını, gerek TAC'ın test edileceği farklı besleme kombinasyonlarını, gerekse ölçeceği farklı parametreleri ve bunların farklı düzeylerini manuel olarak el ile ayarlamakta, sonrasında test boyunca TAC'ı gözlemleyerek performans kaybı yaŖayıp yaŖamadıęını tespit etmektedir.

Yukarıda sayılan test adımlarını test operatörünün bizzat testin baŖında durarak yapma zorluğunu aŖmak için test düzeneği uzaktan kontrol edilebilir hale getirilmiŖtir. Bu amaçla haberleŖme özelliği olan cihazlar direkt kendi haberleŖmeleri üzerinden, bu özelliği bulunmayan cihazlar ise veri portlarından verilerin aktarıldığı bir bilgisayar üzerinden kontrol edilmeye çalıŖılmıŖtır.

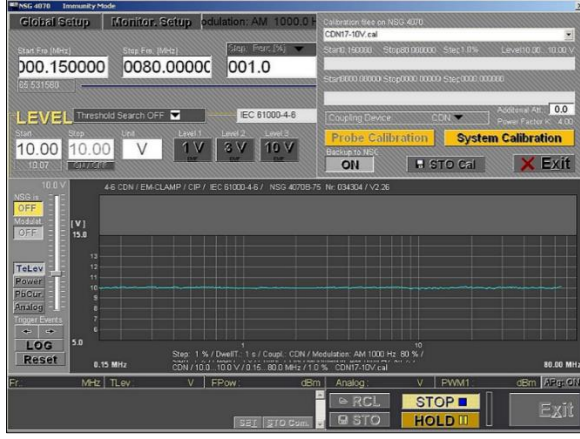
Kurulan test düzeneğindeki iŖaret üretici direkt internete bağlanabilme özelliğindedir. TAC'ı besleyen ayarlanabilir kaynak ise direkt ağa bağlanabildiği gibi, yazılan bir arayüz ile kendi programı bilgisayar kontrollü hale getirilmiŖtir. Bu çalıŖmada kullanılan TAC bir çoklu

ölçü aleti olduğundan, ölçme girişlerine verilecek farklı akım ve gerilimler de yine ağa bağlanmış olan ayarlanabilir kaynak ile uzaktan bilgisayar ortamında sağlanmıştır. TAC'ın test süresince ölçtüğü değerlerin ekrandan direkt okunması gerekliliği, haberleşme çıkışı bulunmayan TAC'larda TAC ekranına bakan bir ağ bağlantılı kamera ile sağlanırken, haberleşmesi olan TAC'larda direkt ağa veya ağa bağlı bir bilgisayara bağlanması ve verilerin bu kanaldan iletilmesi ile temin edilmiştir. Bu test düzeneğinde belirtilen cihazların hepsi, ağa bağlanma çıkışları olmaması durumunda bir bilgisayara bağlanıp bilgisayarın uzaktan kontrolü ile de sisteme dahil olabilmektedir (Şekil 1).

Oluşturulan uzaktan test yönetimi sisteminde, laboratuvarında bulunan teknik personel düzeneği kurduktan sonra testi yöneten personel evden bilgisayarı ile test düzeneğinin ayarlama ve okuma gereken elemanlarına bağlanmış, uygulayacağı test seviyeleri için işaret üreticini, TAC'ın farklı gerilimler ile beslenmesi için ayarlanabilir kaynağı ve yine TAC'ın ölçüm girişlerine uygulanacak farklı akım ve gerilimler için aynı ayarlanabilir kaynağı uzaktan yönetmiştir (Şekil 2). Test sürecinde TAC'ın performansını, ekrana yönlendirilen kamera vasıtasıyla ağ üzerinden gelen görüntüyü izleyerek değerlendirmiştir.



Şekil 1. Uzaktan yönetilen bağışıklık test düzeneği



Ŗekil 2. BaęıŖıkklık testinde kullanılan iŖaret üretcinin uzaktan kontrol arayüzü

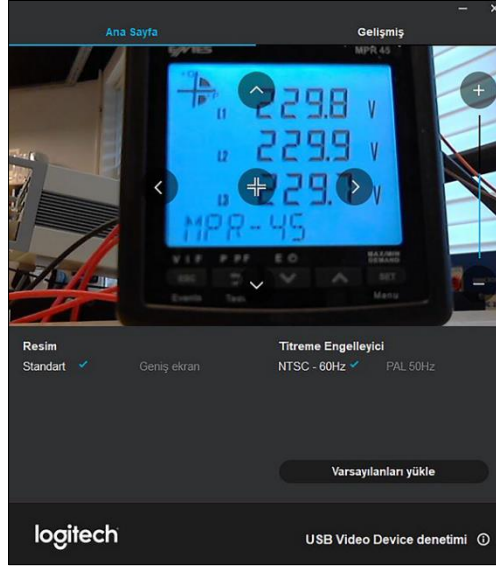
### **Yayınım Testinde Uzaktan Test Yönetimi**

Uzaktan alıŖmaya elveriŖli hale getirme kapsamda örnek olarak seçilen testlerden ikincisi, ürünlerin iletkenlik yoluyla bağlı oldukları Ŗebekeye yaydıkları elektromanyetik enerjinin ölçülmesi (iletkenlikle yayınım) testleridir. Bu test için bir önceki başlık altında anlatılan test düzeneğinin bir benzeri kurulmakta, sadece iŖaret üretci yerine TAC'ın yaydığı elektromanyetik gürültü miktarını ölçen bir alıcı cihaz bulunmaktadır. Test düzeneği laboratuvardaki personel tarafından kurulduktan sonra testi uzaktan yöneten personel TAC'ın beslemesini ve TAC'ın ölçüm girişlerine uygulanacak akım ve gerilimi sağlayan kaynağı (bağlı olduğu bilgisayar üzerinden) kontrol ederek evden testi gerekleŖtirmektedir. Test süresince TAC'dan kaynaklanan yayınımlar TAC'ın bağlı olduğu alıcı ile ölçülmekte, ölçülen bu değerler alıcının bağlı olduğu bilgisayar vasıtasıyla ağ üzerinden evdeki test yöneticisinin bilgisayarına ulaŖmaktadır.

Yukarıda anlatılan her iki test için, düzeneği bütünüyle gören bir ağ bağlantılı kamera (Ŗekil 3) ve TAC'ı yakından direkt gören ikinci bir kamera (Ŗekil 4) kullanılmış, böylece evdeki test operatörleri testin başında duruyormuŖ gibi testi izleme ve düzenekte değişiklik gerektiğinde laboratuvardaki personeli yönlendirme Ŗansına sahip olmuŖtur.



Şekil 3. Test yöneticisinin test düzenine uzaktan izlediği kameranın görüntüsü

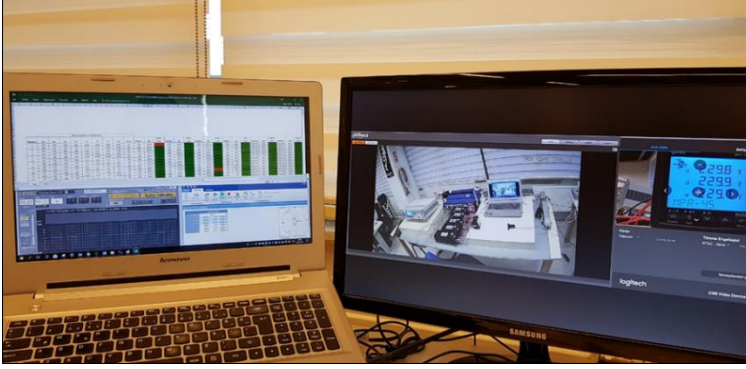


Şekil 4. Test yöneticisinin uzaktan TAC'ı izlediği kameranın görüntüsü

### **İzleme ve Raporlama**

Uzaktan test yönetimi uygulamasının diğer bir önemli parçası, test sonucunda verilerin toplanması ve değerlendirilmesi aşamasıdır. Bu amaçla C-Sharp ile yazılan bir program, denemesi yapılan testlerde işaret üreticinin uygulayacağı gürültü değerlerini, ayarlanabilir akım/gerilim kaynağının vereceği çıkışları ve uygulanan bu gürültü ve

akım/gerilime karŖı TAC'ın yaptığı ölçümlerin sonuçlarını derlemektedir. Testi gerçekleŖtiren operatör, derlenmiŖ verileri gerek test sırasında, gerek test tamamlandıktan sonra MS Office Excel formatında bir dosya halinde alabilmektedir. Program tarafından üretilen rapor aynı zamanda ön tanımlaması yapılmıŖ toleransların dıŖındaki değerleri kırmızı renge boyayarak test sorumlusunun testi daha kolay değerlendirmesini sağlamaktadır. Test düzeneğinin, TAC'ın, uygulanan ve ölçülen değerlerin uzaktan izlenmesi ve raporlama için test yöneticisinin evinde gördüğü ekranlar Ŗekil 5'te örnek olarak verilmiŖtir.



*Ŗekil 5. Test yöneticisinin uzaktan izlediği testin görüntüsü*

## **GELECEK ARAŖTIRMALAR İÇİN YÖNLENDİRMELER**

Yapılan çalıŖma ile tip ve iŖlev testlerinin yapıldığı laboratuvarında test mühendislerinin testleri uzaktan yönetebilmesi için bir dönüŖüm uygulaması hayata geçirilmiŖtir. Uzaktan çalıŖma kapsamında pilot seçilen birkaç test için uygulamada başarılı sonuçlar alınmıŖtır. Laboratuvarında yapılan testler farklı tipte ve çok sayıda olduğundan uygulamanın yaygınlaŖması için çalıŖmalar devam etmektedir. Gelecek dönemde özellikle personel ve cihazların güvenliği için ilave tedbirlerin alınmasını gerektiren testlere yönelik dönüŖüm uygulaması geliŖtirilecektir. HaberleŖme özellikli cihazlarda veri aktarma ve kaydetme rahat bir Ŗekilde yapılabilirken bu özelliği bulunmayan cihazlarda test sitemine akıllı cihazların ilave edilmesi gerekmektedir. Bu çalıŖmada detaylandırılmamasına rağmen özellikle TAC ekranındaki verilenin izlenip kaydedilmesi gereken testlerde bu iŖlemi



görüntü işleme teknikleri ile gerçekleştiren akıllı izleme sistemi üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

## **SONUÇ**

Bu makale kapsamında aktarılan çalışma ile, endüstriyel elektronik cihazlarına tip ve işlev testleri yapılan laboratuvarlarda pandemi nedeniyle gereksinim duyulan uzaktan çalışma sistemine geçiş uygulaması anlatılmıştır. Çalışma sonunda geliştirilen uygulama ile 7 kişilik laboratuvar kadrosu, 1 çalışanın laboratuvarında kalıp test düzeneklerine gerekli müdahaleleri yapması, diğer test yöneticilerinin ise evden kendi testlerini takibi ile uzaktan çalışmaya geçmiş, test değerlerinin belirlenmesi ve uygulanması, testin farklı modlara geçirilmesi, test sonucunda alınan verilerin derlenmesi ve raporlanması aşamaları, kısaca test yönetimi, uzaktan yapılabilir hale getirilmiştir.

## **TEŞEKKÜR**

Yazarlar bu makale kapsamında gerçekleştirdikleri çalışmaya ortam sağlayarak destek veren ENTES Elektronik A.Ş.'ye katkılarından dolayı teşekkür eder.

## **KAYNAKÇA**

Directive 2014/30/EU of the European Parliament and of the council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility.

Directive 2014/35/EU of the European Parliament and of the council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits

Doğan, B. (2007). Web üzerinden sistem kontrolü ve uzaktan erişimli laboratuvar uygulaması.

Fabregas, E., Farias, G., Dormido-Canto, S., Dormido, S. ve Esquembre, F. (2011). Developing a remote laboratory for engineering education. *Computers and Education*, 57(2), 1686-1697.

Gupta, A. (2021). Accelerating remote work after COVID-19. *The Center for Growth and Opportunity*.

Gustavsson, I. (2002, April). Remote laboratory experiments in electrical engineering education. In Proceedings of the fourth IEEE international caracas conference on devices, circuits and systems (Cat. No. 02TH8611) (I025-I025). IEEE.

IRMAK, E. (2009). Uzaktan EriŖimli bir E-Laboratuvar Platformunun Tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(2).

Nedic, Z., Machotka, J. and Nafalski, A. (2003). Remote laboratories versus virtual and real laboratories (Vol. 1, pp. T3E-T3E). IEEE.

Restivo, M. T., Mendes, J., Lopes, A. M., Silva, C. M. and Chouzal, F. (2009). A remote laboratory in engineering measurement. *IEEE transactions on industrial electronics*, 56(12), 4836-4843.

SERİNİKLİ, N. (2021). COVID-19 Salgın Sürecinde Örgütsel Değişim: Uzaktan/Evden Çalışma Modeli. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(1), 277-288.

Tuna, A. A. ve Türkmendağ, Z. (2020). COVID-19 pandemi döneminde uzaktan çalışma uygulamaları ve çalışma motivasyonunu etkileyen faktörler. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 3246-3260.

# **İŖe Alım Süreçlerinde Dijital DönüŖüm: Sanal Mülakat Simülasyon Sistemi**

**Pelin Vardarlier**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-5101-6841)**

## GİRİŖ

Günümüz iŖletmelerinde, iŖ süreçlerinin yönetiminin sağlanması için geleneksel yöntemlerin artık yetersiz kaldığı görölmektedir. İŖ süreçleri ancak teknoloji kullanılarak yönetilebilir hale gelmiştir. İnternet teknolojisindeki hızlı gelişmeler, tüm süreçlerin özellikle insan kaynakları yönetiminin anlayışını ve işleyişini de farklılaştırmıştır. İŖletmelerin veri ve kaynak yönetiminin dijital ortamda daha sistematik ve kolay erişilebilir durumda olması, insan kaynakları departmanının yaptığı işlerin büyük bir kısmının dijital ortamlarda yürütülmesine geçilmesini sağlamıştır. İnsan kaynakları yönetimi de bu durumdan etkilenerek dijital insan kaynakları yönetimi olarak adlandırıldığını görölmektedir. Artık iŖletmeler insan kaynakları fonksiyonlarını yürütürken dijital insan kaynakları sistemlerini kullanmaktadır. Bu doğrultuda iŖletmeler tüketicilere dijital alanda pek çok yenilik sunarken, insan kaynakları da benzer yenilikleri çalışanlara ya da adaylara yönelik olarak hayata geçirmektedir. Özellikle insan kaynakları yönetim süreçlerine yatırım yapan iŖletmeler, çalışan sayısının artmasıyla, insan kaynakları teknoloji çözümlerinin kullanımına yönelik çaba her geçen gün artmaktadır. Bilişim teknolojileri ve dijital dönüŖüme yönelik uygulamalar iŖletmelerin fark yaratmaktan öte hayatta kalabilmek adına kullandığı araçlar haline gelmeye başlamıştır.

İŖletmelerin bilişim teknolojileri aracılığıyla kendilerini dönüştürerek, yeniden düzenlemenin ötesine geçmeye ihtiyacı olduğu görölmektedir (Tapscott, 1998). Bu da ancak planlı bir değişim yönetimi sayesinde mümkündür. Değişim kavram olarak sürekliliğin karşıtı anlamına gelmektedir. Değişim süreci ile birlikte yeni ekonomide başarılı olmak için eskilerin yeniden düzenlenmesi yerine, yeni iŖletme süreçlerinin, yeni teknolojilerin keşfedilmesini gerekli kılmaktadır. Hızlı değişim geçmiş deneyimlere ve bilgilere ilişkin değerlendirme koordinatlarını elimine etmektedir. Aynı zamanda geleceği biçimlendirmeye ilişkin bir takım öngörülerin ve değerlendirmelerin yapılmasını da etkilemektedir. Bu değişim beraberinde dönüŖümü getirmekle birlikte küresel bir kültürün oluşumunu da desteklemektedir (İnce, 2005).

İnsan kaynakları yönetiminde dijital sistem uygulamalarının, çalışanlara kendi kariyerlerini planlama konusunda yardımcı olması, kişisel gelişim, bilgi ve becerileri geliştirmeye imkân vermesi,

monoton ve rutin iş süreçlerini azaltması, departmanlar arası iletişim ve işbirliğini arttırması, bürokrasiyi azaltarak iş akışını kolaylaştırması ve insan kaynakları sistemlerinin çalışmasını hızlandırması gibi yararları bulunmaktadır. Bununla birlikte, bilgi transferini kolaylaştırarak öğrenen örgüt oluşturması ve değişen ihtiyaçlara göre esnek modeller geliştirmesi ile insan kaynakları işlevlerini otomatikleştirerek zaman yönetimini daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Personeli güçlendirmek ve motivasyonu arttırmakta dolayısıyla etkinlik ve verimliliği de arttırmaktır.

Günümüzde özellikle kurumsal firmaların personel işe alım sürecinde dijitalleşmeye önem verdiği görülmektedir. Personel seçim sürecinde dijital sistemler kullanılmakta ve doğru adayın doğru pozisyona seçilmesi sağlanmaktadır. Bu doğrultuda işe alım uzmanları iş için gereksinim duyulan adayları mülakat esnasında seçmekte veya uygun olmayan adayları bu süreçte elemektedir. Bu durum yeterli gereksinimleri sağladığı halde iş görüşmesi deneyimi olmayan, özellikle iş hayatına yeni adım atan adaylar için ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Adaylar nasıl bir mülakat yöntemi ile karşılaşacaklarını tahmin edemedikleri veya mülakat deneyimleri olmadığı için bu süreçte kolayca elenmektedirler. Adayların mülakat sürecini önceden deneyimleyebilecekleri ve kendilerini değerlendirebilecekleri dijital bir platform olması, işe alım süreçlerinin daha verimli geçmesini sağlayacaktır. En azından adaylar dijital platformdaki uygulamalar sayesinde mülakat süreci hakkında bilgi sahibi olacak ve deneyim kazanacaktır. İşe alım süreçlerinde interaktif ve yaratıcı bir ortam sağlanarak simülasyon sistemlerinin kullanılması, işe alım sürecini daha kaliteli ve yüksek performanslı hale getirmektedir. Bu bölümde, özellikle stajyer ve yeni mezun alımları için etkili bir mülakat simülasyon sistemi açıklanmaktadır. Bu kapsamda, adayların kullanıcı ara yüzü vasıtasıyla iş görüşmesi deneyimi yaşamasına olanak sağlayan bir mülakat simülasyonu olan Sanal Mülakat Sistemi detaylı olarak açıklanmaktadır. Belli bir amaç doğrultusunda oyunlaştırma mekanizmasını kullanan Sanal Mülakat, iş dünyasında adayları hem sıkmadan hem de eğlendirerek, bir yandan da yetkinliklerini analiz ederek, aday seçme sürecini kolaylaştırmaktadır.

## DİJİTAL İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ

Hızlı değişim ve yoğun rekabet olan günümüz iş dünyasında, nitelikli insan kaynağı işletmelere rekabet avantajı sağlayan stratejik kaynakların başında yer almaktadır. İşletmenin hedeflerine ulaşabilmesi için, yeterli sayıda nitelikli personeli doğru yerde ve doğru zamanda kullanması, çalışanların motivasyonunu ve iş tatminini arttırması gerekmektedir. Ayrıca işgücü verimliliğini arttırmak ve maliyetleri azaltarak, karlılığı sağlamak için yapılan çalışmaların tümü, insan kaynakları yönetimi olarak adlandırılmaktadır.

Teknolojinin gelişimi, insan kaynakları yönetimi fonksiyonlarının işleyiş sürecini de etkilemiştir. İşletme prosedürleri, görev tanımları, organizasyon şemaları, personel bilgilerinin yayınlanması, ücret, eğitim, kariyer ve performans yönetimi, çalışan memnuniyeti araştırmaları gibi uygulamaların bütünsel olarak bir yazılımla, entegre bir şekilde karşılanması işletmenin daha verimli çalışabilmesi için en uygun çözüm olabilmektedir. İletişim teknolojilerinin kullanımının artması ile gündeme gelen “dijital insan kaynakları yönetimi”, örgütsel etkinlik ile verimliliğin artması, bürokrasinin azalması, maliyetlerin azaltılması, kâğıt kullanımına son verilmesi ve katma değer yaratılması gibi faydaları gündeme getirmiştir. Dijital insan kaynakları yönetimi, örgütsel yaşamdaki insan kaynakları yönetimi uygulamalarında ve politikalarda web tabanlı teknolojilerin kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Ruel vd., 2007). Başka bir tanımda ise; dijital insan kaynakları yönetimi interneti kullanarak insan kaynakları konularında işletme süreçlerinin yürütülmesi olarak ifade edilmektedir (Lengnick-Hall ve Moritz, 2003) Bir başka ifade ile dijital insan kaynakları yönetimi, insan kaynakları departmanının işlevlerini yerine getirebilmek için, bilgisayar sistemlerini, interaktif elektronik medyayı ve telekomünikasyon ağlarını kullanabilmesi olarak tanımlanmaktadır (Iraz ve Yıldırım, 2005; Lengnick-Hall, 2003).

Dijital insan kaynakları, iş başvurularından, e-işe alım, e-eğitim, e-özlük yönetimi, e-performans değerlendirme, e-ücretlendirme, e-kariyer yönetimine kadar birçok insan kaynakları ile ilgili süreçlerde hız kazandırmakta, idari süreçlerin sayısını en aza indirmektedir. Aynı zamanda insan kaynakları departmanının rutin ve monoton iş süreçlerini azaltarak etkinlik ile verimliliğini arttırmaktadır. Böylelikle insan kaynakları departmanları işletme için değer arz eden stratejik

alanlara ve iyileşme süreçlerine yönelmesine imkân vermektedir. Dijital insan kaynakları sisteminin hızlı ve kolay olması ile çalışanların yeteneklerini geliştirmeleri ve performanslarını arttırmalarına vesile olması işletmeler tarafından bu sistemin yaygın olarak kullanımına neden olmaktadır (Öge, 2014). Dijital insan kaynakları ile işletmeler daha fazla platform tabanlı hale geldikçe, stratejik iş ortakları dijital olarak daha güçlü bir hale gelmektedir (Mallon, 2014). İnsan kaynakları departmanları, işe alımdan liderliğe ve performans yönetimine kadar yetenek uygulamalarını yeniden tasarlayarak kuralları yeniden yazmak için; dijital uygulamaları deneyerek; çalışan deneyimini oluşturmak ve sürdürmek için çalışmaktadır. Ancak insan kaynakları departmanının yaptığı işlerin dijital ortamlara aktarılmasının kısa sürede ve kolayca olması mümkün değildir. Dijital dönüşümün bir anda olmasını beklememek gerekir. Bu durum büyük bir kültürel değişim yönetimi sürecidir. Dijitalleşme aşamasında işletmelerin karşılaşacağı problemleri en aza indirmek için sahip olmaları gereken özellikler ise iş gücünü dijitalleşmeye uyumlayacak yetkinlikleri belirlemek ve iş gücü segmentasyonuna özel fark yaratacak çözümler geliştirmek gerekir. Aynı zamanda bu sürecin getireceği risklerin farkında olarak gerekli araçları kullanmaya başlamak önemlidir (Bersin, 2016).

İnsan kaynakları departmanları standart insan kaynakları uygulaması oluşturmak için süreç tasarımına ve gerçekleştirilmesine odaklanmaktadır. Dijital insan kaynakları anlayışı ile birlikte insan kaynakları geleneksel odaklardan daha modern yaklaşımlara taşınmaya başlamıştır. Bilgiden otomasyona ve dönüşüme geçiş dönemi artık dijital insan kaynaklarının tüm işletmeler için gerekli olduğunu göstermektedir. Bu kapsam değişen koşullar değişen kuralları da beraberinde getirmektedir. Tablo 1’de insan kaynakları yönetimin eski ve yeni kuralları birlikte açıklanmıştır.

Yirmi birinci yüzyılın insan kaynakları yönetimi sistemleri, çalışanın işletme içindeki rolüne dayalı olarak süzgeçten geçirilmiş bilgi içeriğini sunacaktır. Bu doğrultuda uygulanan insan kaynakları sistemleri ile çalışanların optimum performans göstermeleri sağlanacaktır. İşletmeler kendi içinde insan kaynakları işlevlerini, dijital araçlar ve uygulamalar kullanarak nasıl değiştirebileceğiyle yakından ilgilenmektedir.

Tablo 1. İnsan Kaynaklarında DönüŖüm ve DeęiŖen Kurallar

Eski Kurallar	Yeni Kurallar
İK uygulamaları oluŖturmak için süreç tasarımına ve uyumlaŖmaya odaklanmaktadır.	ÇalıŖan verimliliği, bağlılığı, ekip çalıŖmasını ve kariyer büyümesini optimize etmeye odaklanmaktadır.
İK, bir bulut satıcısı seçer ve ölçek oluŖturmak için kullanıma hazır uygulamaları uygulamaktadır.	İK, yenilikçi, Ŗirkete özel programlar oluŖturur, uygulamalar geliŖtirir ve ölçeklendirme platformundan yararlanmaktadır.
İK teknolojisi ekipleri ERP uygulamalarına ve entegre analitik konulara odaklanmaktadır.	İK teknolojisi ekibi, “iŖte üretkenliğe” odaklanan dijital yetenekler ve mobil uygulamalar geliŖtirmek için ERP’nin ötesine geçmektedir.
İK mükemmellik merkezleri, süreç tasarımına ve süreç mükemmelliğine odaklanmaktadır.	İK mükemmellik merkezleri, çalıŖanları ölçeklendirmek ve güçlendirmek için uygulamalar ve diğer ileri teknolojilerden yararlanmaktadır.
İK programları dünya çapında ölçek ve tutarlılık için tasarlanmıŖtır.	İK programları, çalıŖan segmentlerini, kiŖilerini ve belirli grupları hedefleyerek, meslek ve kariyerleriyle ilgili yolculuk haritaları sağlamaktadır.
İK, hizmetleri ve desteği ölçeklendirmenin bir yolu olarak “self servis” e odaklanmaktadır.	İK, insanların iŖleri daha etkin ve üretken yollarla yapmalarına yardımcı olmak için “etkinliğe” odaklanmaktadır.
İK, iŖlem gereksinimlerini ve programlarını bulmayı kolaylaŖtıran bir teknoloji platformu olarak çalıŖan bir “self servis portalı” oluŖturmaktadır.	İK, sürekli çalıŖan ihtiyaçlarını desteklemek için dijital uygulamalar, vaka yönetimi, yapay zeka ve botlar kullanarak entegre bir “çalıŖan deneyimi platformu” oluŖturmaktadır.



## DİJİTAL İŞE ALIM SÜRECİ

İşletmelerin insan kaynakları yönetimi işe alım süreci de internet kullanımının yaygınlaşmasıyla değişime uğramıştır. İnsan kaynağı ihtiyacının karşılanması süreci internetin bulunmasından önce işin duyurulması, gazeteler, duyuru panoları ve kariyer günleri gibi geleneksel yöntemler kullanarak yapılmaktaydı. Bugün, internet ve sosyal medya, iş arayanlar ve personel arayanlar için öncelikli başvuru yerlerinden birisi haline gelmiştir (Jansen vd., 2005). İş arayanlarla, iş ilanı verenleri buluşturmaya yönelik birçok internet sitesi faaliyete geçmiş, Facebook, LinkedIn, Twitter ve diğer sosyal paylaşım siteleri de personel aramak ve iş ilanı paylaşmak için kullanılmaya başlanmıştır (Jacques, 2009). Böylelikle aday seçme ve yerleştirme sürecinde dijital platformları, sosyal medyayı kullanmak, işletmeler için vazgeçilmez bir duruma gelmiştir. İnsan kaynakları işe alım uzmanları veya yöneticileri, adayların Facebook, Twitter, LinkedIn gibi sosyal medya hesaplarını inceleyip, bu araçlar ile adaylarla ilk teması kurmaya başlamıştır. Sosyal medyanın, işe alım süreçlerinin geleceğini olumlu yönde etkilediği, insan kaynakları yönetimi açısından işe alım yöntemlerinin çeşitlendirilmesi ve yeni tekniklerin ortaya çıkarılmasında öncü olduğu söylenebilir.

Dijitalleşme sayesinde işletmeler işe alım sürecini etkili ve hızlı olarak yönetebilmektedir. İşverenlerin ve iş arayanların ihtiyaçlarının, istihdam hızının ve işe alma yöntemlerinin kalitesini artıran iletişim biçimleri, sosyal ağlar arası ilişki yönetimi aracılığıyla ele alınmaktadır. İstihdam için potansiyel adaylara ulaşmanın bir yolu olarak, sosyal medya araçları kullanılmaktadır. LinkedIn, Facebook, Twitter ve Google+ gibi ağlar, işverenlere potansiyel adaylar hakkında bir dizi bilgi sunmanın yanı sıra, pasif bir şekilde bekleyen adaylara ulaşma ve işletmenin insan kaynakları ihtiyaçlarını sağlama konusunda, yeni yollar da sunabilmektedir. Genel olarak, çalışanları işe almak için web tabanlı uygulamaları ve sosyal medyayı kullanma, istihdamda yararlı bir araçtır (Vardarlier, 2021).

Dijital işe alım uygulamaları ile işletmeler, iş ilanlarını kendi web sitesi üzerinde çıkabilmekte ve pozisyonlara başvurmak isteyen adaylar özgeçmişlerini sistem üzerinden oluşturabilmektedir. Dijital işe alım ile işletme içindeki bürokrasiyi azaltarak hızlı karar verebilme imkanı sağlamaktadır. İşe alım uzmanı, adayın mülakatına dair

değerlendirmelerini online platforma kayıt edebilmektedir. İŖe alım uzmanları, dijital insan kaynakları ile online platformda olan özgeçmişleri istediği kriterlere göre (lokasyon, deneyim, eğitim, yetkinlik, bölüm, yabancı dil) filtreleyebilmekte, iŖletme ve pozisyon için doğru adayı kağıt özgeçmişleri tek tek karıştırmadan bulabilmektedir. Aynı zamanda iŖe alım uzmanları sene içerisinde yaptıkları mülakat sayılarını, adayların mezun oldukları okul ve bölüm bilgilerini ve başarılarına kadar büyük veri kullanarak birçok bilgiyi dijital analiz programlarıyla raporlayabilmektedir. Kişilik envanteri, video mülakat uygulaması, genel yetenek ve yabancı dil sınavlarının, dijital insan kaynakları sistemine entegre olması ile insan kaynaklarında yaşanan dijitalleşme tek değil çok boyutlu olarak ilerlemektedir. Özgeçmişlerden sınavlara, kişilik testlerine ve yetkinlik analizlerine kadar iŖe alım süreçlerinin aynı platforma alınması ile dijital insan kaynakları iŖletmelere doğru adayı keşfetmek için tutarlı bir veri sunmaktadır. Bu doğrultuda, insan kaynaklarında dijitalleşme iŖletmelere, yer ve zaman sınırlaması olmaksızın, video mülakat gerçekleştirmeyi, sınavların online yapılarak sonuçlara anında ulaşılmasını, kişilik envanteri sonuçlarının da anında raporlanarak adaya dair bütüncül bir değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır.

Dijital iŖe alım sürecinin daha interaktif olabilmesi için oyunlaştırma gibi yenilikçi araçlardan yararlanmak, rakiplerin geleneksel iŖe alım biçimlerine ek olarak adayları da cezbetmektedir (Constantin ve Stoescu, 2015). Bu nedenle iŖletmelerin insan sermayesini etkin bir şekilde kullanmalarına ve iŖ arayanların güçlü yönlerinden kariyer yollarını bulmalarına yardımcı olmak için bilime dayalı davranışsal değerlendirmeleri kullanmaktadırlar. Bu konuda veri bilimi tekniklerinin oyun versiyonlarını kullanan yeni nesil bir kariyer arama platformu olan Pymetrics çözümler sunmakta ve iŖletmelerin bu süreçlerine destek olmaktadır (Narayanan vd., 2016). Oyunlaştırmanın bir iŖe alım yöntemi olarak kullanıldığı vakaların çoğunluğu, bilgi teknolojileri endüstrisinden gelen iŖler olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu tür iŖlerin oyun öğeleriyle ilgili daha fazla beceri gerektirmesi yadsınamaz bir gerçektir (Constantin ve Stoescu, 2015). Literatüre bakıldığında; iŖe alım sürecinde gerçekleştirilen mülakatları sanal ortamda oluşturulan bir sistem üzerinden yürütülmesine yönelik yapılan çalıŖma örneklerine (Kumar vd., 2014; Cordero, 2004; Saad ve Dawson, 2018; Jayaratne ve Jayatilleke, 2020)

rastlanmakta birlikte oyunlaştırma, sanal gerçeklik ve iş simülasyonu alanlarında da (Saka, 2019; Miltenoff vd., 2015) mülakat sistemlerinin kullanıldığı görülmüştür. İşletmelerde uygulanan sistemlerin kullanıcıları motive etmek ve problemleri çözmek amacıyla yapıldığı düşünüldüğünde oyunlaştırma oyun düşüncesi ve mekanizmalarını gerçek hayata uyarlamaktadır (Vardarlier ve İnan, 2017). Bunun yanı sıra asıl amacı eğlendirmek olmayan; asıl amaca eğlendirerek hedefe ulaşılmasını sağlayan bir sistem olarakta düşünülebilir.

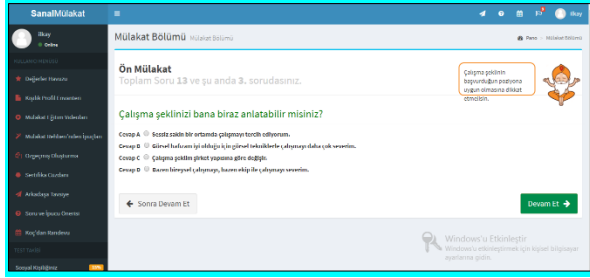
## **SANAL MÜLAKAT SİMÜLASYON SİSTEMİ**

Sanal mülakat sistemi, insan kaynakları yönetiminde işe alım sürecinin önemli aşaması olan mülakatın oyunlaştırılmış hali ile ilgilidir. Özellikle, stajyer ve yeni mezun alımları için etkili bir mülakat simülasyon yöntemi olduğu söylenebilir. Kullanıcıların web uygulaması üzerinden iş görüşmesi deneyimi yaşamasına olanak sağlayan bir simülasyon sistemidir. Sanal mülakat simülasyon sistemi, aday veya mevcut çalışanların en çok zorlandığı konu olan mülakat sürecinde yaşanan sıkıntılara ve problemlere odaklanmıştır. Bu sistem, mülakat sürecinde oyunlaştırma dinamiklerini kullanarak yaşanan zorluklara çözüm önerisi getirmekte ve süreci daha eğlenceli bir hale getirmektedir. İş arayan adayların mülakat sürecini daha başarılı yönetebilmeleri için kişilere bu deneyimi yaşatmak en iyi yoldur. İş görüşmesinde gelebilecek sorulara hazırlıklı olmak, mülakat öncesinde ve sırasında yapılması ve yapılmaması gerekenler hakkında bilgi sahibi olmak gibi adaylara destek olabilecek her türlü bilgi “Sanal Mülakat” ile bu dijital platformda yer almaktadır. Sanal mülakat, bir kişinin mülakat süreçleri ile ilgili tüm gerekli bilgiye ulaşabilecekleri, mülakat tavsiyeleri alabilecekleri, özgeçmişlerini oluşturabilecekleri, online eğitim alabilecekleri, sertifika cüzdanlarını tanımlayabilecekleri, yetenek testleri ve envanterleri deneyimleyebilecekleri ve mülakat simülasyonu yapabilecekleri bir dijital platformdur. Ayrıca bir mülakat rehberi kullanıcıya sistemi kullanma esnasında eşlik etmektedir. Sistemi kullanan kişi, yüz yüze bilgi veya destek almak isterse de sistem içerisinde yer alan mülakat koçu modülünden talep oluşturup bu isteğini yerine getirebilmektedir. Sanal mülakat simülasyon sisteminde, kullanıcının eğitim almasından mülakat deneyimi yaşamasına, kendini tanınmasından, kişilik testlerine kadar olan aşamaları modüller halinde gerçekleştirme fırsatı bulunmaktadır.



Ŗekil 1. Sanal Mülakat Sistemi-1  
Kaynak: URL-1

Bu sistemin bir diğer faydası da, kullanıcıların iŖ görüŖmelerinde iŖleyen sürec hakkında bilgilendirilmesini sağlayan bir sistem olmasıdır. Sanal mülakat sisteminin iŖleyiŖinden bahsetmek gerekirse, kullanıcının öncelikle sisteme kayıt yaptırmaları gerekmektedir. Kayıt yaptırdıktan sonra kullanıcı adı ve Ŗifresi ile sisteme giriŖ yapabilmektedir. Sistemde bulunan tüm modülleri kullanabilmektedir. Mülakat simülasyonu modülü kullanmak istediğinde uzmanlık ve tecrübe bilgilerini sisteme girmesi gerekir. Bu doğrultuda kişiler kategorize edilerek kişilerin uzmanlık alanlarına ve deneyimlerine göre soru kalıpları belirlenmekte ve ilgili simülasyon hazırlanmaktadır. Aday ilk olarak ön mülakat simülasyonu, daha sonra yetkinlik bazı mülakat simülasyonunu deneyimleyebilmektedir.



Ŗekil 2. Sanal Mülakat Sistemi-2  
Kaynak: URL-1

AŖamalı olarak sunulan mülakat simülasyonları kullanıcının başarısının ölçülmesine olanak tanıyan puanlama mekanizması içeren bir sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Sistem aynı zamanda mülakat deneyimi aŖamasında kullanıcıya oyunlaŖtırma dinamiklerinin kullanıldığı bir platformda mülakat deneyimi yaŖatmaktadır. Sanal

mülakat ile kullanıcılar istedikleri kadar mülakat deneyimi gerçekleştirip, diğer kullanıcılara meydan okuyabilmektedir. Bu sistem, rozetler, liderlik tablosu, ödül gibi oyunlaştırmanın dinamikleri kullanılarak tasarlanmıştır. Oyunlaştırma tasarımında ödüllerin ve motivatörlerin kullanımı ile kişilerin uygulamaya olan ilgisini ve bağımlılıklarını arttırması planlanmıştır. Ayrıca kullanıcı sistem üzerinde izlediği her video, test ve görevlerden sonra puan toplayarak, liderlik tablosunda kendisini takip edebilmektedir. Diğer kullanıcılarla arasındaki puan farkını ve sıralamasını görebilmektedir. Ayrıca liderlik tablosundaki durumlarına göre çeşitli ödüllerle motive edilmektedir. Bu bağlamda başarı, avatar, rozetler, liderlik tablosu, seviyeler, puanlar, takımlar, sanal hediyeler ve içeriğe ulaşma gibi oyunlaştırma bileşenleri sistem içerisine entegre edilmiştir. Profilini tamamlayan kullanıcılar sistemde bulunan özgeçmiş formatlarından seçim yaparak özgeçmiş oluşturabilmektedir. Sanal mülakat ile kullanıcılar mülakata hazırlanırken aynı zamanda mülakat sürecinde neler yapması gerektiğine dair mülakat soru örnekleri ve mülakat ipuçları üzerinden sistemden fayda sağlaması amaçlanmıştır (URL-1).

Tüm bu değerlendirmeler ışığında işe alım süreçlerinin dijitalleşmesi ile oyunlaştırmanın kullanımının sürdürülebilir olması için uzun dönemde mutlaka geri bildirimler alınarak sistemin dinamiklerinin, bileşenlerinin, mekaniklerinin, rekabetin ve eğlencenin dozunun yeniden planlanması ve kurgulanması gerekmektedir. Oyunlaştırma; planlanan, kurgulanan ve sisteme adapte edildikten sonra statik olarak akan bir süreç olmaktan ziyade geri bildirimler ile beslenen ve öğrenen bir sistemdir. Bu dinamik yapısı nedeni ile hep daha iyiye doğru geliştirilebileceği düşünülmektedir.

## **SONUÇ**

Dijitalleşme ile beraber insan kaynakları yönetiminin ilişki odaklı süreçlerinde de önemli ölçüde bir gelişme yaşandığını da gözlemlenmektedir. Değişim yönetimi açısından bakıldığında oryantasyondan başlayarak tüm işletme süreçlerinde dijital araçların kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. İşe alım bugün itibariyle değişime açık, inovasyon odaklı bir süreç halini almıştır. İşe alım süreçlerinde özellikle sosyal medyanın etkin kullanılmasıyla birlikte, iş başvuru süreçlerinde mobil etkinliğin artışı görülmektedir.

İŖletmelerin iŖe alım süreçlerinde insan kaynaklarının aday seçiminde uyguladıkları video mülakat ve online değerlendirme merkezi uygulamaları ile dijital ortamlarda bu süreçlerin yönetilmesi iŖe alımda verimliliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Sanal mülakat gibi dijital uygulamaların kullanımı ile süreçler daha hızlı ilerlemekte ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Bu doğrultuda iŖletme stratejilerine yön verecek çıktılarına ulaŖılabilmesi daha hızlı olacaktır. Aynı zamanda iŖe alım süreçlerinden sonra gerçekteŖen mülakatlara yönelik adayların memnuniyetlerini mobil uygulamalar aracılığıyla ölçümleyebilmek, insan kaynakları süreçlerinde iyileŖtirilecek alanların tespiti için önemli olacaktır. Dijital ortamlarda bu bilgileri toplamak, toplanan bilgileri dijital analiz programlarıyla çıkarıma varmak insan kaynakları departmanlarının daha doğru kararlar almasına yardımcı olabilir. Bu Ŗekilde analiz edilmesi iŖletmelerin insan kaynakları süreçlerinden iŖe alımın verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Belli bir amaç doğrultusunda, sanal ortamda uygulanan kullanıcı ara yüz birimi sayesinde mobil alım iŖ dünyasında adayları hem sıkmadan hem de eğlendirerek, yetkinliklerini analiz etme ve eleme sürecini kolaylaŖtırmaktadır. Mobil oyunlarda adayın birçok yetkinliği, kiŖilik özelliklerinin iŖle uyumlu olup olmadığı analizi yapılabilmektedir. Bu süreç daha çok adayları eleme aŖamasında kullanılmaktadır. Bu durum, oyunlar bir video mülakat eŖlięinde oynatılabilmekte yada bir toplantı odasında etkinlik Ŗeklinde yapılabilmektedir. İnteraktif ve yaratıcı bir ortam sağlayarak uygulanan bu simülasyon sistemleri, iŖe alım sürecini daha kaliteli ve yüksek performanslı hale getirmektedir. Adayları ortamdan soyutlayarak sanal bir ortam içerisinde gerginliği azalan adaylar da kendilerini daha net ifade edebilmektedir. İŖe alım görüşmelerinde mobil oyunlar daha etkili olacağını söylemek mümkündür. HazırlanmıŖ olan simülasyon oyunu ile hedefleri tutturmaları gerekmekte, bir yandan da verilen görevleri zamanında yerine getirmeye çalıŖmaktadırlar. Sürecin sonunda, oyunun sonucu değerlendirilerek, uygun bulunmayan adaylar elenmektedir. İŖletme içerisinde bir sinerji sağlanabilmesi için insan kaynakları yönetiminin öncelikli olarak odaklanması gereken kuŖaklar arasındaki farklılıkları azaltacak stratejiler ve uygulamalar geliŖtirmek olmalıdır. İŖletme içi kültürel uygulamalar geliŖtirerek, geleneksel iŖe alım, yerleŖtirme, eğitim, kariyer, performans değerlendirme gibi konvansiyonel süreçlerini yeniden tasarlayarak kuŖakları tek bir noktada birleŖtirecek

stratejiler geliştirmelidir. Bu nedenle insan kaynakları yönetimi, işgücünün bu yeni koşullarına göre tüm akışlarını, iş yapma biçimini gözden geçirmeli, hem operasyonel hem de stratejik olarak organizasyonunda dönüşüme gitmelidir.

Sonuç olarak, dijital işe alım süreçleri, işletmenin mevcut ve gelecekteki amaçlarını verimli biçimde gerçekleştirmesi, doğru yerde, doğru zamanda, doğru sayı ve nitelikte personeli elde etmesi için girişilen organizasyonel bir faaliyettir. İşletmelerin insan kaynakları departmanlarının en önemli hedefi dijitalleşmeyi işletme süreçlerine uyarlamanın en uygun yolunu bulmak ve bu akıllı dönüşüm sürecine çevirmektir. Dijitalleşme süreciyle birlikte yepyeni fırsatları ve riskleriyle birlikte değerlendirmelidir. Önemli olan insan kaynaklarının bu dönüşümü yönetebilmesidir.

## KAYNAKÇA

Bersin, J. (2016). The HR software market reinvents itself, Forbes, July 18, <http://www.forbes.com/sites/joshbersin/2016/07/18/the-hr-software-market-reinvents-itself/#4287b9154930>.adresinden alınmıştır.

Constantin, V. D. ve Stoenescu, R. D. (2015). Gamification In The Recruitment Process: Studying Romanian Potential Employees'perception. *In The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 2, 50). “ Carol I” National Defence University.

Cordero, A. (2004). *System, method and software for individuals to experience an interview simulation and to develop career and interview skills*. U.S. Patent Application No 10/764,575.

İnce, M. (2005). Değişim Olgusu Ve Örgütlerde İnsan Kaynakları Yönetiminin Değişen Fonksiyonları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, 319-339.

Iraz, R. ve Yıldırım, E. (2005). Bilgi Yönetimi Anlayışının Benimsenmesi ve Bilgi Teknolojileri Uygulamalarının İnsan Kaynakları Yönetimine Etkileri: E-Learning Örneği. *4. Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildiriler Kitabı*, 4, 15-16.

Jacques, A. (2009). Taking control of your job search: A tweet alternative to the classifieds, *Public Relations Tactics*, 16(11), 10-11.

Jansen, B. J., Jansen, K. J. ve Spink, A. (2005). Using the web to look for work: Implications for online job seeking and recruiting. *Internet research*.

Jayaratne, M. ve Jayatilleke, B. (2020). Predicting Personality Using Answers to Open-Ended Interview Questions. *IEEE Access*.

Kumar, K., Kumar, A., Abhishek, K., ve Singh, D. K. (2014, April). Automation of HR Interview System Using JESS Inference Engine. In *2014 Fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, 1102-1105. IEEE.

Lengnick-Hall, M. L. and Moritz, S. (2003). The Impact of e-HR on the Human Resource Management Function, *Journal of Labor Research*. 24(3), 365-379.

Mallon, D. (2014). High-impact HR: Building organizational performance from the ground up, Bersin by Deloitte.

Miltenoff, P., Martinova, G. ve Todorova, R. (2015). Gaming and gamification in academic and library settings: bibliographic overview. Uslu, F. (Ed.). *2nd International Conference on Education, Social Sciences and Humanities, 8-10 June 2015, İstanbul, Turkey, Bildiriler içinde* (s. 154-164).

Öge, S. (2014), Elektronik İnsan Kaynakları Yönetimi (E-HRM)'nde İnsan Kaynakları Enformasyon Sistemi (HRIS)'nin Önemi ve Temel Kullanım Alanları", 3. *Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi*, Eskişehir, ss. 47.

Ruël, H. J. M., Bondarouk, T. V. ve Van der Velde, M. (2007). The contribution of E-HRM to HRM effectiveness. *Human Relations*, 29(3), 280-291.

Saad, A. ve Dawson, C. (2018). Requirement elicitation techniques for an improved case based lesson planning system. *Journal of Systems and Information Technology*.

Saka, E. (2019). *Eğitsel amaçlı sanal gerçeklik oyunlarına yönelik araştırmaların incelenmesi: Bir meta-sentez çalışması* (Doctoral dissertation, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi).

Tapscott, D. (1998), *Dijital Ekonomi (Çev: Ece KOÇ) Koç Sistem Bilgi ve İletişim Hizmetleri A.Ş. Yayınları İstanbul*.

Vardarlıer, P. (2021). *Sosyal Medya Stratejileri. Nobel Yayıncılık: Ankara*.

Vardarlıer, P. ve İnan, K. (2017). *Satış Personelinin Performansını Geliştirmeye Yönelik Oyunlaştırma Model Önerisi. İş'te Davranış Dergisi*, 2(1), 8-19.

URL-1: <http://www.sanalmulakat.com> (Sanal Mülakat, Erişim Tarihi: 15.11.2020).



# **Kentlerin “Akıllı” Dönüşümü: Açık Veri-Açık Kent**

**Mikail Güneydaş**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-5918-472X)**

**Caner Güney**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-1620-1347)**

**Filiz Bektaş Balçık**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-3039-6846)**

**Hatice Atalay**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0623-5172)**

## GİRİŖ

Kentlere ait veri setleri; kentleri yöneten belediyeler ve merkezi yönetime bağlı idareler tarafından üretilmektedir. Bunlar, turizm, ulaŖım, enerji, çevre gibi doğrudan kentte yaŖayan insanları etkileyen kritik verilerdir (Güney vd., 2010). Bununla birlikte, algılayıcı maliyetlerinin düşmesi ile birlikte nesnelerin interneti (internet of things) olarak adlandırılan teknolojik yaklaŖım ile çeŖitli algılayıcılar aracılığıyla gerçek zamanlı elde edilen trafik yoğunluğu, hava kalitesi, sıcaklık verileri gibi kentteki yaŖam kalitesini doğrudan etkileyen veriler, çok hızlı ve düşük maliyetle üretilmektedir (Kitchin, 2014). Üretilen bu “büyük veri”, dünyada artan bir hızla yaygınlaŖmaya baŖlayan açık veri portalları aracılığı ile paylaŖılmaya baŖlanmıŖtır. Böylelikle, akıllı ve sürdürülebilir kent olarak kavramsal yapı kazandırılmaya çalıŖılan günümüz kentleri, açık veri portalları ve açık verinin sağladığı yeni olanaklarla birlikte bu hedeflere, daha az maliyetle ve daha kısa sürede ulaŖmaya çalıŖmaktadırlar.

Günümüzde bilgi ve iletiŖim teknolojisinin çok hızlı geliŖmesiyle birlikte, üretilen veri miktarı yükselen bir ivmeyle artmaktadır. Bununla birlikte, verileri analiz için kullanılan yöntem ve yazılım araçlarının da kapasite ve doğruluk oranı bakımından geçmiŖle karŖılaŖtırıldıėında daha iyi seviyelere gelmesi sonucunda, üretilen verilerin analiz edilerek katma değerli hizmetler sunulması mümkün hale gelmiŖtir. Ancak, oluŖan bu veri yığınları kullanılarak problemlere çözüm bulmak her zaman mümkün olamamaktadır. Çünkü bu kadar yüksek yoğunluktaki veri yığınları her zaman kullanıma uygun değildir. Bazı veriler, telif hakkı gibi sebepler dolayısıyla istenildiği Ŗekilde kullanılamazken, bazı veriler ise veriyi işleyecek teknolojik altyapıya uygun formatta değildir. Bazı durumlarda ise ihtiyaç duyulan veriye eriŖim olanağı bulunmamaktadır (GüneydaŖ, 2018).

Veriye ait yukarıda belirtilen zorlukları aŖmaya yönelik çözümler sunan “açık veri” kavramı son yıllarda giderek yaygınlaŖmaktadır. Literatürde kabul gören tanımıyla açık veri; “herhangi bir telif hakkı, patent ya da diğer kontrol mekanizmalarına tabi olmaksızın herkes tarafından ücretsiz ve özgürce kullanılabilen, tekrar kullanılabilen ve dağıtılabilen veri” olarak tanımlanmıŖtır (Opendefinition, 2020). Açık verinin temel özellikleri aŖaėıdaki gibidir:

- *Kullanılabilirlik ve EriŖim (Availability and Access)*: Veri, bir bütün olarak ve makul bir yeniden üretim maliyetini aŖmayacak

şekilde, tercihen internet üzerinden ücretsiz olarak temin edilebilir bir şekilde sunulmalıdır.

- *Tekrar Kullanım ve Dağıtım (Reuse and redistribution)*: Veri, diğer veri setleri ile karıştırılarak kullanılması ile birlikte tekrar kullanım ve dağıtımını izin veren koşullar altında sağlanmalı ve makine okunabilirliği (machine-readable) olmalıdır. JPEG veya PDF gibi kolaylıkla işlenemeyen formatlar yerine, Extensible Markup Language (XML), Comma-separated Values (CSV) gibi her platformdaki makineler tarafından kolaylıkla algılanabilir formattaki verilerin sunulması gerekmektedir.
- *Evrensel Katılım (Universal participation)*: Veriyi herkes kullanabilmeli, tekrar kullanabilmeli ve tekrar dağıtabilmelidir. Veri, ticari kullanım dahil hiçbir kısıtlama olmadan istenilen amaç doğrultusunda özgürce herkes tarafından kullanılabilir (Open Definition, 2020).

Bu çalışmada, açık veri olarak tanımlanan veri setlerine sahip kentlerin bu açık veri yaklaşımının, “akıllı kent” olarak kavramsallaştırılan gelişmişlik düzeyine nasıl etki ettiğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için, akıllı kent ile açık veriyi tanımlayan göstergeler üzerinden hesaplanan akıllı kent ve açık veri endeksleri kullanılmıştır. Akıllı kentler ve açık veri ile ilgili en çok bilinen endeksler, bu endekslerin sıralama metodolojileri ve bu sıralamaların sonuçları incelenmiştir. Akıllı kentler ile açık veri arasında bir ilişkinin varlığı, varsa nasıl bir ilişki olduğu, akıllı kent endeksleri ile açık veri endeksleri üzerinden araştırılmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Açık veri kavramının ekonomik etkisi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Makroekonomik etkinin ölçümlendiği aşağıdaki çalışmalarda, ekonomik getirinin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)’ya oranı bir parametre olarak kullanılmıştır. McKinsey danışmanlık firmasının araştırmasına göre, tüm sektörlerdeki veriler küresel GSYİH’nın %4.1’i kadar potansiyel getiriye karşılık gelmektedir. Kamudaki açık verilerin değerine odaklanan bu çalışmalardan Lateral Economics tarafından yapılan hesaplama baktığımızda, açık veriler yalnız başına G20 ülkelerinin ekonomisinin %1.1 oranındaki Gayri Safi Yurtiçi Hasılasına denk gelmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından yapılan ve AB üyesi ülkeleri kapsayan

diğer bir çalışmada, açık kamu verileri toplam Gayri Safi Yurtiçi hasılanın %1.5 oranında katma değer sağlamaktadır (ODIHQ, 2015). Dünya yüzeyinin uydu görüntüsünü içeren ABD Landsat veri seti üzerinde yapılan bir çalışmada, veri setinin yalnızca 2011’de açık kullanılabilir hale getirilmesinin yıllık ekonomik getirisinin 2.19 milyar dolar olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Loomis vd., 2015).

Açık Veri Enstitüsü (Open Data Institute, ODI) tarafından yapılan araştırmalara göre, Birleşik Krallık’ta açık verileri kullanan, üreten veya yatırım yapan, yıllık 92 milyar pound ciro ile çalışan büyük ve kk 270 işletme mevcuttur (Open Data Institute [ODI], 2015). Açık Veri Enstitüsü’nün, kendi bünyesinde kurduğu açık veri temalı girişim (start up) ekosistemi ile 50’den fazla iş ve 9 milyon pound üzerinde gelir elde edilmiştir.

“The Economic Impact of Open Data: Opportunities for value creation in Europe” başlıklı raporda, açık veri Pazar büyüklüğünün yaklaşık 184 milyar € olduğu ve 2025 yılında bu değerin, 199.51 ila 334.21 milyar € olacağı tahmin edilmektedir. Raporda, Avrupa Birliği bünyesinde, açık verinin kamu yönetiminde sağladığı tasarruf miktarı 2020 yılı için 1.7 milyar € olarak hesaplanmıştır. Açık verinin sağladığı diğer bir fayda ise, trafikte daha az zaman geçirilmesi ile 629 milyon saat tasarruf edilmesi olmuştur (European Union [EU], 2020). Verilerin açık hale getirilmesi için aşılması gereken bariyerlerden biri yasal düzenlemelerin eksikliğidir. İlk etapta açık veri kriterlerini tam anlamıyla barındırmasa da kamu verilerinin tekrar kullanımına ilişkin “2003/98/EC sayılı Kamu Sektörü Bilgilerinin Yeniden Kullanımına ilişkin AB Direktifi” (“PSI Direktifi”) bu yasal boşluğu doldurmak için atılan önemli bir adımdır (Public Sector Information [PSI], 2019). PSI Direktifi uyarınca, kamu sektöründeki kurumların ellerinde bulundurdukları kamu bilgilerinin ticari amaçlı veya ticari bir amaç gütmeden yeniden kullanımına izin vermeleri gerekmektedir. PSI direktifi ilk olarak 2003 yılında yayınlanmıştır, daha sonra 2013 yılında revize edilmiştir. İlk iki düzenlemede, kamu idarelerinin ürettiği ve/veya bünyelerinde bulunan devlet verisinin tekrar kullanımı (re-use of public sector information) ile ilgili ilkeleri ortaya konulması amaçlanmıştır. Son olarak, açık veri yaklaşımının giderek benimsenmesi ile 2019 yılında yapılan düzenleme, “açık veri ve kamu verilerinin tekrar kullanımı” başlığı (open data and the re-use of public sector information) ile sunulmuştur (PSI, 2019).

Süreç içerisinde PSI Direktifinin açık veri yaklaşımına doğru evrilmesindeki en önemli motivasyon, özellikle start-up işletmelerin sunduğu veri güdümlü servislerin ekonomiye sağladığı katma değer olmuştur. Özellikle ulaşım üzerine kamudaki büyük veri yığınlarının açılmasıyla bu konudaki start-up girişimlerinin bulduğu katma değerli çözümler, motivasyonu arttırmıştır. Açık verinin ekonomiye sağladığı katma değeri ortaya koyan “The Economic Impact of Open Data: Opportunities for value creation in Europe” başlıklı raporda, mevcut durumda açık veri pazar büyüklüğünün yaklaşık 184 milyar € olduğu ve 2025 yılında bu değer, 199.51 ila 334.21 milyar € olacağı tahmin edilmektedir (EU, 2020).

Yukarıda bahsedilen ekonomik faydalardan dolayı, son yayınlanan PSI Direktifinde “yüksek değerli veri seti” (high-value datasets) kavramı öne çıkarılmıştır. Bu veri setleri aşağıda verilmiştir:

- Mekansal (Geospatial)
- Yeryüzü Gözlemi ve Çevre (Earth observation and environment)
- Meteoroloji (Meteorological)
- İstatistikler (Statistics)
- Şirket verileri (Companies and company ownership)
- Mobilite (Mobility)

Yukarıdaki veri setlerinin üretim maliyetlerinin çok fazla olması ancak sağladığı potansiyel katma değerinin büyüklüğünden dolayı öncelikli olarak paylaşımına açılması PSI Direktifinde hedeflenmiştir (PSI, 2019). İlgili direktif çerçevesinde, AB üye ülkelerinin en geç 2021 yılında, PSI ilkeleri doğrultusunda, kendi yasal düzenlemelerini yapması gerekmektedir. Direktife göre, bu veri setlerinin ücretsiz, makine okunabilir formatta ve (yüksek değerli veri setleri dinamik olduğundan) API üzerinden paylaşılması gerekmektedir. Bu direktife benzer bir yaklaşım G8 ülkelerinin, hangi veri kategorilerinin öncelikli olarak açık hale getirmelerini belirlerken de ortaya konmuştu (EU, 2018). PSI direktifinde ve G8 önerilerinde **mekânsal veri kümelerinin** olması son derece önemlidir. G8 yüksek değerli veri kategorilerinde yer alan mekansal veriler topoğrafya, ulusal ve yerel düzeydeki haritaları, adres bilgileri gibi verileri kapsamaktadır. Aynı zamanda yeryüzü gözlemi ve ulaşım başlıklarında sunulan verilerin bir çoğu da

(meteorolojik veriler, toplu taşıma verileri vb.), mekansal veriler başlığında bulunmayan ancak konumsal boyutu olan verilerdir.

Yapılması gereken 2019 güncellenen PSI Direktifindeki ilkeler temel alınarak, yasal düzenlemelerin yapılması ve/veya mevcut yasaların revize edilmesidir. Ekonomik etkilerini de değerlendirdiğimizde, öncelikli olarak PSI Direktifinde belirtilen veri setlerinin açık hale getirilmesi kamu veri kümelerinden katma değerli servisler üretmesi için son derece önemlidir.

Maliyetlerden tasarruf, verimlilik artışı ve istihdam katkısı gibi açık verinin sağladığı ekonomik ve sosyal katma değerle ilgili çalışmalar olmasına karşın, açık verinin, kentlerin “akıllı kent” olarak kavramsallaştırılan gelişmişlik düzeyine nasıl etki ettiğine dair herhangi çalışma bulunmamaktadır (EU, 2020). Bu çalışma, açık verinin, kentlere sağladığı ekonomik ve sosyal katma değeri, akıllı kent kriterleri açısından değerlendirmesi bakımından, literatürde yapılan diğer çalışmalardan farklı bir perspektiften konuyu ele almıştır.

## **ENDEKS METODOLOJİLERİ**

Bu çalışmada, açık veri endeksleri ile açık kent endeksleri birlikte incelenmiştir. Bununla birlikte, açık veri ve akıllı kent endeks metodolojileri arasındaki ilişki irdelenerek, bu ilişkinin endeks sonuçlarına nasıl yansıdığı değerlendirilmiştir.

### ***Açık Veri Endeksleri***

Açık veri ile ilgili ülkelerin mevcut durumlarını gösteren, birbirleri ile karşılaştırma yapmaya imkân veren açık veri ölçümleme ve sıralama yöntemleri geliştirilmiştir (Güneydaş, 2018). Açık Bilgi Vakfı tarafında geliştirilen Küresel Açık Veri Endeksi kullanılan yöntemler arasında en çok tercih edilen yöntemdir. Bu endekste, veri setlerinin açıklık seviyeleri, açık lisanslama, makine okunabilirlik, ücretsiz erişim, güncellenme gibi dokuz kriter üzerinden puanlanmaktadır (Global Open Data Index, 2017).

Endeks sonuçlarına göre, ilk on sıralamada Avustralya, Tayvan, Büyük Britanya, Fransa, Finlandiya, Kanada, Norveç, Yeni Zelanda, Brezilya ve Kuzey İrlanda yer almaktadır. Endeks sonuçlarında dikkati çeken nokta, ilk sıralarda yer alan ülkelerde bile kamu harcamalarına ait verilerin açıklık sıralamasının düşük olmasıdır. Bu durum, açık veri

yaklaşımının şeffaflık açısından desteklenmesi gerektiğini bir kez daha göz önüne sermektedir.

Ülkelerin açık veri konusundaki karşılaştırmalı durumlarını inceleyen bir diğer çalışma da WEB Vakfı (World Wide Web Foundation) tarafından hazırlanan ve 2017 yılında dördüncüsü yayınlanan Açık Veri Barometresidir. 2017 yılında 4. baskısı yayınlanan Açık Veri Barometresi 115 ülkeyi kapsamaktadır (Open Data Barometer,2017).

Açık Veri Barometresinde, karşılaştırma aracı olarak verilen tablolarda, ülkelere ait istatistik, bütçe, ticaret, ulaştırma vb. veri setleri; veri mevcudiyeti, açık lisanslı olma, makine okunabilir olma gibi parametreler açısından değerlendirilip puanlanmaktadır. Açık Veri Barometresinde, 115 ülke çapında 15 farklı sektörden 1725 veri seti değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde verilerin yalnızca %7'sinin tamamen açık olduğu, her iki veri setinden yalnızca birinin makine okunabilir olduğu ve yalnızca dörtte birinin açık bir lisansa sahip olduğu görülmektedir (Open Data Barometer, 2017).

Veri setleri incelenen 115 ülkeden, 79'unun açık veri portalı olmasına rağmen, çoğu zaman en kapsamlı veriler resmi açık veri portalı dışındaki kaynaklarda yayınlanmaktadır. Bu ülkelerde, en kapsamlı veri setlerinin çoğunluğu (% 61) devletlerin diğer kurumları tarafından yayınlanmaktadır (Open Data Barometer, 2017).

### ***Akıllı Kent Endeksleri***

Kentlerin, farklı akademik ve sivil toplum kurumları tarafından geliştirilen kriterlere bağlı olarak puanlanıp, “akıllı kent endeksi” kapsamında karşılaştırıldığı sıralamalar bulunmaktadır (IESE, 2020; IMD, 2020). Akıllı kentin kavramsal olarak tanımlanması farklılık gösterdiğinden dolayı, kentlerin puanlanıp sıralanmasında da farklı yaklaşımlar bulunmaktadır (Giffinger ve Gudrun, 2010).

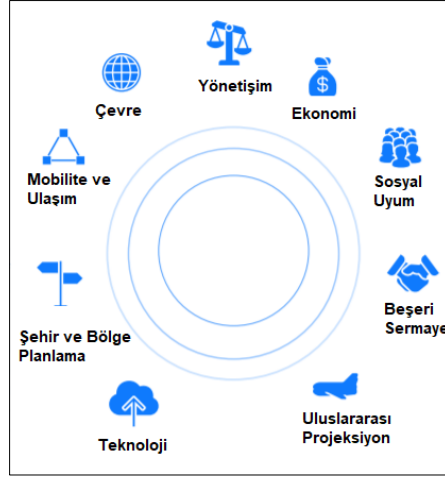
### ***Europeansmartcities***

Viyana Teknik Üniversitesi, Ljubjana Üniversitesi ve Delft Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilen sıralama yönteminde, akıllı kent tanımlamasında kullanılan Cohen çemberi esas alınmıştır (Centre of Regional Science [SRF], 2007; Cohen, 2013). Akıllı ekonomi, akıllı toplum, akıllı çevre, akıllı mobilite, akıllı yönetim ve akıllı yaşam alt başlıklarının her birinde de sıralama yapmaya imkân veren bu

metodolojide, toplam sıralama sonuçlarına göre, Lüksemburg, Aarhus ve Turku ilk üç sırayı almışlardır (Europeansmartcities, 2014).

### **Cities in Motion Index**

Navarra Üniversitesi tarafından geliştirilen bu endeks Şekil 1’de görüldüğü üzere, dokuz alt başlıkta toplam 101 indikatör üzerinden hesaplanmaktadır. Endeksin 2020 yılı sonuçlarına göre Londra, New York ve Paris ilk üç sırada yer almışlardır (IESE, 2020).



Şekil 1. Cities in motion index indikatör temaları

Kaynak: IESE, 2020.

### **Smart Cities Index (Easypark)**

İsviçre’de bulunan Easypark unvanlı bir mobilite danışmanlık firması tarafından geliştirilen bu endekste Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan “İnsani Gelişmişlik Endeksi (Human Development Index)” baz alınarak “ulaştırma ve mobilite”, “dijitalleşme”, “sürdürülebilirlik”, “yönetişim”, “inovasyon ve ekonomi”, “yaşam standardı” ve “uzman görüşü” başlıkları altında toplam 24 indikatöre göre bir sıralama yapılmaktadır (EasyPark Group, 2017). İlgili kriterler dikkate alınarak yapılan sıralamada; Oslo, Bergen ve Amsterdam ilk üç sırada yer almışlardır (EasyPark Group, 2017).

### **Smart City Index (IMD)**

İsviçre merkezli bir kuruluş olan Institute for Management Development (IMD) tarafından geliştirilen bu endekste, yine Easypark



tarafından oluşturulan endekste de kullanılan “İnsani Gelişmişlik Endeksi” sonuçları ile kentlerin “sağlık ve güvenlik”, “mobilité”, “yönetişim”, “aktiviteler”, “fırsatlar (iş ve okul)” başlıklarındaki durumlarını belirleyen soruların olduğu anket verileri kullanılmıştır. 2020 yılı sonuçlarına göre; Singapur, Helsinki ve Zürih ilk üç sırada yer almaktadırlar (IMD, 2020).

İncelenen dört endekste de farklı kentler çıkması, değerlendirme yönteminin farklı olması, endeksleri oluşturan gösterge setlerinin farklı konularda olması ve bazı endekslerdeki anket yolu ile alınan verilerin kalite farkından kaynaklanmaktadır.

### ***Açık Veri Endeksi ile Akıllı Kent Endeksi Arasındaki İlişki***

Küresel açık veri endeksi ülkelerin açık veri durumlarını ortaya koyan bir endeks olmasına karşın, akıllı kentler ile ilgili yapılan sıralama çalışmaları, kent düzeyinde bir sıralama sunduğundan karşılaştırılabilir değildir. Buna karşın Küresel Açık Veri Endeksi baz alınarak yapılan ve kent düzeyinde açık veri sıralaması sunan “city open data census” olarak tanımlanan bir sıralama çalışması bulunmaktadır (U.S. City Open Data Census, 2017). Ancak kent bazlı açık veri sıralamalarının tüm ülkeleri veya tüm ülkedeki tüm kentleri kapsamadığı da tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, belli başlı ülkeler hariç birçok ülkenin kentlerine ait veri setlerinin açıklık durumu, veri olmadığından dolayı belirlenememiştir. Bu endeks, global düzeyde kapsayıcı olarak oluşturulabilse, akıllı kent sıralamaları ile kentlerin veri setlerinin açıklığı arasında anlamlı bir ilişkiyi gösterebilirdi. Buna rağmen, veri setlerinin yeterli olduğu ülke kentlerine bakıldığında, açık veri endekslerinde yukarıda olan kentlerin, akıllı kent ile ilgili endekslerde de üst sıralarda yer aldığı görülmektedir (U.S. City Open Data Census, 2017; IMD, 2020). Akıllı kent ve açık veri ile ilgili yapılan sıralamalara bakıldığında, her yıl güncellenen ve sürdürülebilir bir endeks haline gelen sıralamaların genellikle Easypark, PSD Research gibi özel sektör danışmanlık firmaları veya IESE, IMD gibi akademik enstitüler tarafından yapıldığı görülmüştür. Bunların dışında, bir proje kapsamında veya akademik bir çalışma olarak yapılan sıralamalarda ya her yıl güncellenmeyip zaman serisi oluşmamıştır ya da göstergelerin hesaplanması için gerekli verilere ulaşamayıp, karşılaştırılabilir olmaktan uzak bir endeks oluşmuştur.

Bunların dıŖında, lokal bazlı yapılan açıklık endeksleri de mevcuttur. PSD Research tarafından Kanada kentleri için yapılan “open cities index” bu çalıŖmalardan biridir. Bu çalıŖmaya bakıldığında, sonuçların “city open data census” ile benzer olduğu görülebilir (PSD, 2019; Open Knowledge Canada, 2017).

Akıllı kentler, disiplinler arası bir konu olarak incelendiği için akıllı kentin alt kümesi olan kavramların neler olduğu, ilgili disiplinin bakıŖ açısına göre deđiŖmektedir (Washburn vd., 2009). Bununla birlikte, günümüzde farklı disiplinlerin ortak bakıŖ açısını yansıttığı ve akıllı kent ile beraber anılan bir diğer kavram da sürdürülebilirliktir. Bundan dolayı yapılan bazı endeks çalıŖmalarında “Akıllı sürdürülebilir kent (Smart sustainable city)” indikatörleri oluşturulmuŖtur. Bu indikatörlerin alt başlıklarına bakıldığında, BirleŖmiŖ Milletlerin “Küresel Kalkınma Amaçları” doğrultusunda hazırlanan sürdürülebilirlik göstergeleri baz alınmıŖtır. Bu çalıŖmalardan, en kapsamlısı, U4SSC (United for Smart Sustainable Cities) tarafından hazırlanan anahtar performans göstergelerdir (key performance indicator) (U4SSC, 2017).

Buradaki göstergelerin alt başlıklarına bakıldığında, ekonomi temasının alt başlıklarından biri olan Bilgi ve İletişim Teknolojisi göstergesinin alt göstergelerinden birinin “açık veri” göstergesi olduğu görülmektedir. Bu gösterge tek başına, açık veri ile akıllı sürdürülebilir kent arasında nedensellik ilişkisi kurmaya yeterli olmasa da kentlerin akıllı ve sürdürülebilir olmasında verinin önemini ve bu verilerin açık veri konseptinde paylaşılarak toplam faydanın artırılmasının gerekliliğini ortaya koyabilecek önemli bir unsurdur.

## **SONUÇ**

Akıllı kent ve açık veri konularındaki geliŖmeler, farklı yönde ilerlemesine karŖın son dönemde, akıllı kentlerin ihtiyaç duyduğu veri kümelerinin açık veri ortamında sunuluyor olması ve açık verinin Ŗeffaflık, hesap verebilirlik ve inovasyona katkısının daha belirgin hale gelmesinden dolayı, açık veri ve akıllı kent arasındaki etkileŖim artmıŖtır. Kent seviyesinde, verilerin paylaşımını sağlayan açık veri portallarının giderek yaygınlaŖması bu etkileŖimin en somut örneklerindedir. Açık veri portallarında sunulan ve yüksek değerli veri setlerinden olan mekânsal, mobilite ve ulaŖım gibi kategorilerdeki

veriler, ana girdisi veri olan veri güdümlü inovatif firmaların çok önemli katma değer sağlayan uygulamalar geliştirmesine imkân sağlayacaktır.

Açık verinin sağlayacağı potansiyel katma değeri realize etmek için öncelikle, açık veri ile ilgili yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Özellikle, yüksek değerli veri setlerinden biri olan devlet tarafından üretilen mekânsal verilerin tekrar kullanımına imkân sağlayan düzenlemelerin yapılması elzemdir. Açık verinin sağladığı katma değer ile ülkeler mevzuatlarını buna göre düzenlerken ve bu ekonomik faydadan en verimli şekilde yararlanmaya çalışırken, ülkemizde 29301 sayılı resmi gazetede yayımlanan 20/3/2015 tarihli, “Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik” ve “49 sayılı Coğrafi Bilgi Sitemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi” gibi coğrafi bilgi sistemi ile ilgili mevzuatın, PSI Direktifindeki ilkeler dikkate alınarak revize edilmesi önerilmektedir. Açık verinin gelişim evrelerine bakıldığında, devlet verisinin açıklığının öncelikli alan olduğu görülecektir. Kentler de devlet organizasyonu içerisinde, vatandaşla en fazla etkileşimde bulunan hizmetleri sunan yerel yönetimlerin uygulama alanı içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla, şehre ait verilerin açıklığı, kent yönetişiminin akıllı kent amaçlarına yönelik daha etkin hale getirilmesinde katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, akıllı kentler ile açık veri arasında bir ilişkinin varlığı, varsa nasıl bir ilişki olduğu akıllı kent endeksleri ile açık veri endeksleri üzerinden araştırılmıştır. Akıllı kentler ile ilgili en çok bilinen endeks metodolojileri ve bu endekslerin sonuçları incelenmiştir. Bazı metodolojilerde belirlenen göstergelerin, veri eksikliğinden dolayı hesaplanmadığı belirlenmiştir. Bu durum, akıllı kentlerin endeks içinde sıralamaları yapılırken dahi açık veri ekosistemine ne kadar ihtiyaç duyulduğunun bir göstergesi olarak düşünülmektedir. Öte yandan, akıllı kent endeksi oluşturan kuruluşların bulunduğu veya bu kuruluşların coğrafi olarak yakın olduğu ülkelerde, o ülkenin kentlerinin üst sıralarda yer aldığı görülmüştür (bir İsveç kuruluşu olan Easypark tarafından yapılan sıralamalarda kuzey ülkelerinin, İsviçre merkezli ve Hong Kong bağlantılı olan IMD tarafından oluşturulan endekste Zürih ve Hong Kong’un ilk sıralarda yer alması gibi). Bu durumun, ilgili kentlere ait verilerin daha kapsamlı bir şekilde ulaşılabilir olduğundan endekslerde

tüm göstergelerin hesaplanarak sonuca yansıdığı ile ilgili olduğu düşünölmektedir. Buna ek olarak, bu sıralamaların birçoğunda, göstergelerin bir bölümü anket yolu ile derlendiğı için, bu anket katılımcılarının gelişmiş farkındalığı ile ilgili kentler için yüksek skorlar hesaplanabilmektedir. Bundan dolayı, ÷lke olarak gerek açık veri ile ilgili endekslerde gerekse akıllı kentleri ile ilgili endekslerde üst sıralarda yer almak için ölkemizdeki ilgili kurum ve kuruluşların, bu endeksleri oluşturan uluslararası kuruluşlar ile temas halinde ve iş birliğı içerisinde olması ve endeksi oluşturan göstergeleri iletmeleri gerekmektedir. Aksi halde, yukarıda ifade edilen endekslerde ölkemizdeki ilgili kurumlardan yeterli bilgi alınamadığı durumlarda, ölçömlerler sağlıklı olmayabilmektedir.

Akıllı kent ve açık veri endekslerinin yapılabildiğı ölkelere bakıldığında, genellikle açık veri endeksinde ilk sıralarda olan kentlerin, akıllı kent endeksinde de ilk sıralarda yer aldığı görölmüşür. İki endekte de birçok faktör ve göstergenin etkili olmasına karşın bu durum bir nedensellik ilişkisi kurmak için yeterli değildir. Bununla birlikte, açık veri ile ilgili oluşturulan endekslerin her yıl güncellenmediğı ve dolayısıyla bir zaman serisi elde edilemediğı görölmüşür. Bu nedenle de iki zaman serisi arasındaki korelasyondan söz etmek olası olmamıştır. Öte yandan, U4SSC (United for Smart Sustainable Cities) tarafından yapılan “Akıllı Sürdürülebilir Kent” endeks metodolojisinde; açık verinin, ekonomi temasının alt başlıklarından biri olan Bilgi ve İletişim Teknolojisi göstergesinin -alt göstergelerinden biri olarak- sonucu doğrudan etkilediğı görölmüşür (U4SSC, 2017).

Akıllı kent, kavramsal yapısı gereğı; akıllı çevre, akıllı mobilite, akıllı ekonomi gibi alt başlıklara ayrılması nedeniyle birçok gösterge üzerinden endekslenirken; açık veri endekslerinde ise, ilgili veri kümesini, makine okunabilirlik, güncellenme durumu, ücretsiz erişim gibi kıstaslara bağılı açıklığı irdelenmektedir. Oysa açık devlet; katılımcılık, şeffaflık ve iş birliğı gibi olgular üzerinden tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, kentleri yalnız veri setlerinin açıklığı üzerinden değil, yukarıda sayılan açık devlet ilkeleri üzerinden endeksleyen bir “Açık Kent” gösterge setine ihtiyaç duyulmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu bölümün yazarları, bu çalışmanın yapılmasına değerli görüş ve önerileri ile katkı sunan İstanbul Teknik Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Nesibe Necla ULUĞTEKİN'e, katkılarından dolayı teşekkür etmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Centre of Regional Science. (2007). Smart cities: Ranking of European medium-sized cities (Teknik rapor). [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)

Cohen, B. (2013). The smart city wheel. Smart Circle

EasyPark Group. (2017). EasyPark smart cities index. <https://www.easyparkgroup.com/smart-cities-index/>

Europeansmartcities. (2014). Europeansmartcities akıllı kent sıralamaları. <http://www.smart-cities.eu/?cid=3&ver=3>

European Union. (2018). Open data goldbook for data managers and data holders (Teknik rapor). Lüksemburg. European Data Portal, [https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/european\\_data\\_portal\\_-\\_open\\_data\\_goldbook.pdf](https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/european_data_portal_-_open_data_goldbook.pdf)

European Union. (2020). The Economic Impact of Open Data: Opportunities for value creation in Europe (Teknik rapor). Lüksemburg. European Data Portal, <https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/the-economic-impact-of-open-data.pdf>

Giffinger, R. ve Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? ACE: architecture, city and environment, 4 (12), 7-26. Global Open Data Index. (2017). Açık veri endeksi. <https://index.okfn.org/place/I>

Güney, C., Köktürk, E. ve Çelik, R.N. (2010). Megakent yönetimi ve mekansal veri altyapısı, TMMOB İstanbul İl Koordinasyon Kurulu II. İstanbul Kent Sempozyumu, İstanbul: Mayıs 20-23.

Güneydaş, M. (2018). Açık veri ekosisteminde mekansal veri altyapıları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

IESE. (2020). Cities in motion index, DOI: <https://dx.doi.org/10.15581/018.ST-542>

Institute for Management Deveolpment (2020). Smart city index. <https://www.imd.org/smart-city-observatory/smart-city-index/>

Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79 (1), 1-14.

Loomis, J., Koontz, S., Miller, H. ve Richardson, L. (2015). Valuing geospatial information: Using the contingent valuation method to estimate the economic benefits of landsat satellite imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 81, 647-656. doi: [dx.doi.org/10.14358/PERS.81.8.647](https://doi.org/10.14358/PERS.81.8.647)

ODIHQ. (2015). The economic impact of open data: what do we already know? [Blog yazısı]. <https://medium.com/@ODIHQ/the-economic-impact-of-open-data-what-do-we-already-know-1a119c1958a0>.

Open Data Barometer. (2017). Açık veri barometresi. <https://opendatabarometer.org>

Open Data Institute. (2015). Open data means business: UK innovation across sectors and regions. London, UK. <http://theodi.org/open-data-means-business-uk-innovation-sectors-regions>

Opendefinition. (2020). Open definition version 2.1. <https://opendefinition.org/od/2.1/en/>

Open Knowledge Canada. (2017). Local Open Data Census. <http://ca-city.census.okfn.org/>

PSD. (2019). Open Cities Index Results and Report-2019 (Teknik rapor). <https://psdrcs.com/wp-content/uploads/2019/12/2019-OCI-Report.pdf>

Public Sector Information. (2019). Directive (Eu) 2019/1024 Of The European Parliament And Of The Council On Open Data And The Re-Use Of Public Sector Information (2019,26 Haziran). <https://eurlex.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj>

United for Smart Sustainable Cities (2017). Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities (Teknik Rapor). Cenevre. <https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/U4SSC-CollectionMethodologyforKPIfoSSC-2017.pdf>

U.S. City Open Data Census. (2017). U.S. City Open Data Census Dataset. <http://us-cities.survey.okfn.org/>

Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. ve Nelson, L. E. (2009). Helping CIOs understand “smart city” initiatives. *Growth*, 17(2), 1-17.

# Yeni Nesil Afet Önleyici Yapılar

**Afşin Ahmet Kaya**

*Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye*  
**(0000-0003-2082-6478)**

## GİRİŖ

Literatürde afetlerle alakalı birçok tanım bulunmaktadır. En geniş anlamıyla; “İnsan ve diğerk canlılar için; doğal yaşamı ve toplumsal faaliyetleri aksatan, toplumda fiziksel, sosyal, kültürel ve ekonomik kayıplara sebep olan ve etkilenen topluluğun üstesinden gelemediği doğa veya insan kökenli bir durumdur,” şeklinde belirtilmektedir. Veya müdahalede kaynağın yeterli olmaması şeklinde söylenebilir. Bu tanımda ilk şart, afetten etkilenen topluluğun kendi olanakları ile kendi kendine yetememesidir. Her depremin, her yangının, afet olarak görülmesi doğru kabul edilemez. Örneğın, 17 Ağustos Depremi’nde meydana geldiği düşünölen tsunami afet olarak kabul edilemez. Ancak, 26 Aralık 2004 yılında Endonezya Sumatra Adası açıklarında meydana gelen 9 büyüklüğündeki deprem ve oluşın tsunami 168 bini Endonezya’da olmak üzere 10’dan fazla ölkede 230 binden fazla kişinin ölümüne sebep olan, son yüzyılda meydana gelen en büyük afetlerden birisi kabul edilmektedir. Yine Endonezya Sumatra Adası’nda yaşanan 8,3 şiddetindeki depremde oluşın tsunami bir afet etkisi oluşturamamıştır. Bu durumda afet, boyutları itibariyle, doğal döngüsü içinde toplumun etkilenme oranı ile görölmelidir. Bu konuda yapılan bütün çalışmalardaki bilimsel gelişim toplumun afet kültürü ile eş değer şekilde yapılmalıdır. Son dönemlere kadar toplumların afetlere bakışı 19. yüzyılın başlarında insanların hastalıklara bakışı gibi olmaktadır, yani, “öngörölemeyen, istenmeyen ve günlük yaşamın bir parçası olan kaçınılmaz bir risk” olarak bilinmekteydi. Toplumsal gelişme, bilimsel ilerleme ve insan yaşamına verilen önemin çoğalmasıyla toplumların afetlere bakışı değişmeye başlamış, afetlerin hastalıklar gibi önceden gerekli tedbirler alındığında önlenilebileceği veya en az hasarla atlatılabileceği algılanmıştır (Işık vd., 2012).

### **Afet Türleri**

#### **Doğa Kaynaklı Afetler**

Doğa olayları sonucu meydana gelen afetlerdir. Bunlar jeolojik ve meteorolojik olarak iki gruba ayrılır (Işık vd., 2012):

*Jeolojik Kaynaklı Afetler:* Bunlar, direk kaynağını yer kabuğu ya da yerin derinliklerinden alan doğa kaynaklı felaketlerdir. Örnek olarak, deprem, heyelan, erozyon, yanardağ patlamaları (volkanlar), çamur seli, kaya düşmesi (Işık vd., 2012).



*Meteoroloji Kaynaklı Afetler:* Atmosferdeki doğa olayları sonucu oluşurlar. Bunlar, atmosfer olaylarının (sıcaklık, yağış, basınç ve rüzgâr) insan için faydalı olduğu bilinilen sınırı geçmesiyle oluşur. Meteoroloji kaynaklı afetlerin oluşumunu hazırlayan temel faktörler atmosfer kaynaklı olmasına karşın, bazılarında afetin olduğu yerin özellikleri de etkisini gösterebilmektedir. Sel, kuraklık, kütle hareketleri, çığ, fırtına, kasırga, hortum, tipi, dolu, aşırı soğuklar, fırtına, orman yangını, küresel iklim değişiklikleri, yıldırım düşmesi, sera etkisi, don, sis ve aşırı yağmur bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Işık vd., 2012).

### **Doğal Olmayan Afetler**

İnsanların sebep olduğu felaketlerdir. Bu durumlara örnek olarak, savaşlar ve iç savaşlar, orman yangınlarının bir kısmı, meskûn mahallerde görülen yangınlar, tehlikeli madde kazaları, nükleer kazalar, hava kirliliği, su kirliliği, toprak erozyonu ve salgın hastalıklar, silahlı saldırı, isyan, terörizm ve insanların yer değiştirmesine ve mülteci konumuna düşmesine sebep olan diğer olaylar, yangınların bir kısmı, salgınlar, su ve gıdaların neden olduğu hastalıklar, bulaşıcı enfeksiyon hastalıkları, AIDS, kolera, sıtma vb. (Işık vd., 2012).

### **Karmaşık Afetler**

Doğa ve insan kaynaklı afetlerdir. Örnek olarak, orman yangınları, deprem sonrası meydana gelen yangınlar. Yangınlar, yukarıda sıralanan üç grupta da bulunmaktadır. Bazı afetler de yanında ikincil afetleri de getirmektedir. Örnek olarak, deprem; tsunami, heyelan, salgın hastalıklara ve yangınlara sebep olması ile bu konuda açıkça bir örnek oluşturmaktadır. Afet türleri; tehlike başlığı adı altında da değerlendirilip, sürecine ve niteliğine göre de sınıflandırılmaktadır;

- Aniden meydana gelen tehlikeler (jeolojik ve meteorolojik tehlikeler): depremler, tsunamiler, seller, volkanik patlamalar,
- Yavaş meydana gelen tehlikeler (çevresel tehlikeler): kuraklık, açlık, çevresel bozulma, çölleşme vb.,
- Endüstriyel/teknolojik tehlikeler: Sistem çökmeleri, kazalar, radyasyon vb. (Işık vd., 2012).

### **Afetin Etkileri**

#### **Ekonomik Etkiler**

Afetlerin ekonomik etkisine bağlı olan nedenler, afetlerin etkileri incelenirken üzerinde durulması gereken çok önemli bir konudur.

Afetlerin sebep olduğu ekonomik sonuçların açıklanması için geliştirilen terminolojiye göre, ekonomik etkiler iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar; birincil (doğrudan ve dolaylı) ekonomik etkiler ve ikincil ekonomik etkilerdir. Birincil etkiler; afetlerin ulaşım, enerji, iletişim, altyapı, sanayi gibi sistemlere olan etkileridir. İkincil etkileri ise makroekonomik (ülke ekonomisi) olan etkileridir. İkincil etkiler, afetten bir süre sonra meydana gelir. Büyüme ve istihdam düzeylerine, fiyatlar genel düzeyine, ödemeler dengesine olan etkileri ile ilgilidir. İktisadi büyüme, enflasyon oranları, bütçe açığı, kamu harcamaları ve borç dengesindeki bozulmalar ikincil ekonomik etkilerdir (Altun, 2018).

### ***Birincil Etkiler***

Birincil etkiler, doğrudan ve dolaylı etkileri içermektedir. Doğrudan etkiler; afetlerin kamu malvarlığı, ürün stokları, sermaye stokları, altyapı ve nüfus üzerindeki ekonomik etkileridir. Dolaylı etkiler ise doğrudan etkilerin türevleridir, afetlerden sonra başlayıp birkaç yıla kadar sürebilen etkilerdir. Üretimde meydana gelen azalmalar ile su, ulaşım, iletişim gibi hizmetlerde yaşanan sorunlar dolaylı etkilere neden olmaktadır.

Birincil etkiler, ilk olarak altyapı ile ilgilidir. Altyapıda meydana gelen hasarlar çeşitli ekonomik ve sosyal kayıplara neden olabilmektedir. Afetlerden sonra ulaşımında meydana gelen kayıplar ile karayolları ve demiryollarında oluşan tahribatlar, kamu sektöründe ciddi bir sorun oluşturmakta, aynı zamanda ticari hayatı önemli ölçüde kesintiye uğratmaktadır. Ülke ekonomisi için hayati önem taşıyan enerji dağıtım ve haberleşme tesislerinde oluşabilen hasarların kısa sürede iyileştirilmesi gerektiğinden kamu finansman ihtiyacını arttırmaktadır (Altun, 2018).

Birincil etkiler, ikinci olarak “sanayi” ile ilgilidir. Afet sonrasında işyerlerinde, makine ve teçhizatlarda ortaya çıkan hasarlar ürün ve stok kaybına, nitelikli ve niteliksiz işgücü kaybına neden olabilmektedir. Üretime ara veren veya üretimi duran tesisler sebebiyle ihracatta azalmalar olabilmektedir (Altun, 2018). Birincil etkiler, son olarak “konut hasarları” ile ilgilidir. Afet sonrası genellikle en büyük hasarı konutlar görmektedir. Bunun sonucu olarak konut yapım ve onarımı için finansman ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Altun, 2018).

### ***İkincil Etkiler***

İkincil etkiler, afetin üzerinden belli bir süre geçtikten sonra gerçekleşen etkilerdir. Büyüme, istihdam ve enflasyon gibi makroekonomik (ülke ekonomisi) etkilerdir. Buradaki en önemli nokta “Katma Değer (Milli Gelir) Üzerindeki Etkiler”dir. Afetler sonrası sermaye stoku ve işgücünde meydana gelen kayıplar ve üretimin belli bir dönem için veya tamamen durması sonucu bölgede yaratılan milli gelirden kayıplar meydana gelebilmektedir (Altun, 2018).

### ***Sosyal ve Psikolojik***

Afetler denilince öne çıkan etkiler, can ve mal kayıpları olarak tespit edilmiştir. Ancak ileri safhalarda ortaya çıkan fiziksel ve ruhsal hasarlar da çok önemlidir. Söz konusu psikolojik sorunlarla sadece afete direkt maruz kalanlar değil, yardım ekipleri, afetzedelerin yakınları ve olaylara medya yoluyla tanık olanlar da karşı karşıya kalabilmektedir (Altun, 2018).

Afetlerden etkilenenler farklı gruplara ayrılmaktadır. Afet bölgesinde yaşayan ve afeti doğrudan yaşayanlar “birincil mağdurlar” olarak adlandırılmaktadır. Birincil mağdurların aileleri ve yakın çevreleri “ikincil mağdurlar” olarak adlandırılmaktadır. Afet bölgesinde yardım çalışmaları yürüten resmi görevliler ile sivil toplum kuruluşu mensupları ve gönüllüler “üçüncül mağdurlar” olarak adlandırılmaktadır. Afeti medyadan takip edenler “dördüncül mağdurlar” olarak adlandırılmaktadır (Altun, 2018).

### ***Afet Yönetimi***

Afet Yönetimi; Afetlerin önüne geçilmesi ve zararların en aza indirilmesi amacıyla, bir afet olayda zarar azaltma, olaya müdahale ve iyileştirme, hazırlıklı olma gibi adımlarda yapılması gereken çalışmaların planlanması için toplumun bütün kurum ve kuruluşlarıyla, olanakların bu ortak hedef yönünde kullanılmasını sağlayan çok kapsamlı bir yönetim biçimidir (Kadıoğlu ve Özdamar, 2006). Özetle etkin bir afet yönetimi planı, afet öncesinde ve sonrasında gereksinim duyulan tüm faaliyetleri içermektedir. Afetlerle aktif mücadele, kişilerin veya çeşitli kurumların bireysel olarak yaptıkları çalışmalarla değil, çeşitli deneyimlere sahip kişilerin ve farklı kurum ve kuruluşların, aslında bütün toplumun bir arada çalışmasıyla oluşabilecek etkin bir afet yönetimi ile gerçekleştirilebilir. Etkin bir

afet yönetimi ile insanlar ikamet ettikleri bölgelerin hangi doğal afet bakımından ne ölçüde risk barındırdığını bilmektedirler. Aynı zamanda, olası bir afetin şiddetinin ne ölçüde gerçekleşebileceği, bunun kendilerini ne ölçüde etkileyebileceğini ve bu etkileri en az hasarla atlatmanın yollarını da bulmaktadırlar. Yine afet anında ve sonrasında nelerin uygulanması gerektiği, meydana gelen kayıpların en az zararla atlatılması ve afetin neden olduğu karışıklıkların bertaraf edilerek, toplumsal hayatın en kısa zamanda tekrar normal ilerleyişine döndürülmesi gibi ihtiyaç duyulan bütün çalışmalar da etkili bir afet yönetimi ile meydana gelmektedir (Demirci ve Karakuyu, M 2004). Hükümetin afet gerçekleşmeden önce yapması gereken konuların başında;

- Afetleri önlemek ve zararlarını azaltmak amacıyla yapılması gereken tedbirleri araştırmak,
- Bu mevzudaki ana ihtiyaçlarla amaç ve politikaları belirlemek,
- Ülke sınırları içerisindeki bilimsel, teknik ve idarî faaliyetlerin koordinasyon içerisinde yürütülmesini sağlamak,
- Ortak neticeleri tüzük, yönetmelik, genelgeler gibi legal araçlarla birlikte, eğitim aracılığıyla uygulamaya taşımak ve denetlemek,

gelmektedir (Arca, 2012).

Afetin zararlarını en aza indirmek için ulusal ve uluslararası işbirliği, tasarı ve programları meydana getirmek, gelen neticeleri uygulamaya iletmek; afete maruz kalmış ve maruz kalabilecek alanlar ile bina ya da ikamet için yasaklanmış afet alanlarını belirlemek ve bildirmek afet bölgelerinde yapılması gerekenler arasındadır. Bu belirtilen çalışmalar yapılmadığında, afet sonrası meydana gelen tablo çok şiddetli olmaktadır. Yaşanabilir sağlam şehirlerin oluşturulmasında, afetlerden önce alınacak tedbirlerin önemi açıktır (Şengün, 2007). Afet Yönetimi, afetleri önlemek ve zararlarını azaltmak için “afet öncesi”, “afet anı” ve “afet sonrası” için olması gereken teknik, yönetsel ve yasal planları belirleyen ve bunları uygulamaya koyan; bir afet durumunda etkin uygulama yapabileceği sağlayan ve vakalardan edinilen tecrübelerle mevcut düzeni geliştiren bir yönetim anlayışıdır. Bu evrelerden en önemlileri şüphesiz, toplumun bütün birimleri ile olası bir afete hazırlıklı olmasını sağlayan, afet öncesi yapılması gerekenleri içermektedir. Zira afet yönetiminde en önemli husus, afette oluşabilecek zararları, henüz afet gerçekleşmeden belirlemek, bunları

azaltmak için gerekli faaliyetleri gerçekleştirmek, planlamak ve önlemleri almaktır (Arca, 2012).

Afet yönetiminde diğer önemli adımlar ise afetlerden sonra yapılması gerekenleri düzenlemektir. Bu düzenlemelerin amacı en kısa sürede afet nedeniyle oluşmuş aksaklıkların giderilmesi, gereksinimlerin acilen karşılanması, kurtarma ve tahliye çalışmalarının yapılması, alternatif ulaşım ve haberleşme ağlarının geliştirilmesi ve afet nedeniyle olmuş enkazın ortadan kaldırılması gibi çalışmaları içermektedir. Afetlerle her an karşılaşılabilme ihtimali fazla olan ülkemizde, afet meydana gelmeden önce neler yapılması gerektiği, afet sırasında nasıl müdahale edileceği ve afetin olumsuz etkilerini azaltmak için neler yapılacağı, çeşitli aşamalarda yapılacak işlerin iyi düzenlenmesiyle alakalıdır. afet yönetimi süreci aşağıdaki özellikleri kapsamaktadır (Arca, 2012).

- Muhtemel afetlerin olumsuz tesirlerini azaltıp, ekonomik durumunu gözetererek, afetlerin meydana gelebilirliğini azaltıcı tedbirlerin planlanması ve bunların yürütülmesi,
- Her an olabilecek afet tehdidine karşı uyarı– hazırlık planlarının yapılması ve etkili acil durum tedbirlerinin düzenlenmesi,
- Göçüklerde, sel baskınlarında, kıtlık gibi afetlerde bölgenin ve bölge halkının vaziyetinin belirlenerek izlenmesi, çözüm ve tedbirlerin zamanında uygulanması,
- Afetten hemen sonra hayat kurtarma için acil yardım çalışmalarının uygulanması,
- Rehabilitasyon tedbirlerine hız verilmesi ve afetten sonra devamlı gelişmenin desteklenmesidir.

Afet yönetiminin amaçlarını, afetlerden önce ve afetlerden sonra olarak iki başlık altında toplayabiliriz (Arca, 2012).

Afet olmadan önce:

- Muhtemel afetlerden toplumun en az hasar ve fiziksel kayıplarla mücadele edebilmesi için gereken teknik, legal ve yönetsel tüm tedbirleri olaylar olmadan önce almak,
- Muhtemel hallerde afetlerden önce olayları önlemek, bunun yapılamadığı durumlarda kurtarma, ilk yardım ve iyileştirme faaliyetlerinin en hızlı, randımanlı ve etkili bir biçimde yapılmasını sağlamak,

- Afetin olumsuz etkilerinin azaltılması faaliyetlerini kalkınmanın her evresine katmak ve bu Ŗekilde mevcut riskin artmasını gidermek ve sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak,

Afet olduktan sonra:

- Mümkün olan en çok sayıdaki insanı kurtarabilmek ve sağlığına kavuşmasını sağlamak, afetlerin neden olabileceği ek tehlike ve risklerinden insan hayatını ve malını korumak,
- Afetten etkilenen toplulukların yaşamsal ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa sürede karşılamak ve yaşamın bir an önce normal seyrine gelmesini sağlamak,
- Afetin meydana getirebileceği ekonomik ve sosyal kayıpların en az düzeyde kalmasını sağlamak,
- Afetten etkilenen topluluklar için güvenilir ve gelişmiş yeni bir hayat çevresi oluşturmaktır.

Afet Yönetim modeli süreklilik içeren ve iç içe girmiş aşamalardan oluşan bir modeldir (Arca, 2012).

## LİTERATÜR TARAMASI

### *Sel*

#### *Yüzen Ev*

Beş kişinin yaşayabileceği iki katlı bir konut projesidir. Marmara denizi kıyısında Tekirdağ'da tasarlanmıştır. Tsunami meydana geldiğinde oluşabilecek dalga kuvvetlerini taşıyıp dalganın ilerlemesiyle su üzerinde yüzmesi amaçlanmıştır. Belirlenen proje alanı Kuzey Anadolu Fay Hattına 10 km uzaklıkta bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar Marmara Denizi'nde derinliği 1000 m'den büyük olan üç çukur bulunduğunu göstermektedir. Bu çukurlardan Tekirdağ çukuru 1112 m, Marmara Ereğlisi çukuru 1390 m ve proje alanına çok yakın bir konumdadır. Geçmişten günümüze kadar Marmara denizinde tsunamiler oluşmuştur. 1509, 1766, 1894, 1912 ve 1999'da aynı fay hattında dalga boylarının 2 m'yi aştığı görülmüştür (Bal ve Kopuz, 2018).

1894 İstanbul Depremi'nde deniz 50 metre geriye çekilmiş, bazı bölgelerde ise İstanbul surlarını aşarak 200 metre ilerlemiştir. 17 Ağustos 1999'da ise aynı fay hattı üzerinde gerçekleşmiş Gölcük Depremi'nde Değirmendere'de dalga boyunun 4 metre yüksekliğe

ulaştığı ve bölgede yoğun bir hasar meydana getirdiği bilinmektedir. Ayrıca bu çukurlarda heyelana açık çökellerin bulunması da riski arttırmaktadır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü'nün yürüttüğü Marmara Tsunami Erken Uyarı Sistemi ve bu konuda yapılan çalışma verilerine göre oluşabilecek dalga yüksekliğinin 50 cm olacağı tahmin edilmekte, doğu-batı yönünde Marmara Denizini 50 dakikada geçeceği düşünülmektedir. Yapılacak olan projede yüzen yapı tsunami etkisinde 2 m dalga boyu ve kıyıdan 50 m içeriye ulaşabilecek tsunami dalgası için tasarlanmıştır (Bal ve Kopuz, 2018).

Yüzen ev projesinin; Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi, Değirmenaltı Mahallesi'nde yapılacağı planlanmıştır. Proje 276 m<sup>2</sup> olarak tasarlanmıştır ve toplam iki kattan oluşmaktadır. Bu projenin taban alanı 138 m<sup>2</sup>'dir. Zemin kat planının içinde; giriş holü, oturma odası, mutfak, çalışma odası, iki oda ve ıslak hacimler çözülmüştür. Birinci kat planının içinde; salon, üç yatak odası ve banyo çözülmüştür. Kat yükseklikleri üç metredir. Zemin kotundan itibaren yapı toplam yüksekliği altı metredir.

Yüzen yapı tasarımında 5 kişinin yaşayabileceği bir tasarım düşünülmüştür. Thames nehrinde tasarlanan ve taşkın sularında yükselip yüzen yapı modeli tsunami etkisine göre tasarlanmıştır. Projedeki en önemli yer tsunami etkisinde dalgada oluşan yüksek enerjinin sönmülmesi gerekliliğidir (Bal ve Kopuz, 2018).

Yapının en önemli stabilite ve denge ilkesi sahip olduğu su yüküyle yapının yükselmesine olanak veren kilit kolonlarıdır.

Aynı ilke tsunami etkisi için yapılan projede de kullanılmıştır. Yapının temel kotunun altında hava boşluğu bırakılmıştır ve yapının tamamının hafif betondan tasarlanan yapısal donatılı elemanlar olacağı düşünülmüştür. Yapıda deniz yönünde eğimli cephe ortaya çıkmıştır. Bunun amacı yapıya gelen dalganın yönünü değiştirip yönlendirmesi ve enerjisi kırmasıdır.

### ***Deniz Bariyerleri: Hollanda Örneği***

Sahil şeridi 451 km olan Hollanda'nın topraklarının dörtte biri deniz seviyesinin altındadır. Hollanda'nın en çarpıcı noktası denizden kazanılan topraklarıdır (polderler). Denizden kazandıkları toprakları su

baskınlarından yel değirmenleri ile koruyan Hollandalılar bugün geliŖmiŖ teknolojileri kullanarak su baskınlarını önlemeye çalıŖmaktadırlar (Geographic, 2020).

Arazisinin önemli bir kısmı deniz seviyesinden daha alçakta bulunan ve bir kanallar ülkesi olarak bilinen Hollanda'da denizden toprak kazanılması ile ilgili faaliyetlere 1919 yılında başlanılmıŖtır. İlk kez Dr. C. Lely tarafından tasarlanan Güney denizi projesinin ana hatlarını özetlemek gerekirse:

- Kuzey Hollanda'dan Wieringe'e kadar 2,5 km ve Wieringen'den Friesland'a kadar (Afsluitdijk) 30 km'lik iki ayrı yüksek seddenin inŖasıdır. Bu seddelerin inŖası Ijsselmer adı verilen sığ iç denizin aşamalı olarak kurutulmasında ciddi önem taŖımaktadır. Bu ana seddelerin kurulması Kuzey Denizinden iç denize gelecek dalgaları önlemiŖtir. Böylelikle iç denizde su seviyesi büyük ölçüde kontrol altına alınmıŖtır. Ortalama olarak 6-7 m derinliğindeki denizin daha durgun bir duruma getirilmesi diğer seddelerin inŖasındaki birçok güçlükleri önlemiŖtir.
- Sığ denizde sedde inŖasıyla oluŖturulan, havuzların kurutulması ile ortaya çıkan arazilerin ıslahı ve geliŖtirilmesidir. Bu projenin ana gayeleri ise;
  - TaŖkınlara karşı daha etkili koruma tedbirlerinin alınması,
  - Taban suyu kontrolünün en etkili hale getirilmesi,
  - Ziraat arazisi kazanmak,

Ŗeklinde özetlenebilir (Geographic, 2020).

Nüfus yoğunluğunun çok fazla olduğu Hollanda'da 34500 km<sup>2</sup> lik bir alanda 3 milyon insan yaŖamaktadır. Bu nedenle Wieringermeer Polder ve Kuzey-Doğu Polderi gibi kurutulan ilk sahalarda ana amaç ziraat arazisinin kazanılmasına yöneliktir. Fakat artan nüfusun sosyal ihtiyaçlarını da karŖılamak ve tabiatı korumak adına son zamanlarda kurutulan sahalarda park, ağaçlık, balıkçılık v.s. gibi tesislere ayrılan saha miktarı ziraat alanlarının aleyhine olarak arttırılmaktadır (Geographic, 2020).

Denizden kazanılan bu sahaların Hollandaya katacağı en önemli kazançlardan biri de ana karayollarının inŖası ile ülkenin çeŖitli yerleri arasındaki mesafenin büyük ölçüde kısaltılmıŖ olmasıdır. Denizden



alan kazanımında gerekli drenaj, ıslah ve geliştirme faaliyetleri üç ayrı teşkilat tarafından yürütülmektedir. Bu teşkilatlar:

*Zuyderzee Proje Teşkilatı:* Bu teşkilat sedde, pompaj istasyonu, kanal, yol, savak, havuz ve köprü yapımı gibi çeşitli inşaat mühendisliği ile ilgili faaliyetleri yürütmektedir.

*Yeni Sahaları Geliştirme Teşkilatı:* Bu teşkilat kurutulmuş alanlarda şehirleşmeye, zirai faaliyete ve diğer sosyal tesislere ayrılacak bölgelerin planlanmasını ve geliştirilmesini sağlamakta, ayrıca çiftlik ve yerleşme merkezlerindeki binaların yapılmasını sağlamaktadır.

*Belediye Teşkilatı:* Bu teşkilat bölgenin gelişmesi sırasında olması gereken belediye hizmetlerini yürütmekle görevlidir (Geographic, 2020).

Hollanda çok gelişmiş bir ülke olmasına rağmen ülkenin hemen hemen yarısı sular altında kalma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu anlamda Hollandalıların geleceği mühendislerinin nerede ve ne zaman sulara karşı koyacağına karar vermesine bağlıdır. Hollandalı mühendisler topraklarının her bir karışığı için barajlar ve setler inşa etmişlerdir.

En kötü su baskını 1953'te yaşanmış ve 2000'den fazla insan ölmüştür. Ardından deniz bariyerleri projesi başlatılmıştır. Delta çalışmaları adı verilen proje 15 bariyerden oluşmaktadır. Bunlardan biri Oosterschelde'deki 9 km uzunluğundaki bariyerdir. Bu bariyer ülkedeki kapatılan son açıklıktır. Bu bariyerin yapımında daha önceki bariyerlerin yapımında karşılaşılmayan bir şey olmuş ve insanlar tüm bu faaliyetlerin çevresel etkilerini sorgulamaya başlamışlardır. Buraya yapılacak bir set ekosisteme büyük zarar verebilir ve balıkçılığı bitirebilirdi. Mühendisler halihazırdaki inşaatı durdurup yeni yöntemler düşünmüş ve sadece büyük fırtınalarda kapatılacak büyük bir sistem geliştirmişlerdir. Diğer sistemlerden farklı olarak bu bariyer açık bir bariyerdir. Yalnızca çok şiddetli fırtınalarda kapatılmaktadır (Geographic, 2020).

Bu bariyer 60 dev kapaktan oluşmaktadır. Normal şartlarda açık durup kuzey denizi sularının içeri girmesine izin verirken herhangi bir fırtına durumunda kapatılmaktadır. Böylelikle Hollanda'nın içlerini su baskınlarından korumaktadır. Fırtına sırasında bilgisayarlar dalga boylarını izler, dalgalar üç metreyi aşmaya başladığında kontrol

odasındaki alarmlar çalmaya başlar ve sonrasında kapılar indirilir. 2002 yılında tam 22 kez indirilmiştir. Bu set inşa edildiği 1982 yılından bu yana 25 kez kapatılmıştır (Geographic, 2020).



*Ŗekil 1. Deniz bariyerleri  
Kaynak: Geographic, 2020.*

### ***Tsunami Erken Uyarı Sistemi: Japonya Örneği***

Tsunami erken uyarı sistemi, tsunami dalgalarını algılayan bir sistem olmakla beraber, can ve mal kaybını en aza indirmek hatta önlemek için uyarılar veren bir sistemdir. Bu sistem tsunami dalgalarını ayırt etmek için sensörlerden oluşur. Bu sensörler, bir kıyı ve ağ bölgelerinden kaçışa izin veren en yeni uyarılar yayınlayan haberleşme alt yapısından oluşur. Aynı derecede mühim iki bileşenden oluşur. Japonya birçok deprem ve tsunaminin gerçekleştiği aktif dalma batma zonu yakınlarında bulunmaktadır. Japonya yakınlarında bulunan dalma batma zonunun sebep olduğu depremler tarafından oluşan yerel tsunamiler ülkede ciddi hasarlara sebep olmuştur. Bu yüzden Japonya, dünya çapında ve Pasifik'te en büyük tsunami erken uyarı sistemlerinden birini geliştirmiştir. Japon Meteoroloji Ajansının (JMA) esas gözlemevi Tokyo'dadır ve 5 bölgesel gözlemevi tsunami erken uyarıları yayınlamadan sorumludur. JMA'da kayıtlar sürekli bir şekilde hücresel haberleşme ve uydular kullanılarak toplanmaktadır (Yenilmez, 2011).

Uluslararası isteğe karşılık olarak JMA, Ocak 2001'de ülkelere Japon Denizinde ortaya çıkan depremler için tsunami tahmini elde etmeye başlamıştır. JMA Kuzeybatı Pasifik Tsunami Danışma Merkezi'ni Mart 2005'te kurmuş, Kuzeybatı Pasifik Bölgesindeki depremler için tsunami olma ihtimaline karşı uyarı vermeye başlamıştır (Yenilmez, 2011).

Tsunami erken uyarı sisteminin çalışma prensibinde gelgit ölçer istasyonlar vardır. Yerel hükümet ve Japon Sahil Güvenlik kuruluşları gibi kuruluşlar tarafından yürütülen istasyonlar dahil olmak üzere yaklaşık olarak 100 istasyondan gerçek zamanlı deniz seviyesi kaydı toplamaktadır.

Tsunami erken uyarı sistemi deniz seviyesinden 6000 m dipte 1 cm kadar küçük genliklerle tsunamileri anlayabilen ve ölçebilen basınç algılayıcıları bulunmaktadır. Tsunamiyi anlayan basınç algılayıcıları deniz yüzeyinde bulunmakta olan şamandıralara sabitlenmiş transmitterlere akustik modem ile uyarı sinyalleri gönderir. Transmitterler tarafından alınan kayıtlar uyduya iletilir. Uydu, transmitterlerden aldığı kayıtları uyarı merkezine gönderir. Veriler JMA'ya, Tsunami dedektörün üzerinden geçtikten sonra iki dakikada ulaşmış olur (Yenilmez, 2011).

JMA, çeşitli büyüklük ve yerlerdeki varsayılan depremler için öncelikle bilgisayarlar ile tsunami simülasyonunu yapar. Tsunami veri tabanı, tsunami varış zamanları ve yüksekliklerinin sonuçlarını depolar. Büyük bir deprem gerçekleştiğinde işletim sistemi, tsunami veri tabanı amacıyla yapılan araştırmalarda hesaplanan büyüklüklere ve merkez üssüne dayanarak, depremin büyüklüğünü ve merkez üssünü ivedilikle hesaplar, veri tabanından en yaraşır sonuçları seçer. Gerçekleşen depremin büyüklüğünün veri tabanındaki kayıtlarla karşılaştırılmasıyla depremin tsunami oluşturabilme potansiyelde olması durumunda JMA deprem gerçekleştikten sonra 3 dakika içerisinde bütün kıyı bölgesi için tsunaminin yüksekliğini ve varış zamanını tebarüz ettiren tsunami olasılığı ya da tsunami uyarısı yayınlar. Tahmini tsunami yüksekliği baz alınarak yapılan tsunami uyarısı ikiye ayrılır. Bunlar; büyük tsunami (3 m veya daha fazla) ve tsunami (1 m veya 2 m)'dir. Tsunami uyarıları maksimum derecede önlem almayı gerektirir. Tsunami olasılığı tsunami yüksekliği 0,5 m ya

da daha azdır ve tsunami olması olasılığına karŖı tedbir almak gerekir (Yenilmez, 2011).

JMA tarafından yapılan uyarılar acilen uydu sistemleri, afetten sakınma amaçlı bilgi ağlarından faydalanılarak afet yönetimi kuruluşlarına ve medyaya iletilir. Uyarılar sonrasında bu kuruluşlar aracılığıyla kıyı bölgelerindeki risk altında yaŖayan insanlara ve denizdeki gemilere iletilir (Yenilmez, 2011).

Japonya'da gerekleŖen yerel tsunamilere ek olarak Ŗili ya da Alaska gibi Japonya'dan uzakta Pasifik okyanusuna kıyısı bulunan bölgelerde gerekleŖen depremlerin neden olduğu uzak tsunamilerde uyarı verebilmek amacıyla uluslararası bilgi paylaŖımı ve veri alışveriŖi Ŗeklinde uluslararası bir ortaklık gerekmektedir. Bundan dolayı JMA, Japonya sahil Ŗeriti boyunca tsunaminin gerekleŖtireceđi etkileri tsunami uyarıları verebilmek ve tahmin etmek için Hawaii'de kullanılan Pasifik Tsunami Uyarı Merkezi (PTWC) ile yakınlık içerisinde. Bu nedenle uzak tsunamiler için dünya çapında sismoloji ağı ile deniz aŖır deniz seviyesi kayıtlarını toplayarak analiz eder, ilgili kuruluşlar ile halkı uyarır (Yenilmez, 2011).

### **Thames Bariyerleri**

Bariyer ilk kez 1983'te Kuzey Denizi'nden gelen bir fırtına baskınını önlemek amacıyla kullanılmıŖtır. Thames'in girişine kadar gelen dev akıntılar Londra için büyük tehlike oluŖurmaktaydı. Fırtına nehrin Ŗiddetli akıntısıyla birleŖince büyük bir tehlike ortaya çıkıyor ve Londra'nın büyük bir kısmı sular altında kalmakla karŖı karŖıya kalıyordu. İnsanları ve Ŗehri korumak için mühendisler gemi geçişini engellemeksizin Thames'i durdurmanın yollarını aramıŖlardır.



*Ŗekil 2. Thames bariyerleri  
Kaynak: Kendrick, 1988.*

İlk sorunları doğru bir yer bulmaktı. Meclis binasının 15 km uzağında bulunan nehir kıyısının yüz ve yatağının beton bir yapı için yeterince sağlam olduğu bir noktayı seçtiler. Thames'i kesen toplam 10 kapak bulunmaktadır. Bunlar 4 büyük merkezi ve ikişer dış kapaktan meydana gelmektedir. 4 büyük kapının her biri 3300 ton ağırlığındadır. Neredeyse Eyfel kulesinin yarı ağırlığına denk gelmektedir. 6 sektörlü bu kapaklar nehirden yukarı yükseliyor. Nehrin kıyı tarafında 4 tane daha küçük kapak vardır ve bunlar kullanımda olmadıkları sürece suyun içindedir. Kapakların tamamının içi boş ve çelikten üretilmiştir. Batırıldıklarında suyla dolar ve yüzeye boş bir şekilde çıkmaktadırlar (Kendrick, 1988).

İkinci sorun ise gerektiğinde kapakların hızla ve güvenle yoldan nasıl çekileceğiydi. Radyal kollar su altındaki sektör kapaklarını nehir yatağındaki beton desteklere doğru itmekte ve bu da serbest nehir trafiğine olanak sağlamaktadır. Hava tahmincileri tehdit edici bir fırtına öngördüklerinde Londra Limanı'nı bilgilendirmekte ve böylelikle bölgedeki nakliye faaliyetleri tetikte bulunmaktadır. Bariyerlerde kırmızı X işaretleri bulunmaktadır. Bunlar gemilere durmaları gerektiğini söylemektedir.

Kuledeki operatörler kapakların hareketini kontrol etmektedir. Kapanma süresi nehrin doğal akışıyla birlikte çalışmak üzere tasarlanmıştır. Dış kapaklar indikten sonra sektör kapakları çiftler çiftler dışarıdan içeriye doğru kaldırılmaktadır (Kendrick, 1988).

Kumanda merkezinin bilgisayarlarının acil durum sırasında çökmesi ihtimaline karşı her iskelenin kendi bağımsız bilgisayar sistemi bulunmaktadır. Bu bariyerlerin ardındaki milyonlarca insan ve milyarlarca poundluk emlak göz önüne alındığında hiçbir şey şansa bırakılmamıştır. Bununla beraber radyal kollar iki kat sayıdadır. Kollardan biri kırıldığı takdirde diğeri bir kapağı tek başına hareket ettirebilecek kadar güçlüdür. Güçlerini hidrolik piston setlerinden almaktadırlar. Altta kol dışarı çıkarken üstteki içeri girer, bu hareket sektör kapaklarını yukarıya savunma konumuna getirir (Kendrick, 1988).

Operatörler normalde bariyeri yaklaşık 90 dakikada kapatabilmekte ve ileri derecede bir acil durumda tüm sistem sadece 15 dakikada hazır hale gelebilmektedir. Her şey bir anda kapatılırsa nehrin kuvvetli

akıntısı da bariyere aynı anda çarpacak ve bu da nehirde ölümcül bir tepki dalgasına yol açacaktır. Bu yüzden sistem buna göre dizayn edilmiştir. Sel sularının bariyerin üstünden aşması durumunda kapaklar biraz daha yükseltilebilmektedir. Böylece taşkın suyunun daha kontrollü olması sağlanmaktadır ve buna “taşma altı pozisyonu” denilmektedir. Şimdiye kadar bariyeri aşmaya en çok yaklaşan taşkın, sınırın iki metre altında olarak kayıtlara geçmiştir. Sistemin tamamı elektrikle çalışmaktadır ve üç bağımsız güç kaynağına bağlıdır. Şebekeden gelen elektrik nehrin altından tüneller içindeki kablolarla taşınmaktadır. Tünelleri su basacak veya elektrik kesilecek olursa her biri bariyerin tamamını çalıştırabilecek gücü üretebilen üç yedek jeneratör bulunur (Kendrick, 1988).

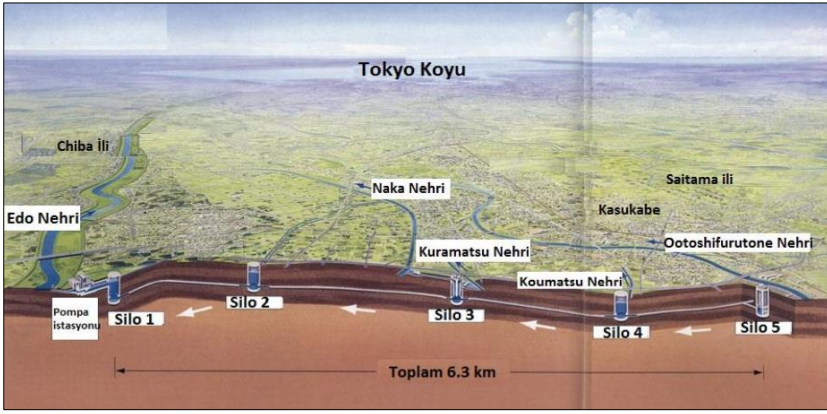
Çözülmesi gereken son sorun ise, kapakların paslanması ve su aşındırmasına karşı sürekli bakıma muhtaç olmasıdır. Bu bakım işlerinin hiçbir şeyi devre dışı bırakmadan gerçekleşmesi gerekmektedir. Bunun için sistem yüksek ve kuru tamirlere uygun tasarlanmıştır. Ekstra hidrolik piston kapakları yukarı çevirerek sudan çıkartır ve böylece çalışanlar zarar gören bölgeyi onararak gerekli boyamaları yapabilmektedir. Kapaklar çoğunlukla suyun altında bulunduğundan pasla mücadele etmek için boya son derece önemlidir. Yaklaşık 40 ton boya kullanılmaktadır (Kendrick, 1988).

### ***G-CANS Projesi***

Japonya, başkent içerisindeki suları kontrol edebilmek için bir yeraltı sistemine milyarlar harcamış, ama küresel ısınmanın sert hava şartlarına neden olması şehrin savunmasız kalmasına neden olmuştur. Japonya'nın hem coğrafik konumu, hem iklimsel özellikleri nedeni ile geçmişten günümüze varan çok fazla sel ve taşkın olaylarına şahit olunmuştur. Tokyo'nun kuzeyinde bulunan yeraltı sarnıçları Özgürlük Anıtı'nı içine alabilecek kadar büyük olmasıyla dünyanın en kalabalık metropolünü selden korumak için tesisin ne kadar muazzam olduğunu göstermektedir. Taşkın olaylarının kontrollerini yapabilmek için çözüm aramaya başlayan Japonya, makro bir arazisinin olmaması ve 127 milyonluk nüfusuyla dünyanın en kalabalık ülkelerinden biri olması nedeniyle yer üstünde geniş çaplı su tahliye kanalları kuramamıştır. Bu yönde özellikle Tokyo kentinde yağış ve tayfun anlarında oluşan sel felaketlerini engellemek amacıyla Japonya G-CANS adıyla bilinen "Şehir Alanı Dışındaki Yeraltı Deşarj Tünelleri"

inşa etmeye karar vermiştir. İnsan eliyle meydana gelmiş en büyük drenaj düzeneği olarak nitelendirilen G-CANS uygulamasına 1992 senesinde başlanmış ve 2006 senesinin başlarında bitirilmiştir (Tabuchi, 2017).

2006 yılında yapımı tamamlanan yapı ile bölgedeki taşkın yataklarından gelen sular tüneller ile birbirine tamamlanmıştır. 2 milyar dolara mal olan yeraltı taşkın önleme sistemi, küresel iklim değişikliğiyle gelen zorlu hava şartları ile kentlerin yeni nesil savunma mekanizmalarına sıra dışı bir örnek olmuştur.



Şekil 3. G-CANS projesi  
Kaynak: Tabuchi, 2017.

G-CANS uygulaması için hatlarla birbirine bağlı 5 tane betonarme silo ve bir tane büyük su tankı yapılmıştır. Nehirlerden taşan sular kanallar yardımıyla ilk olarak silolara taşınmakta, daha sonra silolar sonunda var olan su tankında depolanmaktadır. Burada biriken sular ise sonra Edo Nehrine pompalanmaktadır. Her bir silo 65 metre yüksekliğinde, 32 metre çapında iken siloların birbirine bağlanmasını sağlayan kanallar 10.6 metre çapa sahiptir. Tüneller yaklaşık olarak 6.3 km uzunluğunda yeraltında inşa edilmiştir. “Yeraltı Tapınağı” olarak isimlendirilen su tankının yüksekliği ise 25.4 metre, uzunluğu 177 metre ve genişliği 78 metredir ve su tankında bulunan pompalar sayesinde saniyede 200 ton su pompalanmaktadır (Tabuchi, 2017).

Bu proje 2008 senesinin Ağustos ayında oluşan bir taşkın sonucunda bilinen en büyük rakamlara göre 12 milyon m<sup>3</sup>'lük suyun tahliye edilmesini gerçekleŖirmiŖtir.

Japonya Meteoroloji Ajansına göre Japonya genelinde saatte 5 santimetreden çok kaydedilen yağış miktarının önceki otuz sene süresince %30 civarında arttığı tahmin edilmektedir. Saatte 7,5 santimetreden fazla olan yağış miktarı sıklığı da %70'e yükselmiştir. Kuruluş, bu yoğun yağış miktarındaki artışın bugünkü durumda dünyanın en fazla yağış alan ülkeleri içinde bulunduğunu ifade etmektedir. Önemli yeniden geliştirme projelerinin önceki sanayi limanını, yeni binalara ve iş yerlerine açmasına karşın, yükselen okyanus seviyesi ile 38 milyon kişiye ev sahipliği yapmakta olan Tokyo metropoliten alanını fırtına dalgalarına karşı savunmasız kılmaktadır. Senelerce yeraltı suyunun pompalanması, son yüzyılda kentin bazı kısımlarının 4,5 metre kadar çökmesine neden olmuştur. Günümüzde, eskimiş setlerle muhafaza edilen Tokyo'nun geniş alanları deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. 2015'in sonlarına doğru, şiddetli tayfun yağmurları Tokyo'da tahribata sebep oldu ve rekor düzeyde 19 milyon metreküp su "Şehir Alanı Dışındaki Yeraltı Deşarj Tünelleri" olarak bilinen yeraltı tesisine girmiştir (Tabuchi, 2017).

Tokyo Üniversitesi, afet önleme profesörü Toshitaka Katada'ya göre, "elinizdeki gereçlerle yapabileceklerinizin bir limiti vardır ve bu limitleri arttırdığımızda güven duygusuna neden olmaktadır". Altyapı yatırımları, yerel taşkın tehlike haritalarına veya bilinen tahliye protokolleri gibi afette hayatta kalabilme yeteneği hususunda daha çok halk eğitimi ile birlikte ele alınması gerektiğini düşünmektedir. Katada'nın ikna edici bir sicili vardır. Kıyı kenti Kamaishi'de sürdürdüğü, bir tsunami anında okul öğrencilerine yüksek noktalara doğru koşma uygulaması yaptıran programı, 2011'de 15 metrelik tsunami dalgaları kenti vurduğunda 3000 dolaylarında hayat kurtarmasıyla bilinmektedir.

G-CANS projesi sayesinde Japonya'nın Tokyo kentinde oluşan taşkınların büyük bir bölümünün kontrolü sağlanmış ve ülkede taşkın nedeniyle meydana gelen hasar sayısı büyük ölçüde azaltılmıştır. Proje kapsamında yeraltına yapılan bu devasa yapılar ülkeye teknik ve ekonomik yönden kazanım sağlaması ile birlikte ülkeye turistik yönden



de bir yarar sağlamıştır. Japonya, kamunun bu tür projelere olan alakasının artması için buraya yapılan reklam, turistik ve teknik gezileri destekleyerek kamunun bilinçlenmesini de sağlamaktadır (Tabuchi, 2017).

## **Yangın**

### **Elide Fire**

Büyük veya küçük farketmeksizin yangınlar tehlikelidir ve yangınla ilgili kazalar ve felaketler düşündüğümüzden daha yaygındır. Yangın söndürücüler ve alarmlar gibi yangın güvenliği prosedürleri yangının yayılmasını önlemek için her zaman yeterli değildir. Yangın can ve mallara zarar verebilir, bu nedenle yangın güvenliği çok önemli bir konudur (Aydın vd., 2019).

Geleneksel yangın söndürücüler ağırdır ve aktive edilmesi zordur. Çoğu insan bir yangın söndürücünün nasıl etkinleştirileceğini bilmez ve bu nedenle yangınla ilgili bir kriz durumunda büyük bir risk altındadır.” Elide Fire” çok daha basit bir çözüm sunar. Elide Fire bir yangın söndürme topudur. Herhangi bir yangın durumunda yapmanız gereken tek şey topu ateşe atmak. Elide Fire yüksek sesle üç saniye içinde harekete geçirilir ve kimyasalları ateşe vermek için dağıtır. Topun 101-140 desibel ses seviyesi vardır ve bu da ateşin çevresindeki herhangi birini uyarmak için yeterince yüksek bir seviyedir. Elide ateş topu, ateş kaynağına temas ettiği anda aktifleşir ve yaptığı yüksek ses, insanları yangın hakkında etkili bir şekilde uyarmak için yangın alarmı görevi görür (Aydın vd., 2019).

Geleneksel yangın söndürücüleri kullanırken yangın kaynağına yaklaşmak, bireyi dolaylı ısıdan veya dumanın solunmasından yakılma riskine sokar. Bunlar uzun vadeli sonuçlara neden olabilir ve solunum problemlerine ve cilt dokularına zarar verebilir. Elide ateş topları kendiliğinden harekete geçer ve bu nedenle bir birey için tehdit oluşturmaz. Mutfakta olduğu gibi yangına eğilimli olan alanlara veya elektrik devresi kutusunun yakınında olabilirler. Toplar 5 yıla kadar ürün ömrüne sahiptir ve çalışması için herhangi bir inceleme veya özel eğitim gerektirmez (Aydın vd., 2019).

Elide Ateş Topu Tayland merkezli GVentures şirketi tarafından üretilmektedir. 145'in üzerinde ülkede patentli olup CE ve ISO gibi uluslararası sertifikalara sahiptir. Elide Ateş Topu 1.3 kg civarındadır.

Bir top, 9.12 m<sup>2</sup> lik bir alanda yangınları kapatabilir ve kontrol edebilir (Aydın vd., 2019).

## **Deprem**

### ***Pasif Kontrol Sistemleri***

Ayarlı kütle sönümleyici veya harmonik soğurucu, yapılara titreŖimi azaltmak için konulan bir alettir. Amacı deprem ve Ŗiddetli fırtınalarda oluşabilecek zararları veya yapısal hasarları önlemektir. Yapının ağırlık merkezinde bulunan, uçlarında 6 tondan fazla ağırlık taşıyan 8 ayarlı kütle sönümleyici bulunmaktadır. Bu ayarlı kütle sönümleyiciler rüzgarın etkisini azaltacak şekilde ağırlığı ve dolayısıyla bütün yapıyı hareket ettirir. Topun çapı 5.48 m, ağırlığı 728 ton ve binanın 217.26 km/h'a kadar dayanmasına yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır (Yenilmez, 2011).

Bina kayarken geniş yuvarlak kütleler ters yönde salınmaktadır. Üst yapıya bağlanan kablolar, binayı merkeze döndürmeye yardımcı olur. Taipei 101'in "ayarlanmış kütle amortisörü", binanın 82 ile 87. katları arasında asılı olarak bulunmaktadır (Yenilmez, 2011).

### ***Aktif Kontrol Sistemleri***

1900'lü yıllarda pasif kontrol sistemlerine alternatif ve akıllı binalar olarak aktif kontrol sistemleri geliştirilmiştir.

Çalışma prensibi; sisteme dışarıdan gelen etkileri sensörler aracılığıyla algılayıp yapıyı güvenli şekilde ayakta tutabilmek için koruyucu kuvvetleri uygulamaktır (Yenilmez, 2011).

Aktif kütle sönümleyiciler, çok hassas ve güvenilirliği yüksek bilgisayarlarla kontrol edildiği için depreme karşı korumada eşsiz kontrol sistemleridir. Tokyo'da Kyobashi Seiwa binasının çatısındaki AKS-1 Ŗiddetli depremlere karşı koyarken çatı kenarındaki AKS-2 burulma etkilerine karşı koyar (Yenilmez, 2011).

### ***Karma ve Yarı Aktif Kontrol Sistemleri***

Yapının belirli noktalarına yerleştirilen özel elemanlar sayesinde yapının depremden izole edilmesini ve titreŖimi en aza indirerek yapıya etkisini azaltan araçlarla yapılan kontrol sistemleridir.

Bu sistemler genellikle temele yerleştirilmekte ve sismik izolatörler adıyla incelenmektedir.

Bilinen ilk sismik izolatör 1876-1895 yılları arasında Japonya'da tasarlanmıştır. 25 cm çapındaki çelik bilyelerle 1908 İtalya depremi sonrası binayı temelden kum tabakası ile ayırma veya kolonların altına rulman yatakları adı verilen makara sistemlerinin yerleştirerek izolasyona karar verilmiştir

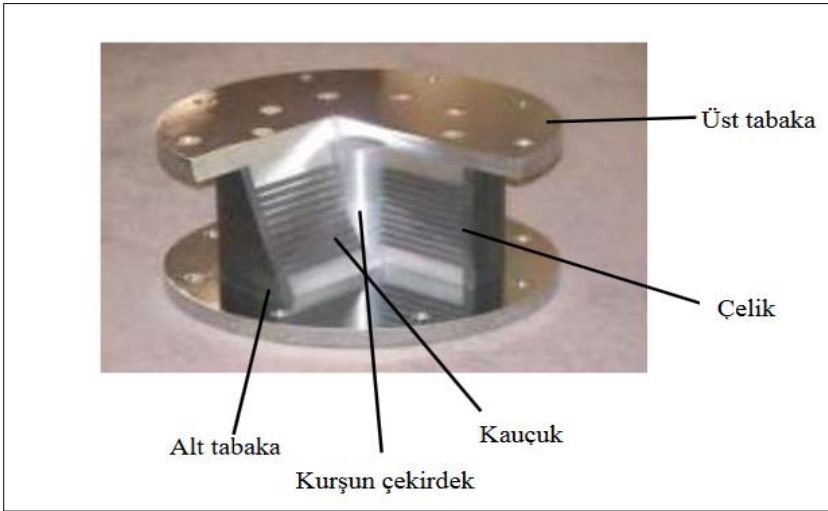
Sismik izolasyonda sonraları temel prensip yapının 4 yönde hareketine izin vermek yönünde olmuştur.

Ayrıca tesisat bağlantılarının da yapı hareketine izin verecek uzama ve esneme kapasitesine sahip olması gerekmektedir.

Yüksek binalarda kaldırma kuvveti ve stabilite (devrilme) sorunları oluşabileceği için sismik izolasyon uygun bir yöntem değildir.

Kurşun çekirdekli izolatörlerin enerjiyi sönmüleme oranı %35 civarındadır ve bu tip izolatör kullanılan binalar Notridge ve Kobe depremlerinde iyi performans göstermişlerdir.

Sistemin dezavantajı büyük yer hareketleri sonrası kurşunun zarar görüp görmediğinin dışarıdan tespit edilememesidir (Kalpakidis ve Constantinou, 2008).



Şekil 4. Kurşun izolatör

Kaynak: Kalpakidis ve Constantinou, 2008.

#### *Avantajları*

- DıŖarıdan gelen her büyüklükteki yüklerle cevap verebilmektedir.

#### *Dezavantajları*

- Çok fazla miktarda ve kesintisiz enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

### **Deprem Erken Uyarı Sistemi**

Deprem erken uyarı sistemi, depremin sebep olduğu zararları azaltan, merkez üssüne en yakın istasyonlarda görülen sismik dalga kayıtları kullanılarak depremin büyüklüğü ve depremin iç merkezini (hiposentri) tahmin edebilen ve S dalgasının ulaşımından önce muhtemel sismik Ŗiddetleri veren bir mekanizmadır (Yenilmez, 2011).

Deprem erken uyarı sistemleri olan sismometreler, yüksek hızlı haberleşme sistemleri ve bilgisayarlardan oluşmaktadır. Erken uyarı sistemini oluşturan sismometreler, bir bölgede yerleştirilmiş olup dizilimi depremin algılanmasıyla beraber yüksek hızlı iletişim sistemlerini ve bilgisayarlar sismometrelerdeki bilgileri toplar ve bilgisayar aracılığı ile depremin yeri ve büyüklüğü belirlenir. Kayıtlarda büyük bir depreme ait veriler varsa, alarmlar etkilenebilecek muhtemel bölgelere uyarılar verebilir. Kısa olsa da bu tarzda uyarılar birçok insanın daha güvenli bölgelere gitmeleri ya da saklanmaları ve trenlerin, asansörlerin ve fabrikaların durdurulması için yeterli olabilir (Yenilmez, 2011).

Dünyanın genelinde deprem erken uyarı sistemi mevcut olan 9 ülke bulunmaktadır. Bu ülkelerden Türkiye, Japonya, Meksika, Tayvan ve Romanya deprem erken uyarı sistemini aktif olarak kullanmakta ve uyarılar vermektedirler. Çin, İtalya, İsviçre ve Kaliforniya da sistemin test aşamasında olduğu ülkelerdir. Ayrıca Hawaii' de bulunan Pasifik Tsunami Uyarı Merkezi uluslararası ölçüde tsunami uyarıları vermektedir (Yenilmez, 2011).

Deprem erken uyarı sisteminin çalışma prensibi

Bir yerde deprem olduğunda depremin olduğu yere en yakın istasyondan deprem dalgaları içerisinden ilki olan P dalgası algılanmaya başladıktan sonra veriler anlık veri aktarımıyla JMA'ya gönderilir. JMA deprem kaynaklı ve ikincil hasarlara sebebiyet veren

S dalgası gerçekleşmeden önce de gelen veri analizlerini hızlıca çözümlyerek halka deprem olduğunu haber eder ve halkı tahmini olarak depremin büyüklüğü ve yeri hakkında bilgi verir. Erken uyarılar radyo, televizyon ve cep telefonu gibi birçok yayın organlarıyla halka iletilmektedir (Yenilmez, 2011).

Erken uyarılar deprem odağına yakın olan mevcut bölgelerde güçlü ve yıkıcı olan dalgalar ulaşmadan önce yayınlanmayabilmektedir. Sismik dalgalar depremin odağına ne kadar yakın fazla istasyon tarafından algılanırsa sistemin depremin yerini ve büyüklüğüyle ilgili bilgiyi o kadar daha doğru erken uyarıyı yayınlar (Yenilmez, 2011).

## ***Kaya Düşmesi-Heyelan***

### ***GNSS Yöntemi***

Heyelanın hareketlerinin GNSS yöntemi ile izlenmesi için 240 ha'a sahip bir alanı kapsayan çalışma alanının etrafında sabit bölgelere 4 tane referans sabit noktaları tesis edilmiştir. Aynı olarak aktif heyelan bölgesine de obje (izleme) yerleri tesis edilmiştir. Kuruluşlar sert kayalarda poligon çivilerle, yumuşak topraklı yerlerde beton bloklarla tesis edilmiştir. Yapılmış olan arazi çalışmaları 3 ayrı periyodu içermektedir. İlk periyodu sıfır (referans) epogu olarak belirlenmiştir ve hareketleri izlenmiştir. GNSS ölçümleri arasındaki süreleri iklimsel yağışların artışına bağlı olarak belirlenmiştir. Yağışın fazla olduğu dönemlerde periyot sayıları artırılmıştır ve aradaki zaman da kısaltılmıştır. GNSS ölçümleri hızlı statik yöntemi ile yapılmıştır. Hızlı statik yönteminin seçilmesindeki en büyük neden arazi süresinin kısaltılmasından ve maliyetin azaltılmasından dolayıdır. Kayıtlar RINEX alıcıdan bağımsız bir formata tahvil edilerek Leica Geo Office yazılımında izlenmiş ve serbest dengeleme yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonrasında hazırlanan yazılım ile hareket halinde olan ve hareketleri anlamlı olan bölgeler istatistiksel olarak yorumlanmıştır (Zeybek vd., 2014). GPS/GNSS yöntemleri heyelanların izlenmesi ve deformasyon etkinliklerinde Jeodezik amacı ile en çok kullanılan yöntemlerdendir (Hastaoğlu ve Şanlı, 2011). Aynı olarak sismik çalışmaların yanında GNSS kayıtlarının değerlendirilmesi ile deprem çalışmalarında günümüzde çalışmalar hızlanmış durumdadır. Ayrıca yamaçların durağan durumlarını ivmeölçerler ile birlikte GNSS verileri ile bütünleşerek heyelanlar

öncesi ve sonrasındaki verilerin değerlendirilmesi ile farklı çalışmalar yapılmaktadır (Wu ve Lin, 2008).

## TARTIşMA

Doğal, teknolojik ve insan kaynaklı tehlikeler ile çevresel tahribatların afet sonucunu doğurmasını önlemek veya etkilerini azaltmak amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken yapısal veya yapısal olmayan önlem ve faaliyetlerin tümü afet önleyici yapıları kapsamaktadır. Geçmişten günümüze afetlerin zararlarını azaltmak adına birçok girişimde bulunulmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ve ülkelerin ekonomik yeterliliğinin artmasıyla afetlerin oluşturmuş olduğu zararlar her zaman en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Afetlerin ciddi sonuçları afet önleyici yapıları düşünülmesi gereken bir zorunluluk haline getirmiştir.

Çalışmamızda afetin etkilerini minimize hale getirebilecek önleyici yapı ve yöntemlere yer verilmiştir. Çalışmamızın içeriğindeki yapı ve yöntemler önemli noktalar baz alınarak seçilmiştir. Bu noktalar şu şekildedir;

- Afet öncesi ve sonrasında gereken işlemlerin gelişen teknolojinin yardımıyla en kısa ve kolay yolla halledilmesi
- Bulunduğu konum ve coğrafi özellikler bakımından maruz kaldığı afetin etkilerini en aza indirmek
- Ekonomik kayıpların en aza indirgenmesi
- Erken uyarı sistemleri sayesinde can ve mal kaybını minimum düzeye getirmek
- Aynı zamanda müdahaleci kesimin can güvenliğinin korunmasını sağlamak
- Afet yönetimini güçlendiren, kolaylaştıran yöntemler
- Afetin hazırlık, planlama, zarar azaltma ve iyileştirme evrelerinin tümünü destekleyen yapı ve yöntemler olması
- Çalışmamızda yer verdiğimiz bazı yapıların günlük hayatta da alternatif kullanım alanlarının bulunması
- Uzun vadeye yayılmış afetler (susuzluk, kuraklık, küresel ısınma vb.) için alternatif çözümleri bulundurması

- Afete veya bir olaya maruz kalmış hem kazazede ya da afetzedeye hem de olaya uzman kişiler tarafından en donanımlı şekilde müdahale edilmesinin sağlanması

Tüm bu ele alınan detaylar çalışmanın ana temelinin oluşturmaktadır. Çalışmamız afet öncesinde, sırasında ve sonrasında kullanılan, kullanılması gereken yapı ve yöntemleri içermektedir.

Günümüzde dünya geneline bakıldığında afet önleme konusunda ilerlemiş ülkeler az olmalarına rağmen fazlasıyla yol kat etmişler ve kendilerini geliştirmişlerdir. Bu ülkeler geçmişlerinde yaşadıkları felaketlerden ötürü maruz kaldıkları can, mal ve ekonomik kayıplar sonucu aldıkları önlemler ve yöntemler ile bu denli gelişip dünyaya örnek olmuşlardır. Ekonomide büyük gelişme göstermişler ve özellikle doğal felaketlerden kaynaklanan kaybın azalmasında ön plandadırlar. Ancak birde tam tersi ülkeler vardır. Afetler konusunda hiçbir önlem almayan ya da alamayan ülkelere bakıldığında yaşadıkları can ve mal kaybının yanı sıra ekonomik geri kalmışlıkları da gözler önüne serilmektedir. Aynı zamanda bu ülkelerin önleyemedikleri afetlerin etkisi ne kadar büyük olursa kayıp o kadar fazla ve iyileştirme evresi bir o kadar uzun süreli olacaktır. Yaşanan afetler bu ülkelerde ekonomiyi ve büyüme hedeflerini sekteye uğratar, gelir dağılımını negatif etkiler ve fakirliği daha da artırır. Felaketler karşısında önlem almayan veya önlemi yeterince alamayan ülkelerde hassas grup denilen olgu daha fazladır. Bu karşılaştırmalar sonucunda afet önleyici yapı ve yöntemlerin önemi daha da anlaşılmaktadır.

Dünyaya bir örnek olan Japonya bulunduğu coğrafya itibariyle her geçen gün daha da yenilikçi adımlar atmaktadır. Ülke yapılarını afete hazır tasarlayıp inşa etmiştir. Erken uyarı sistemleri geliştirerek birçok felaketin önüne geçmiştir. Bu konuda dünyaya öncülük eden örnekler barındırmaktadır. Deprem ve tsunami için erken uyarı sistemleri geliştirmişlerdir, aynı zamanda sel için G-CANS projesini tasarlamışlardır. Tüm bu projeler hali hazırda kullanılmaktadır. Japonya dünyanın en kalabalık ülkelerinden biri olmasına rağmen tüm bu önlemlerle en az can kaybına sahiptir. Tam da bu noktada afeti önleme girişimlerinin önemi bir kez daha vurgulanmaktadır. Küçük yangınlarda yangın söndürme tüpü yerine çalışmamızda bulunan elide fire yangın söndürme topu kullanmak daha uygundur. Elide fire hızlı müdahale için geliştirilmiş, taşınması kolay bir buluştur. Yangın

söndürme tüpleri elle kumanda edilerek ve yangın içine veya yakınına girerek müdahale edilmektedir. Fakat yangın söndürme topu olan elide fire alevin teması ile otomatik olarak çalışır, böylece yangının içine veya yakınına girilmesine gerek kalmaz. Bu yangın topu onarım ve bakıma ihtiyaç duymaz. Sağladığı bu kolaylıklarla küçük yangınlarla kolay müdahale için mükemmel bir sistemdir.

## SONUÇ

Çalışmamızın sonucunda afetin etkilerinin önlenebilir ancak bunun için bazı yapıların, yeniliklerin kurulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Geliştirilen bu yapıların afeti önlemekte etkin olduğu kullanıldığı ülkelerde tespit edilmiş, bu yapıların Dünya genelinde yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ülkemizde kullanılan afet önleyici yapıların istatistikleri doğrultusunda bu tarz yeniliklerin gerek maddi yönden gerek manevi yönden çok fazla kazanç sağladığı tespit edilmiştir. Yeni nesil afet önleyici yapıların insan yaşamını koruma görevlerini layığıyla yaptığı bu tarz teknolojinin kullandığı ülkelerin gelişmişlik düzeyinin arttığı ve kayıpların azalmasından dolayı insanların yapılarında güvenle oturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tanıttığımız afet önleyici yapılar dünya çapında kabul görmüş, bazıları ülkemizde kullanılmaya başlanılmıştır.

Afet tüm insanlığın ortak sorunu olarak karşımıza çıktığı için tüm ülkelerde bunun önüne geçilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara gerekli desteğin verilmesi hem çalışmanın yapıldığı ülkenin hem de aynı afete maruz kalabilecek diğer ülkeler için büyük kayıplar yaratacağından dolayı önem teşkil etmektedir. Bu tarz yapı gelişimleri devletlerce desteklenmelidir.

## KAYNAKÇA

Altun, F. (2018). Afetlerin Ekonomik ve Sosyal Etkileri: Türkiye Örneği Üzerinden Bir Değerlendirme. *Sosyal Çalışma Dergisi*, 1 (2), 1-15.

Arca, D. (2012), Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* 2(2), 53-61.

Aydın B., Selvi E., Tao J. ve Starek M.J. (2019). Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fightin. *Drones*, 3 (17), 1-15.



Bal, A. ve Kopuz, A. (2018). Yüzen Evlerin Tsunami Etkisinde Yapısal Tasarım Alternatiflerinin Araştırılması. *Dicle Üniversitesi 1. Uluslararası Mimarlık Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 1901-1912.*

Demirci, A. ve Karakuyu, M., (2004), Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9 (12), 67-101.

Geographic, N. (2020). <https://www.nationalgeographic.com>  
<https://www.youtube.com/watch?v=RU8o6C5zI3c&feature=youtu.be>.  
adresinden alınmıştır.

Hastaoglu, K. O. and Sanli, D. U. (2011). Monitoring Koyulhisar landslide using rapid static GPS: a strategy to remove biases from vertical velocities. *Natural hazards*, 58(3), 1275-1294.

Işık, Ö., Aydınlioğlu, H.M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, G. ve Ay, A. (2012) Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28 (2), 82-123.

Kadioğlu, M. ve Özdamar, E. (2006), JICA Türkiye Ofisi Yayınları, s. 10.

Kalpakidis, I.V. ve Constantinou, M.C. (2008) “Effects of heating and load history on the behavior of lead-rubber bearings”, Technical Report MCEER-08-0027, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, State University of New York at Buffalo.

Kendrick, M. (1988). Thames Bariyeri. *Peyzaj ve Kentsel Planlama*. 16 (1–2), 57–68.

Şengün, H. (2007) Marmara Depreminde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Çalışmaları ve Hukuksal Sorunlar. TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 57-82, Ankara.

Tabuchi, H. (2017). G-Cans Projesi: Newyorktimes magazine.

Wu, J.-H. ve Lin, H.-M., (2008). Analyzing the shear strength parameters of the Chiu-fen-erh-shan landslide: integrating strong-motion and GPS data to determine the best-fit accelerogram. *GPS Solutions*, 13, 153-163.

Yenilmez, G. (2011). Japonya’ daki Deprem ve Tsunami Erken Uyarı Sistemleri ve 11 Mart 2011 Büyük Doğu Japonya Afeti”ndeki Performansları. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansında sunulmuştur.* Ankara.

Zeybek, M., Şanlıoğlu, İ., Özdemir, A. ve Bayrak, T. (2014) Hızlı Oluşan Heyelanların İzlenmesinde Gns Yöntemlerinin Kullanılması Ve Taşkent

Heyelanı Uygulaması. 7. *Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulmuştur.* Çorum .

## Akıllı Kentler ve Mekânsal Bilişim

**İzel Çelikkaya**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-6247-0847)**

**Furkan Bacak**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-8393-8453)**

**Ceyhan Sarı**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-2311-329X)**

**Hatice Atalay**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0623-5172)**

**Caner Güney**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-1620-1347)**

**N. Necla Uluğtekin**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-8823-595X)**

## GİRİŖ

Günümüzde bilgiye ulaşmak daha kolay bir hal almıştır ve teknoloji yüksek bir ivmeyle her geçen gün artmaktadır. Teknolojinin bu denli gelişmesi, kentlerin de gelişmesini beraberinde getirmiştir. Kent bir varlıktır ve gelişmesi gerekmektedir. Bu nedenle, kentlerin günümüzde “akıllı” hale gelmesi önemlidir. Özellikle nüfusun giderek artmasıyla kentlerde yaşam her geçen yıl zorlanmaktadır. Geçmişte kırsal alanlarda yoğunlaşmış nüfus, sanayi devriminin ardından kentlerde yoğunlaşmaya başlamıştır. 2017 yılında, 4,1 milyar insan kentlerde yaşıyordu. Bu sayı dünya nüfusunun %50’sinden fazladır. Birleşmiş Milletlerin Dünya Kentleşme Beklentileri 2018 Revizyonu raporuna göre, 2050 yılında bütün dünya nüfusunun %68’inin kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir (United Nations, 2019). Kentlerdeki nüfus artmaktayken, kent yaşamının vatandaşlar için daha zorlu bir hal alması beklenen bir durumdur. Bu nedenle, kentin “akıllı kent” olanaklarıyla donatılması ve gelişmesi önem kazanmaktadır. Kentin akıllaşmasında mekânsal veri önemli bir yer almaktadır. Günümüz çoklu afet dönemi göz önünde bulundurulduğunda mekânsal veri/bilgi, afetlerin önlenmesinde, analiz edilmesinde ve etkilerinin azaltılmasında önem arz etmektedir. Bu noktada, geomatik mühendisliği disiplini dahilinde yapılan çalışmalar kentin akıllı bir hal almasında kilit roledir. Bu çalışmada çoklu afet döneminde mekânsal veri ve mekânsal verinin doğru kullanımının önemi, pandemi süresince mekânsal bilginin nasıl kullanıldığı ve kullanılabileceği, güncel teknolojilerin bu sisteme nasıl entegre edilebileceği, doğru veri/bilgi gürselleştirilmesinin önemi vurgulanacaktır.

## AKILLI KENT VE DAYANIKLI KENT KAVRAMLARI

Akıllı kent, özellikle nüfusun da artmasıyla artan kentleşme sorunlarına yönelik sürdürülebilir kalkınma uygulamalarını geliştirmek üzere ağırlıklı olarak Bilgi ve İletişim Teknolojilerinden (BİT) yararlanan bir kentsel hizmet kavramıdır. BİT’in büyük bir kısmı, temelde bulut teknolojisinin kullanılması ile veri iletimi sağlayan internete bağı nesnelere ve makinelerden oluşan akıllı bir ağıdır. Nesnelere internetinin (IoT) kullanılmasıyla, nesnelere elde edilen veriler kentin fiziksel altyapısında kullanılabilmektedir. Fiziksel altyapının kent hizmetleriyle birleştirilmesi ile kent yaşamı, daha yaşanabilir bir kentin tasarlanmasına yön vermektedir (Elgazzar ve El-Gazzar, 2017).

Dayanıklı kent, özellikle çoklu afetler döneminde akıllı kentlerin birçoğunun süreçteki başarısızlığından önem kazanmış bir kavram haline gelmiştir. Sonraki dönemlerde yaşanabilecek ekonomik, çevresel ve sosyal sorunlar karşısında sürdürülebilirliğini koruyan ve kalkınmayı teşvik eden bir kavramdır (Sharifi vd., 2021). Seneler geçtikçe kentler bir sonraki krizi tahmin etmeye çalışmışlardır. Lakin seneler içerisinde yaşanan krizler, kentlerin tahmin ettiği krizlerden çok tahmin edemediği krizlerle karşılaşması nedeniyle hazırlıksız yakalanmalarına neden olmuştur. Küresel ısınma ve doğal afetlerin ciddi zararlar vermesi, dayanıklı kentleşmenin önemini artmasına neden olmuştur. Zamanla, akıllı kent yapısının dayanıklı kent yapısının önüne geçmesinden sonra çoklu afet döneminde dayanıklı kent kavramı yeniden önem kazanmıştır. Kent içerisinde farklı kesimlerde yaşayan vatandaşların birbirleriyle etkileşimde olması dayanıklı kent için önemlidir. Bu nedenle kent içerisindeki vatandaşların tümüne odaklanılarak çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Kent kurumları tarafından toplanan veriler yanı sıra vatandaşlar aracılığıyla toplanan verinin bilgiye dönüştürme aşamasından sonra, doğru ve anlaşılabilir bilginin vatandaşlara ulaştığına emin olunmalıdır. Doğru bilginin aktarılmasıyla vatandaşların daha da bilinçlenmesi sağlanabilir, böylelikle vatandaşların davranışlarının anlaşılabilirliğinin incelenmesi adına veri çeşitliliği ve iletilen bilginin etkinliği artabilir.

## **AKILLI KENTLER VE MEKÂNSAL VERİ**

Konum, öznitelik, zaman ve meta verisine sahip veriler mekânsal veri olarak tanımlanır. Akıllı kentlerde hava kalitesi ölçen sensörler, trafik kameraları, gerçek zamanlı deniz kirliliği ölçen sensörler, sosyal medyada kent içinde paylaşılmış coğrafi (konum) etiketli paylaşımları gibi veri kaynakları vardır. Gerçek zamanlı veriler, sürekli veri akışı olan kaynaklardan elde edilmiş verilerdir, hızlı bir şekilde işlenip sonuç ürünü elde edilmesi gerekir. Yapılandırılmış veriler belirli bir veritabanının ya da veri modelinin resmi parçası olan verilerdir, yapılandırılmamış veriler ise belirli bir veri modelinin parçası olmayan verilerdir. Yapılandırılmamış verilere örnek olarak sosyal medya verileri, fotoğraflar, video dosyaları gösterilebilir. Bütün bu verilerin birleştirilmesi, sınıflandırılması kullanıcılara sunulacak hizmetlere bir altyapı oluşturulması için önemlidir. Hem akıllı kent hem de dayanıklı kent senaryolarında, mekânsal veri altyapısının oluşturulması

önemlidir. Mekânsal veri altyapısındaki en temel bileŖen jeodezik altyapıdır. Sayısal arazinin modellenmesi, planlanması ve kullanılabilmesi için oluŖturulması gereken jeodezik altyapının doğru ve güvenilir tek bir 4 boyutlu (X, Y, Z, Zaman) coğrafi koordinat sisteminde (jeodezik datumda) olması gerekmektedir (Lu vd., 2014). Gerekli jeodezik altyapı sağlandıktan sonra coğrafi bilginin üretimi, yönetimi, analizi ve kullanımı belli bir arayüz üzerinde tüm kullanıcıların paylaşabileceği bir bilgi sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi ile paylaşılır.

### ***Akıllı Kentlerde Jeodezik Altyapı***

Mekânsal veri altyapısının en önemli bileŖenlerinden biri olan jeodezik altyapının kurulması işleminin tamamlanabilmesi için kentin bütününde sözü edilen altyapıya dayalı bir jeodezik ağ oluŖturulmalıdır. Bu jeodezik ağ; zaman ve 3 boyutlu geometri bileŖenini içine alan 4 boyutlu bir jeodezik datuma dayalı ve kent hizmetlerinin gereksinim duyduğu kalitede konum bilgisini sağlayabilecek düzeyde olmalıdır. Türkiye’de halihazırda kullanılmakta olan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği ülke genelinde kullanılması gereken jeodezik datumu ‘Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi (International Reference Frame, ITRF96)’ olarak tanımlamıştır. Yerel yönetimlerinde kentin altyapısına ve üstyapısına iliŖkin kent hizmetlerinde tutarlılığı ve birlikte çalışabilirliği sağlayabilmek için global düzeyde tanımlanmış olan ITRF96 datumunu temel alıp, il sınırları içerisinde bulunan jeodezik ağlarını sıklaŖtırmaları gerekmektedir. İstanbul özelinde bu çalışma yapılmış ve ulusal jeodezik ağların parçası olarak ‘İstanbul GPS Nirengi Ağı (İGNA)’ kurulmuştur. Jeodezik ağın bir kere kurulması ile jeodezik altyapı süreci tamamlanmamaktadır. Yerkürede sürekli olarak hareketliliğin bulunması, deprem gibi afetler nedeniyle yer kabuğunda hareketlerin olması, kent gelişimi nedeniyle kentin kırsala doğru yapılaşması ve benzeri nedenlerle jeodezik ağın güncellenmesi ve geliŖtirilmesi gerekmektedir. Kentin altyapı ve üstyapısına iliŖkin hizmetlerin daha hızlı ve kolay yerine getirilebilmesi için 7 gün 24 saat sürekli gözlem yapan ‘Global Konum Belirleme (Global Positioning System, GPS)’ istasyonlarından oluŖan ağlar da kentlerde kurulmaktadır. İstanbul’da da bu tür bir ağ İSKİ tarafından kurulmuş ve işletilmektedir. Sözü edilen ağ ‘İSKİ Uydulardan Konum Belirleme Sistemi (UKBS)’ olarak

adlandırılmaktadır. Burada kısaca ifade edilmeye çalışılan tüm bu jeodezik altyapı çalışmalarının nedeni kentteki varlıkların ve olguların 4 boyutlu doğru, güvenilir, hızlı ve ekonomik konum bilgilerini üretebilmektir (Çelik vd., 2004; National Research Council, 2010) Üretilen konum bilgisi daha sonra öznitelik veri kümeleri ile bütünleştirilerek mekânsal veri altyapısında kullanıma hazır halde tutulacak olan mekânsal bilgiyi oluşturacaktır.

Jeodezik altyapı, coğrafi bilgi sistemlerinin ve dolayısıyla akıllı kentlerin temelini oluşturur. Yeterli doğruluk ve hassasiyette olmayan bir jeodezik altyapı ile elde edilecek verilerin mekânsal olarak nereye ait oldukları tam olarak bilinemez, bu problem kent alanlarında yapılacak mühendislik çalışmalarında geri dönülemez hatalara yol açabilir. Akıllı kenti besleyen nesne-insan ve nesne-nesne arasındaki iletişim için üretilen verilerin doğru ve güvenilir konum bilgisine sahip olması, mekânsal verinin konumunun tek anlamlı ve doğru olarak elde edilmesini sağlayacaktır. Akıllı kentlerin ihtiyaç duyduğu mekânsal analizler uygun doğrulukta bir konum verisi içermiyorsa doğru analizler yapılması da mümkün olmayacak ve doğru karar destek süreçleri işletilemeyecektir.

### ***Akıllı Kentlerde Mekânsal Veri Altyapısı***

Mekânsal veri altyapısı; coğrafi verilerin, meta verilerin, kullanıcıların ve nesnelerin interaktif bir biçimde birbirleri arasında etkili ve rahat bir biçimde veri alışverişini sağlamayı amaçlayan bir veri altyapısıdır. Altyapıyı oluşturan kavramsal bileşenler şunlardır (Emem ve Batuk, 2007):

- Jeodezik, topografik, kadastral (mülkiyet) ve diğer tematik veriler,
- Kurumsal düzenleme (çatki),
- Teknolojiler,
- Standartlar,
- Maddi kaynaklar,
- Kullanıcılar

Verilerin sürekli ve güncel olarak paylaşımı bu sistemin çalışması için önemlidir. Kurumların üstüne düşen görev, verileri açık, sürekli ve korunaklı bir biçimde paylaşmaktır (Güneydaş ve Güney, 2019).

Mekânsal veri altyapısının 1990’lardan başlayarak 1.0, 2.0, 3.0 olarak değişen bir mantıksal modeli bulunmaktadır. Bu modeller içerisinde sınıflandırılmış veri modelleri bulunmaktadır. Açık Mekânsal Bilişim Birliği (Open Geospatial Consortium, OGC) tarafından, pandemi sürecindeki adımların incelenmesi sonucunda, sağlık, konum ve teknolojiyi bir araya getiren bir Sağlık Mekânsal Veri Altyapısı (Health SDI) konsepti paylaşılmıştır (URL-1, 2021). Bu konsept ile birden fazla sistemi kullanarak hızlı, etkili ve sürekli çözümler üretmek hedeflenmiştir. Bu konseptin maksadı, veri üretimine ve paylaşımına engel olan etmenlerin (açık veri politikası izlemeyen kurumlar vb.) ortadan kaldırılarak kullanıcılara iletilen verilerin kısıtlanmadan ulaşmasıdır (Güneydaş vd., 2021). Özellikle, çoklu afet döneminde erken tespit çalışmalarında, analizlerin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesinde ve aktarılacak verilerin uygunluğunun ve anlaşılabilirliğinin artmasında büyük bir önem taşımaktadır. Avrupa Birliği’nin mekânsal veri atyapısı olan INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe); verinin toplanması ve depolanması, Avrupa içinde farklı kaynaklardan gelen verilerin aynı standartta bir araya gelmesi ve sorunsuz paylaşımının yapılması, belirli bir katmanda/çözünürlükte toplanan verilerin başka katmanda/çözünürlükte paylaşılabilir olması, her türlü coğrafi bilgiye kolay ve şeffaf bir şekilde erişilmesi gibi ilkelere dayanmaktadır (URL-2, 2021). Türkiyenin coğrafi bilgi sistemleri için oluşturduğu mekânsal veri altyapısı ‘Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi, (TUCBS)’dir. TUCBS ile kamu kurum ve kuruluşlarının birlikte çalışabilirliğinin kolaylaşması ve vatandaşa bilgi sunulmasının basitleştirilmesi amaçlanmaktadır. INSPIRE ve TUCBS mekânsal bilgi altyapıları da insan sağlığı ve güvenliği için mekânsal veri altyapısı temaları oluşturmuş ve oluşturduğu temaları geliştirmeye devam etmektedir.

Mekânsal veri altyapısının geliştirilmesi için bilgi güncelliği yakından takip edilmelidir. Pandemi sürecinde özellikle sağlık verisinin depolanması ve paylaşılması için belirli standartların olmasına ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Altyapıların geliştirilmesi için veriyi üreten/kullanan disiplinlerden alınan geri bildirimler dışında verinin sunulduğu ve asıl bilgilendirilmek istenen vatandaşlardan da anket ve benzeri çalışmalar ile geri dönüŖler almak önemlidir.



## **ÇOKLU AFETLER DÖNEMİ VE MEKÂNSAL VERİ**

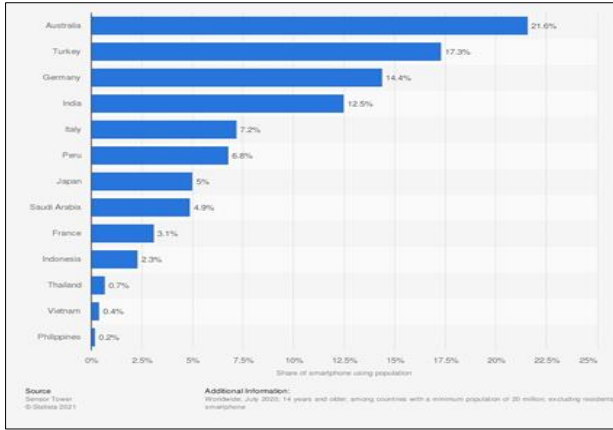
Sanayi devriminden bu yana insanların doğaya hükmetme çabaları ivmelenerek devam etmiştir. Doğayla uyum içinde yaşama değil ona hükmetme çabası depremlerle yıkılan şehirlere, yayılımı kontrol edilemeyen salgın hastalıklara, aylarca süren yangınlara sebep olmuştur. 2019 yılının sonundan beri Dünya'nın her bir kenti için ortak sorun haline gelen COVID-19 bunlardan biridir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)'na göre afet, bir topluluğun tamamını veya belirli bir kesimini fiziksel, ekonomik ve sosyal açıdan kötü etkileyen, günlük hayatın doğal akışını sekteye uğratan, toplumun baş etmekte zorlandığı, doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaydır.

Afetler mekânsal verinin kullanılabilceği alanlardan önemli bir tanesidir. Mekânsal verinin doğru kullanımı ile afetlerin önceden tahmin edilmesi, önlenmesi ve etkilerinin hafifletilmesi sağlanabilir. Orman yangınlarında uydu görüntülerinin incelenmesi ile yangının yayılımı modellenilebilir ve kayba ait analiz bölgeye gidilmeden incelenebilir. Uydu görüntülerinden yola çıkılarak yangının kritik zararlara sebebiyet verebileceği bölgeler belirlenebilir, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) teknolojileri (Hofmann-Wellenhof vd., 2008) ve insansız hava araçları yardımıyla, insanların ulaşamayacağı yerler daha hızlı bir şekilde söndürülebilir. Yine uydu görüntüleri ile bir bölgenin yıllar içindeki durumu incelenerek kuraklık analizi yapılabilir, meteorolojiden elde edilmiş yağış verilerinin analizleri sonrası görselleştirilmesi ile kuraklığın sebebi incelenerek meteorolojik etmenler ve insan müdahaleleri analiz edilebilir (AghaKouchak vd., 2015). Bu çalışmada, COVID - 19 pandemisi özelinde mekânsal verinin/bilginin nasıl kullanılabilceğine değinilecektir.

### **COVID-19 Pandemisi Döneminde Akıllı Kentler**

Kentlerin çoğu, COVID-19 pandemi dönemi boyunca birçok kez sınıfta kalmıştır. Kent alanları hastalık yayılımının, dolayısıyla da bulaş riskinin en yüksek olduğu alanlardır. Bulaş takibinin yapılabilmesi için hastalığın yayılma riskinin yüksek olduğu alanlar belirlenmeli ve o alanlarda riskler minimize edilmelidir, yeterli sayıda test yapılarak COVID-19 hastaları tespit edilmeli ve temaslı bireyler karantinaya alınmalıdır. Hastalığın bulaş riskinin yüksek

olduğu alanların baŖında toplu taŖımalar gelir. VatandaŖlara, gerçek zamanlı olarak, toplu taŖıma yoğunluk bilgisi verilmelidir. Aynı zamanda hangi durakta toplu taŖımadaki insan sayısının azaldığı bilirse vatandaŖ toplu taŖımayı kullanacağı durağa bu bilgiye göre (mekânsal yakınlık ve yoğunluk vb. analizler ile) karar verebilir, aracın kalabalık olduğu bir durak yerine bir sonraki durağa (en yakın durak mesafesi analizi ile) yürümeyi tercih edip daha sağlıklı bir yolculuk geçirebilir. Kent sakinlerinin, hastalık riski taŖımaları durumunda test için ikametgah kayıtlarına göre (en yakın ve uygunluk analizi ile) hastanelere yönlendirilmeleri gerekir. Aksi takdirde bazı hastanelerde oluŖacak yoğunluk hastanede bulunan diğer, COVID-19 olmayan, hastaların da sağlıklarını tehlikeye atacaktır. COVID-19 test sonucu pozitif ıkmıŖ bir hastayla temaslı olan herkes hastalık riski taŖır. BulaŖ takibi Hayat Eve Sığar (HES) gibi uygulamalar ile GNSS, Bluetooth teknolojileri kullanılarak yapılabilir. BulaŖ takip uygulamasının yararlı olabilmesi için nüfusun büyük çoğunluğu tarafından kullanılıyor olması gerekir. Temmuz 2020 itibariyle, Avustralya nüfusunun %21,6'sı COVID-19 ile ilgili temas takibi için yapılmıŖ, hükümet tarafından onaylanmış bir uygulamayı indirmiŖtir. Buna karŖılık, Vietnam nüfusunun yalnızca %0,4' bu tür uygulamaların kullanımını benimsemiŖtir (URL-3, 2020).



*Ŗekil 1. lkelere Göre VatandaŖların COVID-19 Temas Takibi İzleme Uygulamalarını Benimseme Oranları*  
Kaynak: URL-3, 2020.

Ŗekil 1'de lkelere göre vatandaŖların COVID-19 temas takibi izleme uygulamalarını benimseme oranları gösterilmiŖtir. Bütün bu adımların

gerçekleştirilebilmesi için kentin standartlara uygun ve homojen bir mekânsal veri altyapısına ihtiyacı vardır.

### ***Pandemi ile Savaşta Mekânsal Veri, Mekânsal Bilişim ve Yeni Teknolojiler***

Pandemi süreci, dünyanın her yerinde yankı uyandırmış büyük çaplı bir afettir. Bu sebeple ülkeler analizler yapmış ve vatandaşa daha iyi hizmet verebilmek için yaşama yeni teknolojiler eklemiş veya varolan teknolojileri bu sürece uyarlamıştır. COVID-19 virüsünün bulaş riskinin yüksek olması sebebiyle, vatandaşların bilinçlendirilmesi önemlidir. Maskenin takılması ve sosyal mesafenin korunması gibi önlemler her bir vatandaşın uygulaması gereken ve dikkat etmesi gereken durumlardır, fakat vatandaşlar tarafından suistimal edilebilmektedir. Bu sebeple vatandaşları bilgilendirmek ve uyarmak bir devletin görevidir. Aşağıda, yapılan ve yapılabilecek bazı uygulamalardan bahsedilmiştir.

Singapur'da otonom bir robot köpeğin üstünde bulunan kamera sayesinde sosyal mesafe kuralını ihlal edenleri (belirli nesnelere arasını ölçüp) tespit etmesi sağlanırken, hafızasına kaydedilen sesli mesaj ile sosyal mesafeyi ihlal edenleri uyarmaktadır (URL-4, 2020). Sosyal mesafe kuralını ihlal eden vatandaşları uyarmak için toplu yerlerde bu robotların sayısı arttırılabilir.

Walmart tarafından yapılan insansız hava aracı ile ürün teslimatı, önceleri yakın civardaki evlere hafif eşyaların götürülmesi için kullanılıyordu. New York ve Las Vegas'ta COVID-19 hastalığı geçiren hastalara sağlık ekipmanının teslimatında kullanılabilirliği için testler yapılmıştır (URL-5, 2020). İnsansız hava araçları yardımı ile, COVID - 19 hastalarının evlerine ilaç ve test ekipmanı teslim edilebilir, böylelikle filyasyon ekibinin bulaş riski ile karşı karşıya kalması önlenir.

Otobüsteki yolcu sayısının derin öğrenme (Şekil 2) ile belirlenmesini sağlayan sistem kullanılarak toplu taşıma içerisinde mesafe kuralının korunmasına yardımcı olunabilir (Hsu vd., 2020). İnsanların özellikle iş çıkışı toplu taşıma kullanımının artması sebebiyle bulaş riskinin de artması söz konusudur. HES kodu, yoğunluk ve kişiler arası mesafeanalizi ile bu konuda çözümler üretilebilmesine olanaklı olabilir.



*Ŗekil 2. Otobüs Kameraları Kullanılarak Derin Öğrenme İle Otobüsteki İnsan Sayısının Tespiti*  
*Kaynak: Hsu vd., 2020.*

### **Akıllı Kent ve Mekânsal Zekâ (GeoAI)**

Akıllı kent konseptindeki en önemli bileŖenlerden biri nesnelerin internetidir (IoT). Kullanıcı tarafından ve Ŗehir içerisinde kullanılan cihazların internet aracılığıyla birbirlerine bağlanması ve bu cihazların sensörleri aracılığıyla elde edilen verilerin sunuculara iletilmesi IoT aracılığıyla sağlanabilmektedir. Akıllı park sistemleri, akıllı telefon algılayıcıları, akıllı sokak aydınlatmaları, akıllı giyilebilir nesnelere sensörler, internetin kullanılmasıyla nesnelere verilerin alınmasına olanak sağlar. Bahsedilen sensörler, büyük veri (Big Data) dâhilinde incelenebilir. Bununla beraber mekânsal ve tematik verilerin elde edilip işlenebilmesi için gereklidirler. Bütün bir kentten alınan verilerin farklılığı düşünöldüğünde büyük veri konusuna dâhil edilebilecek bu verilerin gerçek zamanlı işlenebilmesi ve mekânsal analizlerin gerçekleştirilebilmesi için Mekânsal Zekâ (GeoAI) büyük bir önem taşımaktadır. Mekânsal Zekâ, yapay zekâ ile elde edilen mekânsal verilerin analizi sonucunda yapay zekânın derin öğrenimi üzerinden ortaya çıkmıŖ bir kavramdır. Mekânsal Zekâ, birçok ekipman ve yazılım ile akıllı bir kent için mekânsal analitik işlem ihtiyaçlarının karşılanmasına destek vermektedir (Güney, 2019).

COVID-19 pandemi dönemi içerisinde, özellikle hava kalitesindeki değişim hava istasyon verilerinin incelenmesi sonucunda kolaylıkla görölebilmektedir. Bu değişimin gerçek zamanlı incelenebilmesi ve analiz edilmesi sonucunda kullanıcıya bilgi aktarımının gerçekleştirilmesi için Mekânsal Zekâ önem taşımaktadır.

Virüslerin, hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgelerde partiküllere bağlanma olasılığı artmaktadır (Ciencewicky ve Jaspers, 2007). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Mekânsal Zekâ'nın kullanımı ile hava kirliliğinin

arttığı bölgeler tespit edilebilir ve ileri görselleştirme teknikleri kullanılarak arttırılmış gerçeklik araçlarının kullanımı ile entegre bir tematik harita üretimi yapılabilir. Elde edilen veriler doğrultusunda bilgiler, akıllı kent içerisindeki kullanıcılarla paylaşılabilir ve bu durum virüsün bulaş riskini azaltabilir.

### **Coğrafi Bilgi Sistemleri ve COVID-19**

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak pandemi sürecinde virüsün bulaş hızı ve bulaştığı bölgeler tespit edilebilir ve buna yönelik analizler yapılabilir, bu analizlere bağlı karar destek süreci gerçekleştirilebilir. Böylelikle pandemiye karşı üretilmiş veriler ile daha kapsamlı haritalar üretilebilir. CBS aşı uygulaması ile aşı olmak isteyen vatandaşın hastane, aile hekimliği vb.'ne yakınlık ve doluluk durumunu gösteren ve kentteki ilçelere göre bulaş sayısının gerçek zamanlı olarak paylaşılması mümkün olabilir. Bununla birlikte yanlış çıkarımlar ile farklı sonuçların vatandaşları olumsuz etkileme olasılığı da bulunmaktadır. Bu sebeple bu verilerin/bilgilerin uzman olmayan kişilerce kullanılması ve üretilmesi sakıncalıdır.

### **Temas Takip Uygulamaları**

COVID-19, temas yoluyla bulaşabilen bir hastalıktır ve sosyal mesafe kurallarına uyulması bulaş riskinin azalması için şarttır. Vatandaşların birbirleri arasındaki mesafenin bu denli önem kazanması, konuma bağlı temas takip uygulamalarının artmasına neden olmaktadır. Birçok ülke, temas takip uygulaması geliştirmiştir, Hayat Eve Sığar (HES) de Türkiye Cumhuriyeti tarafından geliştirilmiş ve kullanılan resmi temas takip uygulamasıdır, ancak bireyler arasındaki mesafe analizlerini yapmamaktadır.

Mobil temas takip uygulamaları 'Global Konum Belirleme Sistemi (*Global Positioning System*, GPS)' alıcıları ile kullanıcıların konumlarının belirlenmesiyle, COVID-19 testi pozitif çıkmış vatandaşın günlük hareketleri takip edilmesini sağlayabilir. GNSS ve Bluetooth teknolojilerinin beraber kullanılması ile enfekte bireyin 2 metre yakınında uzun bir süre bulunmuş vatandaşlara temaslı oldukları bilgileri verilebilir ve temaslı vatandaşlar karantinaya girebilir. Hasta ve temaslı vatandaşlar ile ilgili bilgiler aile hekimleri ile paylaşılabilir. Ayrıca bluetooth 5.0 teknolojisi ile birbirine yaklaşan iki cihaz arası mesafe, sosyal mesafe kurallarını ihlal edecek düzeyde az ise,

kullanıcılara HES uygulaması üzerinden bildirim ile uyaracak bir sistem geliştirilebilir.

Toplu taşıma kullanan vatandaşların sosyal mesafelerini olabildiğince minimum seviyede tutmak için toplu taşıma araçlarındaki vatandaşların sayısının tespiti ile temas tespit uygulamalarının kullanıcılarının bilgilendirmesi üzerine bir sistem geliştirilebilir. Google Haritalar uygulaması üzerinden toplu taşıma araçlarına ait bilgilerin (özellikle araç yoğunluk bilgisinin) kullanıcılara iletilmesi üzerine çalışmaları mevcuttur. Lakin, bu veriler anket yoluyla elde edildiği için gerçek zamanlı mekânsal bilgiler değildir (Url-6, 2019). Özellikle COVID-19 pandemisi döneminde gerçek zamanlı yapılandırılmamış mekânsal bilgi çok büyük bir önem taşımaktadır.

## **PANDEMI DÖNEMİNDE MEKÂNSAL VERİ/BİLGİ GÖRSELLEŖTİRİLMESİ**

Dünya ve/veya bölgenin harita üretiminde projeksiyonların yanlış kullanılmasının yanı sıra, kartografik genelleştirme yöntemlerinde yapılan yanlış üretimler sonucunda harita yapımcıları tarafından doğru algılanamayan haritalar oluşturulabilir (Bildirici vd., 2021; Uluğtekin ve Atalay, 2021). Haritada alansal matematiksel bozulmalara neden olan bu yöntemlerin doğru kullanılmaması sonucunda doğru bilgi aktarımı da vatandaşa ulaşmamaktadır (Atalay vd., 2020). Çoklu afet dönemi düşünüldüğünde vatandaşlara doğru bilgi aktarımı daha büyük önem taşımaktadır. Yanlış bilgi aktarımı, kentte yaşayanlar tarafından panik ortamı oluşmasına neden olabilmektedir. Haritada aktarılan bilgi doğru olmalıdır ve kullanıcıya doğru aktarılmalıdır. Haritayı kullanacak kitleye göre anlaşılabilir olmalıdır. Özellikle çoklu afet dönemi gibi herkesi etkileyen olaylar için hazırlanan haritaların görsel ve yazılı medya gibi ortamlarda ve sosyal medyada sunulması nedeniyle herkes tarafından anlaşılabilir şekilde görselleştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de aşılama çalışmaları 14 Ocak tarihinde başlatılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı COVID-19 Aşısı Bilgilendirme Platformu’nda aşı olan insan sayısı sürekli güncel bir şekilde sunulmaktadır (URL-7, 2021). Şekil 3’te gösterilen harita 8 Mart 2021 tarihine dek aşı olan insan sayısını göstermektedir.



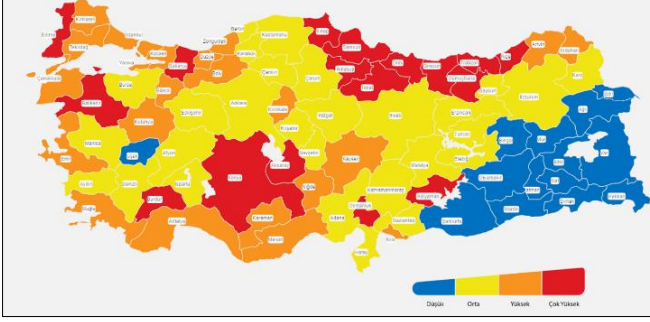
Şekil 3. Türkiye Aşı Tablosu  
Kaynak: URL-7, 2021.

Sağlık Bakanlığı'nın üretmiş olduğu haritada amaç yalnızca aşı olan insan sayısını vurgulamaktır. İstanbul Türkiye'nin en kalabalık şehri olduğu için aşılana insan sayısının en çok olduğu il her zaman İstanbul olacaktır. Verinin doğru aktarılma şekli, aşılana insan sayısı ve toplam aşılana planlanan insan sayısının oranlanıp sunulmasıdır. Böylelikle oransal olarak aşılama hangi aşamada bulunduğu görülebilecektir. Sağlık çalışanlarının, 65 yaş üstü bireylerin aşılama oranının ne oranda tamamlandığı bilgisi de harita ile sunulabilir.

Şekil 4'te illerin COVID-19 risk oranlarına göre sınıfları (düşük, orta, yüksek ve çok yüksek riskli) gösterilmiştir. Haftalık vaka sayısı 100 binde 10 kişinin altındaki kentler "düşük", 11-35 arası "orta", 36-100 arası "yüksek", 100'ün üstündeki kentler ise "çok yüksek" riskli iller olarak belirlenmiştir (URL-8, 2021). Vaka yoğunluklarına göre kentlere farklı serbestlikler verilmesi ve farklı yaptırımlar uygulanması mekânsal verinin COVID-19 ile mücadelede karar destek sürecinde doğru kullanımına örnektir. Bundan sonraki aşamalarda verilerin şeffaf bir şekilde paylaşılması önceliklidir. Yerel yönetimlere de COVID-19 sürecinde kentteki vaka yoğunluğuna göre farklı uygulamalar yapabilecekleri yetkiler verilirse sürecin yönetimi kolaylaşacaktır.

## SONUÇ

Kentteki çeşitli sensörlerden, sosyal medyadan ve resmi kurumlardan elde edilen yapılandırılmış ve yapılandırılmamış gerçek zamanlı coğrafi veriler gerekli doğruluğu sağlayan jeodezik altyapıda ve dünya standartlarına uygun bir mekânsal veri altyapısında depolanmalıdır.



Şekil 4. 20-26 Şubat 2021 Kentlerin COVID-19 Risk Oranları  
Kaynak: URL-8, 2021.

Veri ancak doğru bir şekilde işlenip paydaşlara sunulduğu ve paydaşlarca anlaşıldığı zaman yararlı bilgiye dönüşmüş olur. Verilerin uzman kişilerce disiplinlerarası çalışmalarla üretilmesi ve görselleştirilmesi gerekir, aksi durumda oluşabilecek yanlış anlaşılmalara afet sürecinin yanlış yönetilmesine ve bu nedenle halk arasında karmaşaya sebep olabilir. Mekânsal veri kullanılarak geliştirilmiş yeni teknolojik araçlar afetlerle mücadelede önemli bir yere sahiptir. Verilerin şeffaf bir şekilde paylaşılması ve mekânsal veri araçlarının doğru kullanımı insanlığın yüzleşmekte olduğu ve yüzleşeceği felaketlerle olan savaşını kolaylaştıracaktır.

## KAYNAKÇA

AghaKouchak, A., Farahmand, A., Melton, F. S., Teixeira, J., Anderson, M. C., Wardlow, B. D. ve Hain, C. R. (2015). Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. *Reviews of Geophysics*, 53(2), 452-480.

Atalay H., Basturk E. ve Uluğtekin N. (2020). Cartographic Approaches for Visualization Of Smart Cities. *Proceedings, 1, 8th International Conference on Cartography and GIS, 2020*, Nessebar, Bulgaria.

Bildirici, İ.Ö., Böge, S., Atalay, H. ve Uluğtekin, N.N. (2021). Coğrafi Bilgi Teknolojileri Çağında Harita Projeksiyonları Üzerine Düşünceler. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 26-29 Mayıs 2021, Ankara.

Ciencewicky, J. ve Jaspers, I. (2007). Air pollution and respiratory viral infection. *Inhalation toxicology*, 19(14), 1135-1146.



Çelik, R.N., Ulugtekin, N.N. ve Güney, C., (2004). 4D Geo-referenced Database Approach for GIS, *Proceedings of FIG 27th Working Week*, Greece.

Elgazzar, R. F. ve El-Gazzar, R. (2017, April). Smart cities, sustainable cities, or both. In *A Critical Review and Synthesis of Success and Failure Factors*. In *Proceedings of the 6th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems*, Porto, Portugal, 22-24.

Emem, O. ve Batuk, F. (2007). Türkiye Ulusal Mekânsal Veri ve Bilgi Altyapısının Katılımcılar, Standartlar, Teknik Gereksinimler Ve Sistem Mimarisi Açısından İncelenmesi. *TUFUAB IV. Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye.

Güney, C. (2019). Mekansal Zekanın Getirdiği Paradigma Değişimi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(2), 128-142.

Güneydaş, M. ve Güney, C. (2019). Mekansal Veri Altyapılarında Paradigma Değişimi: Açık Veri Ekosisteminde Mekansal Bağlantılı Veri Altyapıları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (2), 369-389. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akufemubid/issue/48783/596364>

Güneydaş M., Güney C., Bektaş Balçık F. ve Atalay H. (2021). Kentlerin “Akıllı” Dönüşümü: Açık Veri – Açık Kent, Yönetim Araştırmaları Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, YONAR/MU’21, 93-95, İstanbul Gedik Üniversitesi 2021-08, ISBN: 978-605-85572-4-6.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Wasle, E. (2008) *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and More*, Springer-Verlag Vienna, DOI: 10.1007/978-3-211-73017-1.

Hsu, Y. W., Chen, Y. W. ve Perng, J. W. (2020). Estimation of the number of passengers in a bus using deep learning. *Sensors*, 20(8), 2178.

Lu, Z., Qu, Y. ve Qiao, S. (2014). *Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-642-41245-5.

National Research Council. (2010). *Precise Geodetic Infrastructure: National Requirements for A Shared Resource*. National Academies Press. Washington, DC, DOI: <https://doi.org/10.17226/12954>

Sharifi, A., Roosta, M. ve Javadpoor, M. (2021). Urban Form Resilience: A Comparative Analysis of Traditional, Semi-Planned, and Planned Neighborhoods in Shiraz, Iran. *Urban Science*, 5(1), 18.

Uluğtekin, N.N. ve Atalay, H. (2021) Çoklu Afetler Çağında Doğru ve Güvenilir Harita Üretimi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 26-29 Mayıs 2021, Ankara.

United Nations, (2019). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York: United Nations.

URL-1: <https://www.ogc.org/projects/initiatives/healthsdi>, EriŖim Tarihi: 08.03.2021.

URL-2: <https://cbs.csb.gov.tr/inspire-nedir-i-5924>, EriŖim Tarihi: 08.03.2021.

URL-3: <https://www.statista.com/statistics/1134669/share-populationsadopted-COVID-contact-tracing-apps-countries/#statisticContainer>, EriŖim Tarihi: 08.03.2021.

URL-4: <https://t24.com.tr/haber/koronavirus-e-karsi-robot-kopek-onlemi,877451>, EriŖim Tarihi: 28.02.2021.

URL-5: <https://corporate.walmart.com/newsroom/2020/09/22/walmart-now-piloting-drone-delivery-of-COVID-19-at-home-self-collection-kits>, EriŖim Tarihi: 28.02.2021.

URL-6: <https://www.techradar.com/news/google-maps-will-soon-give-you-a-heads-up-on-your-busy-train-commute>, EriŖim Tarihi: 28.02.2021.

URL-7: <https://COVID19asi.saglik.gov.tr>, EriŖim Tarihi: 05.03.2021.

URL-8: <https://COVID19.saglik.gov.tr>, EriŖim Tarihi: 03.03.2021.

# **Akıllı Kentler ve Kartografik GörselleŖtirme Problemleri: Pandemi Örneği**

**Hatice Atalay**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0623-5172)**

**N. Necla Uluğtekin**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-8823-595X)**

## GİRİŖ

Kentler karmaŖık ve dinamik sistemler olduğundan başarılı bir Ŗekilde yönetilmesinin kaynağı elde edilen verilerden anlamlı bilgi (yararlı bilgi/knowledge) çıkarmaktır (BaŖtürk, 2019). Akıllı kentler çok çeŖitli kaynaklardan elde edilen verileri kullanmaktadır. Bunlar; sıcaklık, hava kalitesi, basınç, ses gibi sensör verileri; Twitter, Facebook, LinkedIn gibi sosyal medya verileri; akıllı kentlerdeki kullanıcıların kişisel cihazlarından elde edilen veriler (örneğin cep telefonları, giyilebilir cihazlar ve tabletler gibi) olarak sayılabilir (Lau vd., 2019). Bu kaynaklardan gelen doğru ve güvenilir bilgi haritalarla veya grafik/diyagramlarla karar vericilere, araŖtırmacılara ve vatandaŖa açık veri niteliğinde aktarılmaktadır. Haritalar; ilettikleri bilgide bulunan karmaŖıklıėı azaltıp, gizli mekânsal örüntüleri ortaya çıkararak yerel ve ulusal yetkililer tarafından karar alma sürecini desteklemenin yanı sıra, yetkililerin küresel sorunlar hakkında farkındalığını artırarak harekete geçmelerini sağlamak açısından da önemlidir.

## AKILLI KENT ve KARTOGRAFİK GÖRSELLEŖTİRME PROBLEMİ

Akıllı kentler kavramı; "akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı yaŖam, akıllı çevre, akıllı ulaŖım ve akıllı yönetiŖim" olmak üzere altı temel özellik ile incelenmektedir (Cohen, 2012). Akıllı kentlerde nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) cihazları kentsel olaylar hakkında sürekli gerçek zamanlı veri sağlamaktadır. Bu veriler katı atık yönetimi, hava kalitesi izleme, afet ve acil durum yönetimi, ulaŖım, erişilebilirlik, taŖkın erken uyarı sistemi gibi çok çeŖitli konularda olabilmektedir (Atalay vd., 2020). Bu durumda farklı kaynaklardan, farklı formatlarda ve farklı öznelik değerleri ile gelen mekânsal verinin oluŖturduėu karmaŖık yapının görselleŖtirilmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Her ne kadar akıllı kentlerin üç boyutlu modellerinin, dijital ikizlerinin oluŖturulmasına yönelik çalıŖmalar devam etse de günümüzde akıllı kent süreçleri ile ilgili fenomenlerin daha büyük ölçekte kentsel süreçlerin gelişimini ve değişimini izlemek, analiz etmek ve yorumlamak için iki boyutlu mekânsal ara yüzler daha etkilidir (Basturk, 2019). Fakat bu mekânsal ara yüzler farklı disiplinlerden uzmanların bir araya gelerek ortak çalıŖmaları sonucu üretilmelidir. Günümüzde trend olan COVID-19 salgınına yönelik mekânsal

uygulamalar düşünülürken yazılım, sosyal bilimler, politika, hukuk, sağlık ve kartografya gibi alanlardan uzman kişilerin oluşturduğu bir ekip ile etkili çözümler sunmak mümkün olacaktır. Bu noktada akıllı kent süreçleri ile ilgili görselleştirmelerdeki bir başka sorun kompleks (birbiriyle ilişkili/çok amaçlı) haritalar yerine tek konulu (ara ürün) haritaların üretilmesidir. Ancak akıllı kentler bağlamında; çok amaçlı, birbiriyle ilişkili, çok konulu hedef ürünler (end products), diğer bir deyişle hem kurum içi hem de kent paydaşları için kolay ve hızlı anlaşılır kompleks harita(lar) üzerine araştırmaların yoğunlaşması gerekmektedir (Uluğtekin, vd., 2003; Uluğtekin, vd., 2011; Uluğtekin, vd., 2013).

Açık devlet verileri; devletin verilerini herkese açık hale getirerek şeffaflığı, hesap verebilirliği ve değer yaratmayı teşvik etmek amacıyla kent süreçleri hakkında erişime ve kullanıma açtığı kamu verilerini ifade etmektedir (Güneydaş ve Güney, 2019; Güneydaş vd., 2021). Tematik haritalar; bu açık mekânsal veri setlerini anlamının anahtarıdır. Ancak günümüzde hem veri kaynaklarının artması hem de iletişim ve etkileşimin artmasıyla yanlış bilginin de hızla yayılması kaçınılmaz olmuştur. Bu sebeple verinin/bilginin doğru bir şekilde paydaşlarla paylaşılması her zamankinden daha önemli bir hâle gelmiştir. Sosyal medyada hızla yayılıp popülerliğe ulaşan haritalar “viral harita” örnekleri olarak tanımlanmıştır (Robinson, 2018). Bu konuda bir başka tanımlama da günümüzde COVID-19 salgını ile ilişkili olarak kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü COVID-19 salgını hakkında insanların ihtiyaç duyduklarında güvenilir kaynak bulmalarını zorlaştıran doğru/yanlış devasa bilgiyi "infodemic" olarak adlandırmaktadır (WHO, 2020). Günümüzde kent verilerine ilişkin bilgiler vatandaşlarla “dashboard” (görselleştirme paneli) adı verilen ara yüzlerle paylaşılmaktadır. Mekânsal görselleştirme panelleri ilgili bölgenin mekânsal altyapısı ve ilişkili verilerin diyagram ve grafiklerinin verildiği ara yüzlerdir.

Akıllı kentler için görselleştirme; dünya örneklerinden ülke; ülkeden kentlere doğru inen mekânsal bilgi sıralamasını kullanmaktadır. Bu nedenle COVID-19 vakalarının yayılımını gösteren ve örnekleri bulunabilen görselleştirme panelleri üzerinden yaygın olarak yapılan hatalar tartışılacaktır.

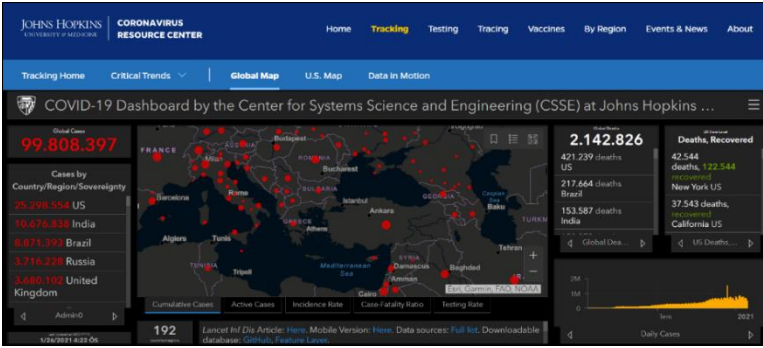
## **COVID-19 GÖRSELLEŖTİRME PANELLERİNE KARTOGRAFİK YAKLAŖIM**

11 Mart 2020'de Dünya Sağlık Örgütü yeni koronavirüs hastalığını (COVID-19) küresel salgın olarak duyurmuŖtur. Bu durum; Dünya Sağlık Örgütü'nü, kurumları ve bireyleri salgının yayılmasını izlemek için çevrimiçi araçlar geliŖtirmeye teŖvik etmiŖtir. Farklı kuruluşlar COVID-19 ile ilgili bilgileri iletmek için genellikle yalnızca haritaların sunum işlevini kullanmıŖtır. DeęiŖen bilgiyi anlamak için etkileŖimli mekânsal görsel ara yüzler ile kolaylaŖtırılan analitik akıl yürütmeyi de dikkate almak önemlidir (Kraak vd., 2020; Wei vd., 2020). Bilgilendirici tematik haritaların hazırlanması ve bunların görselleŖtirme panelleri (dashboard) ile sunumu paydaşların harita kullanımını ile bilgi iletişimini artırabilir. GörselleŖtirme panelleri yetkililerin; aktif vakaları haritalaması, karantina/karantinadan çıkarma planları, evde karantinaya alınan kişiler, vakaların yaŖ ve bölge bazında analizi, kaynakların yönetimini, tahsisini ve dağıtımını optimize etme (kiŖisel koruyucu ekipmanlar, maskeler, aŖı vb.), etki izleme, yayılma riskleri, gerçek zamanlı iyileŖtirme ve kırılğan (salgından daha çok etkilenecek) alanların haritalanması gibi faaliyetleri koordine etmelerine ve gerçekteŖirmesine yardımcı olmuŖtur.

Kartografya; her türlü haritanın, tasarımı (veri/bilgi toplama, sınıflandırma/kategorize etme, model oluŖturma, genelleŖtirme, iŖaretleŖtirme, güncelleme), üretimi (baskı, dağıtım, paylaşım ortamı - kâğıt, ekran, cep telefonu, navigasyon, Web-, vb.) kullanımı ve kullanıcısı üzerine araŖtırma yapan bilim, teknik ve sanattır (Kraak ve Ormeling, 2011). Kartograflar, yüzyıllardır karmaŖık bilgileri iletmek için haritaları ve diğer görselleŖtirme tekniklerini kullanmaktadırlar. Ancak teknolojinin geliŖmesiyle kartografların bilgi ve deneyimleri günden güne coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarına aktarılarak kartografyanın demokratikleŖmesine yani uzman olmayan kiŖilerin de harita üretmesine yardımcı olmaktadır (Uluğtekin vd., 2007). Harita üreten ve görselleŖtirme kaygısı taŖımayan harita yapımcısı/üreticisi, demokratize edilmemiŖ matematiksel projeksiyonlar (yeryüzü yüzeyinin harita düzlemine aktarılması), yeryüzü model belirsizlikleri gibi distorsiyonlar nedeniyle yanlış algı yaratabilmektedir (Ormeling, 2014; Field, 2020a). Haritaların ve diyagramların tasarım sürecinde

aynı konu; bir dizi farklı, eşit derecede uygun yolla haritalanabilir veya grafik haline getirilebilir. Bununla birlikte bazı tasarım uygulamaları, bazı konularda yetersiz kalır ve hatalı veya yanıltıcı haritalar ve diyagramlar üretilir. Sorunlar genellikle yanlış veri işleme, dikkat dağıtıcı işaretler ve yazı, kafa karıştırıcı harita işaret seçimi ve yazılımın varsayılan ayarlarının yanlış kullanımından kaynaklanmaktadır (Uluğtekin vd. 2003; Kraak vd., 2020).

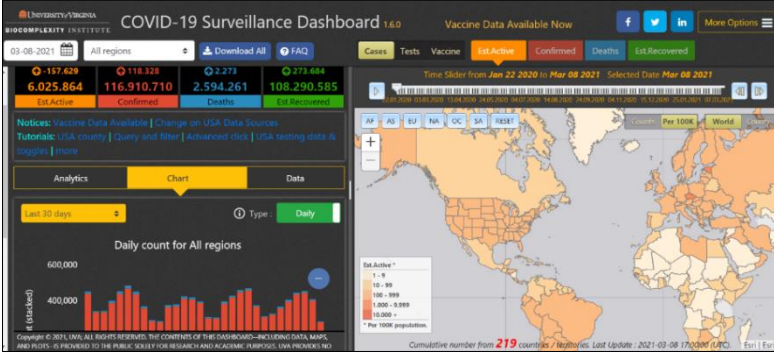
İlk olarak Living Atlas Team'in desteğiyle Johns Hopkins Üniversitesi Sistem Bilimi ve Mühendisliği Merkezi (CSSE) kitle kaynaklı veri kullanarak 22 Ocak 2020'de herkese açık olarak bir görselleştirme paneli (dashboard) paylaşmıştır. Kısa sürede internette viral olan bu panel, doğrulanmış COVID-19 vakalarının, ölümlerin ve iyileşmelerin yerini ve sayısını göstermektedir (Dong vd., 2020) (Şekil 1).



Şekil 1. John Hopkins Üniversitesi COVID-19 görselleştirme paneli  
Kaynak: Dong vd., 2020.

Şekil 1'de gerçek zamanlı COVID-19 vakalarının dağılımı oransal işaretli web tabanlı etkileşimli harita ile görselleştirilmiştir. Oransal işaretli haritalar öznel değerine göre değişen nokta büyüklüğünün verinin görece değeri hakkında bilgi verdiği haritalardır. Oransal işaretli haritaların üretiminde işaret ölçekleme ve işaret yerleştirme sorunları ortaya çıkmaktadır. Çoğu yazılım, işaretin alanını doğrudan öznel değerleriyle ilişkilendiren matematiksel ölçeklendirme kullanır (Kraak vd., 2020). Bu harita küresel veri ile ilgili bilgi verdiği için yerel bölgelerdeki veriyi temsil etmede zayıftır. Haritanın Türkiye ölçeğinde incelenmesi durumunda sadece Türkiye'nin ağırlık merkezinde bir adet oransal işaret görülmektedir.

“Virginia Üniversitesi COVID-19 Surveillance Dashboard” COVID-19 vakalarının dağılımını renk tonlu harita ile görselleŖirmiŖtir. 22.03.2020’den günümüze kadar olan verileri zaman serisi ile vermesi bakımından güzel bir örnek olabilir. Böylece salgının 22 Mart tarihinden itibaren dünya genelinde nasıl yayıldığı gözlenebilmektedir. Renk tonlu haritalar, başka uygun yöntemler varken salgının yayılımının görselleŖtirilmesinde yaygın olarak kullanılmıŖtır (Mooney ve Juhász, 2020). Bunun sebebi ise harita kullanıcılarının renk tonlu haritaları diğer tematik harita türlerine göre daha iyi anlayıp yorumlayabilmesidir (Roth vd., 2020). Renk tonlu haritalar ham (raw) değerler üzerinden oranları (yüzdeleri) görüntülemek için etkili bir yöntemdir. Renk tonlu haritalar görselleŖtirilirken ham veriler normalleŖtirme yoluyla görel (relative) özniteliklere dönüŖtürülür. NormalleŖtirme işlemi oran (proportions), yüzde (rate) veya indislere göre yapılır (Uluğtekin vd. 2013; Kraak vd., 2020). Teoride kartografların çok iyi bildiği bu kural harita yapan kişilerce dikkate alınmadığında sunulan bilginin içeriği deđiŖecektir. Ŗekil 2, normalleŖtirilmiŖ veri ile vaka dağılımını vermektedir. Ülkelerin her 100000 kiŖideki vaka sayısına göre sınıflar oluŖturulmuŖtur. Bu durumda mutlak değer olan vaka sayısı nüfusa göre oranlanarak görel özniteliğe dönüŖtürüldüđünden ülkelerin vaka oranlarının durumu birbirine kıyasla değerlendirilebilmektedir.



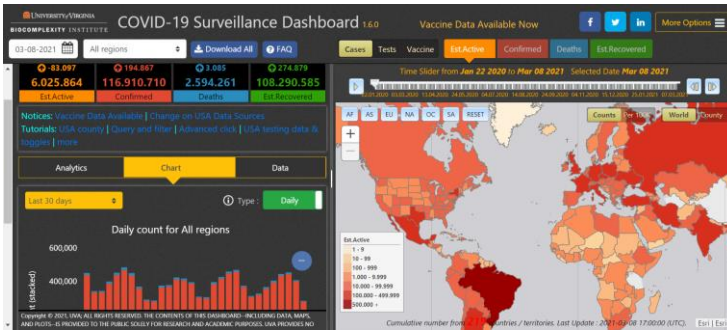
Ŗekil 2. Virginia Üniversitesi COVID-19 Surveillance Dashboard-normalleŖtirilmiŖ veri  
Kaynak: URL-1, 2021.

Renk tonlu haritalar oluŖturulurken yapılan bir başka hata da sınıf sayısının fazla sečilmesidir. İnsan gözü, belirli bir zamanda yediden



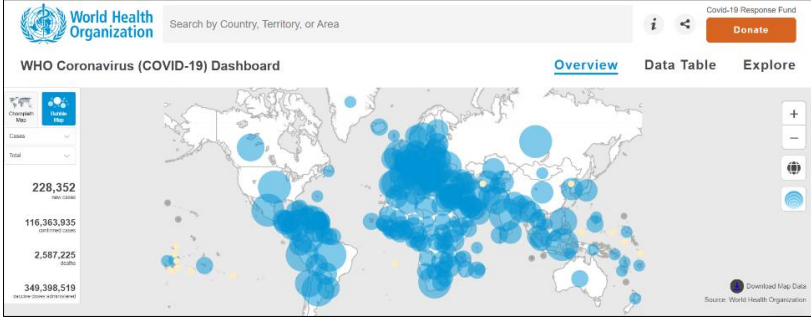
fazla rengi birbirinden ayırt etmekte güçlük çekmektedir. Renkler verilerdeki değerleri doğrudan yansıtmadıkça, sınıf sayısı yedinin altında olmalıdır (Uluğtekin vd., 2013). Bu kural oransal işaretli haritaları oluştururken de geçerlidir. Ayrıca boş sınıf olmaması, sınıfların anlamlı aralıklarla oluşturulması, aynı verinin iki farklı sınıfta değerlendirilmemesi de dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Renk tonlu haritalarda hatalı sınıflandırma/derecelendirme yapılması verinin doğru bir şekilde algılanmasının önüne geçmektedir. ColorBrewer, çeşitli veri sınıflandırma türleri için renk seçimine yardımcı olmaktadır (Harrower ve Brewer, 2003). Renk seçimleri renk körlerinin de kolayca anlayacağı şekilde olmalıdır. Renk körü kullanıcılar için farklı bir ara yüz seçimi eklenebilir. Color Oracle gibi araçlar, haritaları renk körü kullanıcıların gözünden görülmesini sağlayarak onlar için daha okunaklı ve anlaşılır haritalar üretilmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte renk seçerken parlak kırmızı gibi paniğe neden olacak renklerin seçilmemesi önerilmektedir (Taylor, 2020).

Şekil 3’de, Şekil 2’de verilen harita normlandırılmamış verilere göre sınıflandırıldığında elde edilen sonuç verilmektedir. Bu durumda ülkelerdeki toplam vaka sayısına göre renk değeri atanmış olmaktadır. Fakat 100.000 kişilik bir şehirdeki 10 vaka ile 100 kişilik bir şehirdeki 10 vaka tamamen farklı bir durumu ifade etmesine rağmen aynı sınıf aralığında gösterilmektedir. Bu sebeple verinin normalleştirilerek belirli bir kişi sayısındaki vaka sayısının verilmesi gerekmektedir. Şekil 2 ve Şekil 3 incelenerek kıyaslandığında aynı veriye ilişkin bilginin değiştiği gözlenmektedir.



Şekil 3: Virginia Üniversitesi COVID-19 Surveillance Dashboard-  
normleştirilmemiş veri  
Kaynak: URL-1, 2021.

Oransal iŖaretli haritaların yanlış kullanımına bir baŖka örnek ise Dünya Sağlık Örgütü'nün kalabalık ve karıŖık iŖaret kullanımı, iŖaretlerin haritayı kapatması sonucu fazlasıyla emek yoğun bir iŖin anlaŖılmaz bir hale gelmesiyle sonulanmıŖtır (Ŗekil 4).



*Ŗekil 4. Dünya sağlık örgütü COVID-19 görselleŖtirme paneli  
Kaynak: WHO, 2021.*

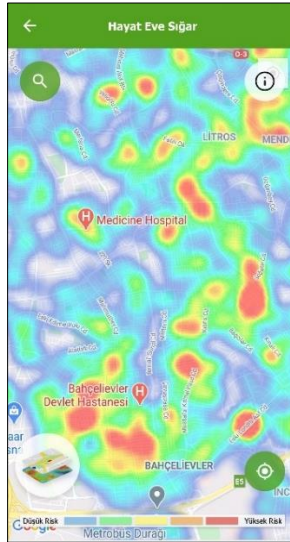
COVID-19 salgını süresince, Microsoft Power BI ve Tableau gibi iŖ zekâsı (business analytics, business intelligence) odaklı verinin görselleŖtirilmesini sağlayan etkileŖimli yazılımlar da bu süreçte COVID-19 verilerinin görselleŖtirilmesinde kullanılmaktadır. Fakat bu durum, haritaların yalnızca grafik olarak kullanılmasına sebep olmuŖ ve mekânsal bilginin iletiŖimi için kartografik görselleŖtirme olanaklarından yararlanılamamıŖtır. Günümüzde teknolojik geliŖmeler ve yapılan araŖtırmalar bu sorunun çözümine yeni yaklaŖımlar önermektedir. Kentlerin gerçek dünya davranıŖlarının ve sonuçlarının izlenmesi amacıyla oluŖturulmuŖ sanal modelleri dijital ikiz olarak adlandırılmaktadır. Kentlerin dijital ikizleri doğal fenomenlerin modellenmesi ile geliŖtirilmekte ve gelecek senaryolara iliŖkin simülasyonlar üretilebilmektedir. Oyun motorları da CBS verilerini ve bina modellerini içeren profesyonel uygulamalar (görselleŖtirmeler, sanal deneyimler, simülasyonlar, oyunlaŖtırılmıŖ eğitim) olarak da kullanılmaktadır. Unity ve Unreal Engine, 3 boyutlu kent verilerine dayalı etkileŖimli görselleŖtirmeler ve simülasyonlar oluŖturmak için kullanılan en popüler oyun motoru platformlardır (URL-2, 2020). Veri dönüŖtirme araçlarının ve eklentilerinin artan çeŖitliliėi, oyun motorlarını 'dijital ikiz' tarzı uygulamalar oluŖturmak için çekici ve esnek bir veri entegrasyon platformu haline getirmiŖtir.





Şekil 6. Türkiye illere göre risk durumu (20-26 Mart 2021)

Şekil 7’de Sağlık Bakanlığı’nın Hayat Eve Sığar (HES) uygulamasından İstanbul’un Bahçelievler ilçesindeki vaka dağılım haritası verilmiştir. Isı haritası tekniği ile riskli bölgeler görselleştirilmiştir. “Heat map” tekniğinin yoğunluğu izlemede yanıltıcı sonuçlar verdiği konusu da literatürde tartışılmaktadır (DeBoer, 2015). Vatandaşların böylesi bir veri ile COVID-19 ile ilgili daha çok bilgi edineceği ve böylece salgından daha iyi korunacağını beklemek olanaklı değildir. Bu tür haritaların iyi tasarlanmasıyla, iletecekleri bilgi daha işlevli bir yapıya dönüştürülebilir.



Şekil 7. Sağlık bakanlığı hayat eve sığar uygulaması harita örneği

## SONUÇ

Akıllı kentler, verileri paydaşların kullanımı için eyleme dönüştürülebilir öngörülere dönüştürür ve topluluk katılımı için mekanizmalar sağlar. Uygulamalar, veri analizi, görselleştirme panelleri ve kişiselleştirilmiş anlık bildirimler gibi ara yüzler geliştirilerek sağlanabilir. Akıllı kentlerin mekânsal görselleştirilmesi olayların fiziki yeryüzü ile ilişkisinin kurulmasını sağlayarak vatandaşlar ve karar vericiler için iletişim aracı görevi görmektedir. Günümüzde vatandaşların nereden bilgi alacağı ile ilgili çok fazla bileşen ve çok fazla farklı girişim vardır. Bu sebeple, farklı yeteneklere sahip kişilerin (uzman/uzman olmayan) kullanması için oluşturulacak "anlaşılır/basit bir platform" vatandaşların kentsel süreçler hakkında bilgi edinmesini kolaylaştıracaktır. Bu şekilde HES uygulaması gibi uygulamalar daha fonksiyonel hale gelecektir. Çünkü vatandaşlar COVID-19 vaka dağılımını görmek için ve sağlık merkezlerine ulaşım için farklı bir geometrik altlık, COVID-19 izleme uygulamaları için farklı bir yapı (COVID-19 tracing app), sosyal-mekânsal kırılganlık haritalarını gözlemlemek için farklı bir sistem, aşı bilgileri ile ilgili farklı bir sistem, salgın dönemi sosyal yardımlaşma uygulamaları için farklı sistemler kullanmaktadırlar. Kentte yaşayanların genel nüfusu, yaşlara göre, gelir düzeyine göre, sağlık birimlerine olan uzaklıklarına göre, kronik hastalıklarına göre, yalnız yaşama durumlarına göre (özellikle +65 ve kronik hastalığı olan kişiler için), çalışıp çalışmadıklarına göre birçok ama birbiriyle ilişkili konuyu değerlendiren analizlerin sonuçlarını anlaşılır biçimde haritalar aracılığı ile paydaşlarla buluşturmak gerekmektedir. Bu nedenle akıllı kent için mekânsal (geometrik) veri ve sözel (tematik) verinin birbiriyle ilişkisi kurulmalı ve toplumda "mekânsal düşünce"yi oluşturmak hedeflenmelidir.

## KAYNAKÇA

Atalay H., Basturk E. ve Uluğtekin N. N. (2020). Cartographic Approaches for Visualization of Smart Cities, In Proceedings of the 8th International Conference on Cartography and GIS, 1, 479-486.

Baştürk, E. (2019). Evaluation of Architectural Models and Applications of Smart Cities, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: N. Necla Uluğtekin, İstanbul

Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye),  
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>.

Cohen, B. (2012). What Exactly is a Smart City? EriŖim adresi:  
<http://www.fastcoexist.com/1680538/what-exactly-is-asmart-city>.

DeBoer, M. (2015). Understanding the heat map. *Cartographic perspectives*, (80), 39-43.

Dong, E., Du, H. ve Gardner, L. (2020). An Interactive Web-Based Dashboard To Track COVID-19 In Real Time. *The Lancet infectious diseases*, 20 (5), 533-534.

Field, K. (2020a). Mapping Coronavirus, Responsibly. Retrieved from  
<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/mapping/mapping-coronavirus-responsibly/>.

Field, K. (2020b). From coronavirus to bushfires misleading maps distorting reality,  
<https://firstdraftnews.org/latest/from-coronavirus-to-bushfires-misleading-maps-are-distortingreality/>.

GüneydaŖ, M. ve Güney, C. (2019). Mekansal Veri Altyapılarında Paradigma DeęiŖimi: Açık Veri Ekosisteminde Mekansal Bağlantılı Veri Altyapıları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 369-389.

GüneydaŖ M., Güney C., BektaŖ Balçık F. ve Atalay H. (2021). Kentlerin “Akıllı” DönüŖümü: Açık Veri – Açık Kent, Yönetim AraŖtırmaları Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, YONAR/MU’21, 93-95, İstanbul Gedik Üniversitesi 2021-08, ISBN: 978-605-85572-4-6.

Harrower, M. ve Brewer C. (2003). ColourBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. *Cartographic Journal*, 40 (1): 27-37.

Kraak, M.-J. ve Ormeling, F. (2011). *Cartography: Visualization of Spatial Data*. Guilford Press. Harlow: Pearson Education Limited, 3rd ed., 2010, 198 p. ISBN 978-0-273-72279-3.

Kraak M. J., Roth R. E., Ricker B., Kagawa A. ve Sourd G. L. (2020). *Mapping for a Sustainable World*, The United Nations: New York, NY (USA).

Lau, B. P. L., Marakkalage, S. H., Zhou, Y., Hassan, N. U., Yuen, C., Zhang, M. ve Tan, U.-X. (2019). A Survey of Data Fusion in Smart City Applications. *Information Fusion*, 52, 357-374. Doi:10.1016/j.inffus.2019.05.004.

Mooney, P. ve Juhász, L. (2020). Mapping COVID-19: How Web-Based Maps Contribute to the Infodemic. *Dialogues in Human Geography*, 10 (2), 265-270.

Ormeling, F. (2014). Cartography as Intentional Distortion. *Thematic Cartography for the Society. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography.* (Eds.) T. Bandrova, M. Konency, S. Zlatanova. Springer.

Robinson, A. C. (2018). Elements of Viral Cartography, *Cartography and Geographic Information Science*, 46(4), 293-310.

Roth, R. E., Kelly, M., Underwood, N., Lally, N., Liua, X., Vincentc, K. ve Sack, C. (2020). Interactive and Multiscale Thematic Maps: Preliminary Results from an Empirical Study.

Taylor, K. (2020). Mapbox- 7 best practices for mapping a pandemic <https://blog.mapbox.com/7-best-practices-for-mapping-a-pandemic-9f203576a132>.

Uluğtekin, N., Bildirici, İ.Ö. ve Doğru, A.Ö. (2003). Web Haritalarının Tasarımı. 9.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s:347-359, 2003, Ankara.

Uluğtekin, N., Doğru, A.Ö. ve Alkoy, S. (2007). Hekim ve Harita Mühendislerinin Ortak Paydası CBS: Epidemioloji Uygulaması. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2007, CD, Ankara.

Uluğtekin, N.N, Başaraner, M., Doğru, A.Ö. ve Güney, C. (2011). Coğrafi Bilgi Bilimi ve Kartografya: Uluslararası ve Disiplinlerarası Ortak Araştırma Konuları, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 31 Ekim - 4 Kasım 2011, Antalya, Türkiye.

Uluğtekin, N. N., Doğru, A. Ö. ve Bildirici, İ. Ö. (2013). CBS Haritalarının Tasarımı, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13 Kasım 2013, Ankara.

Wei, X., Wang, M. ve Kraak, M. J. (2020). Where We Are in Fighting Against COVID-19. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 52(8), 1483-1486.

WHO. (2020). Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report-13. Erişim Adresi: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200202-sitrep-13-ncov-v3.pdf?sfvrsn=195f4010\\_6](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200202-sitrep-13-ncov-v3.pdf?sfvrsn=195f4010_6).

WHO. (2021). Coronavirus (COVID-19) Dashboard, Erişim adresi: <https://COVID19.who.int/>.

URL-1. (2021). University of Virginia COVID-19 Surveillance Dashboard.  
EriŖim adresi: <https://nssac.bii.virginia.edu/COVID-19/dashboard/>.

URL-2. (2020). EriŖim Adresi: <https://www.gim-international.com/content/article/emerging-web-and-game-engine-tech-for-3d-cities>.



# **Akıllı Ŗehir Planlamaları ile Sürdürülebilir Turizm İmkanlarının İncelenmesi**

**Alp Deveboynu**

*Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye*  
**(0000-0001-5391-3434)**

**Ebru Bilici**

*Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye*  
**(0000-0003-0532-0890)**

**Nazlı Eser**

*Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye*  
**(0000-0002-4243-9463)**

## GİRİŖ

Turizm faaliyetlerinin hızlı geliŖimi ile doğal ve kültürel yapıların artan talep ve plansız kullanımı nedeniyle sürdürülebilirlikleri tehlike altına girmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı, doğal ve kültürel kaynakların ya da herhangi bir ekosistemin bozulmadan, aşırı ve dengesiz kullanım ile tüketilmeden korunması, sürdürülebilirlik yetkinliği olarak ifade edilmektedir (Sezgin ve Karaman, 2008). Sürdürülebilirlik aynı zamanda turizme kaynak teşkil eden doğayı, kültürü, tarihi, sosyal ve estetik değerleri hem koruyup hem de cazip bir hale getirerek devamlılığının sağlanmasını belirtmektedir (Kuter ve Ünal, 2009).

Sürdürülebilir formlardaki değişim kitle turizminde de farklılaşmaya gidilmesini sağlamıştır. Kitlese turizm faaliyetlerine katılan turistler, doğal ve kültürel kaynakları dengesiz ve plansız kullanmaları sonucunda çevre üzerinde çeşitli tahribatlara neden olmuştur. Günümüzde de alternatif turizm, kitle turizminden kaçış olarak görüldüğü için ön plana çıkmıştır. Bu anlamda son yıllarda özellikle geliŖme gösteren sürdürülebilir turizm de bu turizm türlerinden bir tanesi olmuştur (Pelitvd., 2015; Bakır ve Çelik, 2020).

Farklı tanımları olmakla birlikte sürdürülebilir turizm, *“bireylerin etkileşim içerisinde bulunduğu çevrenin korunarak, kültürel, ekonomik ve biyolojik çeşitliliğin idame ettirildiği ve aynı zamanda o bölgeye gelen turistlerin ekonomik ve sosyal ihtiyaçları ile gelecek nesillerin de aynı ihtiyaçları karşılayabilmesini hedefleyen yönetim şekli”* olarak ifade edilmektedir (Dinçer, 1996 akt. Akıncı ve Kasalak, 2016).

Ayrıca turizm faaliyetlerinin sürdürülebilir olabilmesi için belirli niteliklere sahip olması gerekmektedir (Çavuş ve Tanrısevdi, 2000; Ŗen, 2010; Kaya, 2011; Akıncı ve Kasalak 2016). Bunlar;

- Turizm faaliyetleri fiziksel çevrenin ve rekreasyon faaliyetlerin korunmasına yardımcı olmak,
- Günümüzde fiziksel çevre üzerinde kullanılan doğal ve kültürel kaynakların gelecek kuşaklar için korunmasını sağlamak,
- Aşırı tüketim ve israfı önlemek,
- Turizm geliŖimi, yerel ekonomileri güçlendirmek ve yöre halkının karar mekanizmalarına katılımlarını sağlamak,

- Turistlerin ve yerel halkın çevreye karşı daha duyarlı olabilmeleri için çeşitli çalışmalar yapmak,
- Biyolojik çeşitliliği, doğal ve kültürel mirası korumayı ilke edinen turizmin gelişmesinde temel yapı taşı oluşturarak çevresel etmenlerin minimum kullanımını sağlamak,
- Belirlenen taşıma kapasitesini geçmeyen turizm gelişimi oluşturmak, olarak ifade edilebilir.

Tüm bu bilgiler ışığında, bir ülkenin doğal ve kültürel kaynakları o ülkenin potansiyel turizmini meydana getiren önemli bir kriterini oluşturmaktadır. Yaşamsal nitelikte olan bu ilişkilerin, turizm sektörü açısından var olabilmesi için her türlü çevresel değerlerin korunması gerekmektedir (Gündüz, 1999). Çevresel değerlerin korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması açısından sürdürülebilir turizm faaliyetleri dünyada ve Türkiye’de hızla gelişme göstermektedir. Çalışmada; akıllı şehirler ve akıllı turizm kavramları kapsamında sürdürülebilir turizm imkanları incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle sürdürülebilir turizm kavramı ve turizmin çevresel etkileri üzerine literatür taraması yapılmıştır. <sup>1</sup>

## LİTERATÜR TARAMASI

Sürdürülebilir turizmin doğru değerlendirilmesi amacıyla ve doğal kaynakların sınırlı olması, tükenebileceği riski ile karşı karşıya kalması nedeniyle özellikle bu kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilen turizm faaliyetlerinin çevre üzerinde meydana getirdiği olumlu ve olumsuz etkilere ilişkin literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Turizmin çevre üzerindeki etkileri, destinasyonlarda gerçekleştirilen turizm faaliyetlerine ve ekosistemin niteliklerine göre olumlu veya olumsuz olarak iki basamakta değerlendirilmektedir (Gündüz, 1999). Turizm faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ülke, bölge veya yörede turizm faaliyetlerinin, doğru bir şekilde planlanması ve organize edilmesi, çevrenin korunması ve gelişmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Turizmin fiziksel çevre üzerindeki olumlu katkıları; “*doğal alanların korunması, çevre kalitesinin geliştirilmesi, çevre bilincinin oluşması ve*

---

<sup>1</sup> Bu çalışma devam etmekte olan “Akıllı Şehirler Kapsamında Ekoturizm Destinasyon Planlama İmkanlarının Araştırılması” adlı yüksek lisans tezinin bir bölümünden oluşturulmuştur.

*duyarlılığın artması, altyapı olanaklarının iyileŖtirilmesi, arkeolojik ve mimari değerlerin korunması” Ŗeklinde ifade edilmektedir. (Pınar, 1993; KuŖlvan, 1999; Ŗen, 2010; KarakaŖ ve Gungör, 2015).*

Öte yandan turizm faaliyetleri iyi planlanmadığı ve organize edilmediği takdirde, turistik faaliyetlerin fiziksel çevre üzerinde olumsuz etkilerini de beraberinde getirmektedir. Ayrıca çevre kaynaklarının belirli bir taşıma kapasitesinin turizm hareketleri çerçevesinde aŖılması durumu, çevresel etmenlerin tahribatına hatta yok olmasına sebep olabilmektedir.

Turizmin çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla çeŖitli modeller geliŖtirilmiŖtir. Gündüz (1999) tarafından turizmin çevre üzerindeki etkilerini belirlemek için matris yöntemi kullanılmıŖ ve Manavgat ilçesinde, turizmin en fazla toplumsal değerler ve kültürel yapılar zarar verdiği, biyolojik canlıların yok olmasıyla birlikte doğal çevrenin görümünün bozulması üzerinde önemli ölçüde etkilendiği sonucuna varmıŖtır. Çalışmada çevreye duyarlı sürdürülebilir turizm modeli oluŖturulmuŖtur.

Çavuş ve Tanrısevdi (2000) turizmin sadece ekonomik boyutu ile ele alınmasının küresel ölçekte tehdit oluŖturduđu gerçeğini dikkate alarak gerçekteŖtirilen araŖtırmalarında, turizmin, kaynakları yok etmeksizin bugünkü kuŖakları kısıtlamadan, gelecek kuŖakların da ihtiyaçlarını karŖılması amacıyla sürdürülebilir turizm yaklaŖım modeli oluŖturmuŖlardır.

Bahar (2003) kitlesel turizm faaliyetlerinin, Bodrum’da mevsimsel olarak yaŖanan kalabalığa bağlı olarak, çöp miktarlarındaki artış ve bu artışı engellemede yaŖanan sorunları, tarla alanlarının azalması ile birlikte deniz suyunun insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek düzeyde kirlendiğini tespit etmiŖtir.

Dal (2008)’ın araŖtırmasında turizmin çevresel etkilerini inceleyerek yerel halkın tutumları ile ilgili literatür taraması gerçekteŖtirilmiŖ ve Aydın ilinin KuŖadası ilçesinde 125 kiŖiye ulaŖılarak anket tekniği uygulanmıŖtır. AraŖtırma bulguları doğrultusunda, turistik destinasyonlarda gerçekteŖtirilen faaliyetlerin, yanlış arazi kullanımına sebep olduğu belirlenmiŖ ve yerel halkın turizmin geliŖiminde olumsuz davranıŖlar gerçekteŖtirdiđi kanısına varılmıŖtır.

Bertan (2009) gerçekleştirdiği araştırmasında termal turistik destinasyon olarak nitelendirilen Pamukkale’de turizmin çevre üzerindeki etkilerini belirleyerek, yöredeki insanların turizm etkinliklerinin çevre üzerindeki etkileri ile birlikte genel tutum ve davranışlarını belirtmiş ve turizmde gelişme ve ilerlemelerin desteklenmesi arasındaki etkileşimi incelemiştir. Araştırma bulguları doğrultusunda, Pamukkale destinasyonunda turizmin çevre üzerinde yarattığı olumlu ve olumsuz etmenlerin turizm gelişmeleri ile ilişkisi olduğu saptanmıştır.

Şen (2010) araştırmasında kitlesel turizm faaliyetlerinin doğru planlanmadığı doğal ve kültürel kaynaklar üzerinde oluşabilecek olumsuz etkilerine karşı ekoturizm faaliyetlerini çözüm olarak belirtmektedir. Ayrıca ekoturizm faaliyetlerinin doğru ve planlı bir şekilde yürütülmediği takdirde kitlesel turizm faaliyetlerinden daha büyük bir tahribata neden olabileceğini savunmaktadır.

Zhong vd. (2011) Çin’de turizm faaliyetlerinin gelişmesiyle doğal ve kültürel çevre üzerinde birtakım olumsuz etkileri olduğunu belirterek, turizmin çevre üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu araştırmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda araştırmacılar turizm faaliyetlerinin doğal çevre üzerinde çeşitli tahribatlara neden olduğunu ifade etmekle birlikte, sürdürülebilir turizm gelişiminin çevreyi olumlu yönde etkileyeceğini de belirtmektedirler.

Kazma (2017) Türkiye’deki Yavaş Şehir statüsünde olan Seferihisar’da sürdürülebilir kentsel projeler bağlamında etkinlik potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yöntemi ile katkılarının ortaya çıkarılmasını amaçlamıştır. Çalışmada çevre çalışmaları dahilinde “*Alternatif Enerji Kaynaklı Tramvay Projesi’ne ve Güneş Enerjili Bisiklet Projesi’ne*” yer verilmiştir. Ek olarak biyolojik çeşitliliğin korunması, görsel kirlilik, atık su arıtma tesisi, kentsel atık, elektrik enerjisi tüketimi gibi parametrelerle çevre politikalarının değerlendirilmesi Seferihisar özelinde belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, çevre bileşenlerinin denetiminin ve kontrolünün sağlanmasıyla ileride doğabilecek zararların en aza indirilebileceği belirtilmiştir.

Özenen Kavlak, Pekkan ve Çabuk (2018) Eskişehir kent merkezine yakın olası jeotermal tesisine yönelik uygun alanın seçimini, CBS

yöntemiyle belirlemeye çalıŖmıŖlardır. ÇalıŖmada her ne kadar jeotermal bölge termal turizm kapsamında düşünölmüŖ olsa da jeotermal sahalar için uygun alanların EskiŖehir için kalabalığın yoğun olduğu yerlere denk geldiği ifade edilmiŖtir. Ayrıca çevreye verilecek zararın asgari düzeye indirilebilmesi için jeotermal enerji yerine sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarının kullanımının artırılması önerilmektedir

Yanık (2019) çalıŖmasında Sakarya iline bağlı Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan ilçelerinde açık rekreasyon alanlarının yaŖanabilir Ŗehir çerçevesinde CBS yöntemi ile yeŖil alan analizini yapmıŖtır. Öyle ki rekreasyonel etkinlikler doğal çevre üzerinde birtakım olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu duruma sahil kumlarının aşınıp erozyona sebep olması, ateŖ yakmak, atıklar, avcılık, hava kirliliği vb. etkenler örnek olarak verilebilir. ÇalıŖma betonlaŖmanın artması, doğal yaŖam alanlarının olmaması, güvensizlik sorunu, ŖehirleŖme ve nüfus artışı, hava kalitesi tehdidi gibi birtakım sonuçlar göstermiŖtir. Zira elde edilen sonuçlar rekreasyon alanlarını yetersiz kılabileceği gibi olumsuz da etkileyebilecektir. Dolayısıyla yaŖanabilir Ŗehirlerin sürdürülebilir bir Ŗekilde planlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Giresun ili (Kümbet, BektaŖ ve Çıkırıkkapı) yaylalarındaki arazi kullanımında meydana gelen artışı 1970-2018 yılları arasında yaylalara ait hava fotoğrafları ve haritalar CBS ile analiz edilmiŖtir. ÇalıŖma sonucunda yaylaların merkezi kullanım alanlarında büyük artışların olduğu, yayla evlerinin betonarme ve çok katlı hale dönüŖtüęü belirlenmiŖtir (BaŖer, 2019).

IŖkın ve Ŗengel (2020) turizm faaliyetlerinin belirlenen taşıma kapasitelerini aşması sonucu turistik destinasyon üzerindeki etkilerini incelemiŖtir. Elde edilen bulgular, ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyutta deęerlendirilmiŖtir. Bu doğrultuda, araŖtırma kapsamı içerisinde ele alınan çevresel boyutlar incelendiğinde; iŖletmeler veya müŖteriler tarafından dereye atılan atıklar, ATV safari turlar için yapılan yolların çevreyi tahrip etmesi ve hayvanların doğal dengesini bozması, bu araçlardan çıkan egzoz gazlarının çevreyi ve havayı kirlletmesi gibi tahribatlar tespit edilmiŖtir. Bu olumsuz etkileri en az seviyeye indirebilmek amacıyla düzenlenen destinasyonun taşıma kapasitelerini aşmaması gerektiği belirtilerek çevrenin

sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla destinasyon planlama modelinin oluşturulması önerilmiştir.

Turizm etkinliklerinin düzenlendiği bazı destinasyonlar üzerindeki başlıca olumlu ve olumsuz etkiler, incelenen literatür taramasında detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Önemli geri dönüşü olmayan doğal etkilerinin yanı sıra yerel halkın bilinçlenmesi aracılığıyla koruma prensibiyle planlamanın da olabileceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

## **AKILLI ŞEHİRLERDE TURİZM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TURİZM**

Turizm planlamaları sırasında özellikle doğal kaynaklar üzerindeki olumsuz etkiye destinasyon planlama aşamalarında dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla planlama çalışmalarının çok boyutlu olarak değerlendirilme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İlerleyen teknoloji ile birlikte akıllı şehir ve akıllı turizm kavramlarının bu ihtiyacı karşılayabilme amacıyla imkân sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda oluşan tahribatları kontrol altına alabilmek ve sürdürülebilirliğini sağlamak için hizmet edilen toplumun gelişimi ile birlikte yaşam kalitelerini yükseltmek amacıyla kullanılan akıllı şehir kavramı ve unsurları incelenmiştir. Ayrıca akıllı şehirlerde ve akıllı turizmde oluşturulan planlama ve alt yapıların sürdürülebilir turizmde getireceği katkısı irdelenmiştir.

### ***Akıllı Şehir ve Akıllı Turizm Kavramları***

Akıllı şehirler, şehirlerin kaynaklarını verimli kullanmaları ve şehirde yaşayan insanlara daha iyi hizmet sunarak yaşam kalitelerini arttırmaya olanak tanıyan bir modernleşme çabası olarak ifade edilmektedir (Elvan, 2017; Ciciirelli, vd., 2017).

Ayrıca bir şehrin akıllı şehir olarak ifade edilebilmesi için akıllı tasarım fikri çerçevesinde, sürdürülebilirliği esas alan aynı zamanda da bilgi ve iletişim teknolojileriyle uyumlu bir şekilde temel bileşenlerin en az birine sahip olması gerekmektedir (Örselli ve Dinçer, 2019). Buradan hareketle akıllı bir şehir “akıllı insan, akıllı ulaşım, akıllı çevre, akıllı yönetim, akıllı ekonomi ve akıllı yaşam” olmak üzere altı temel bileşenden meydana gelmektedir (Giffinger vd., 2007). Elvan (2017), bu bileşenlerin birbirlerini destekleyen ve geliştiren ölçütler olduğundan dolayı akıllı şehirlerin oluşumunda, bir sistem dahilinde

oluŖturulan bütüncül yaklaşım ile uygulama sırasındaki etkinliği arttıracadıını ifade etmektedir.

İleri teknoloji kullanan bir Ŗehir olarak akıllı Ŗehir sürdürülebilir yeŖil bir Ŗehir, rekabetçi ve yenilikçi iŖ ortamları oluŖturmak ve yaŖam kalitesini arttırmak için yeni teknolojileri kullanarak vatandaŖları, bilgiyi ve Ŗehrin unsurlarını birbirine bağlayan bir Ŗehirdir (Schaffers vd. 2012). Daha sürdürülebilir kent tasarımlarının temeli olan eko-tek kent anlayıŖında, doğa öncelikli tasarım anlayıŖı ile ekolojik bilinci arttıran, yerel iklimi ve yeŖil alan strüktürünü de göz önüne alan teknoloji ile birlikte hareket edilmektedir. Çelikiyay (2013) tarafından ancak bu Ŗekilde Akıllı ve Sürdürülebilir Kent Kavramı birlikte geliŖtirilebileceđi belirtilmiŖtir.

Xsights (2016) tarafından yapılan çalıŖmada bir Ŗehrin akıllı Ŗehir olarak değerlendirilebilmesi için Ŗunlara sahip olması gerektiği belirtilmiŖtir;

- Yeterli miktarda su ve enerji,
- Etkili katı atık yönetim sistemi,
- Sürdürülebilir bir biliŖim ve haberleŖme alt yapısı,
- Etkin bir toplu taŖıma ve bu toplu taŖımaya ait mobil sistem,
- Çağa uygun e-belediye hizmetleri,
- BaŖarılı, planlı, programlı bir çevre yönetim sistemi,
- Çağa uygun kriz ve acil müdahale sistemi vb. gibi parametreleri bünyesinde barındırması.

Sürdürülebilirlik bilincinin devreye girmesi bunun yanında Kompakt Ŗehir, YeŖil Ŗehirler, Eko-Ŗehirler ve Sürdürülebilir Ŗehirler'in ortaya konulması "Sürdürülebilir Akıllı Ŗehirler" düşüncesinin oluŖmasına yol açmıŖtır. Bu oluŖum; Ŗehirlerden "Akıllı Ŗehirlere", "Akıllı Ŗehirlerden" "Sürdürülebilir Akıllı Ŗehirlere" ve "Sürdürülebilir Akıllı Ŗehirlerden" ise "Çevresel Olarak Sürdürülebilir Akıllı Ŗehirler (ESSC)"e doğru evrilmiŖtir (Shruti vd., 2021).

Akıllı Ŗehir bileŖenlerinden biri olan akıllı ekonomi, "akıllı turizm" kavramını içerisinde barındırır. Bu kavram birçok sektörde olduğu gibi turizm sektörünü de yakından ilgilendiren teknolojinin, geliŖimi ile meydana gelmiŖtir (Yalçınkaya vd., 2018). Öyle ki akıllı turizm kavramını, BirleŖmiŖ Milletler Dünya Turizm Örgütü (UNWTO)



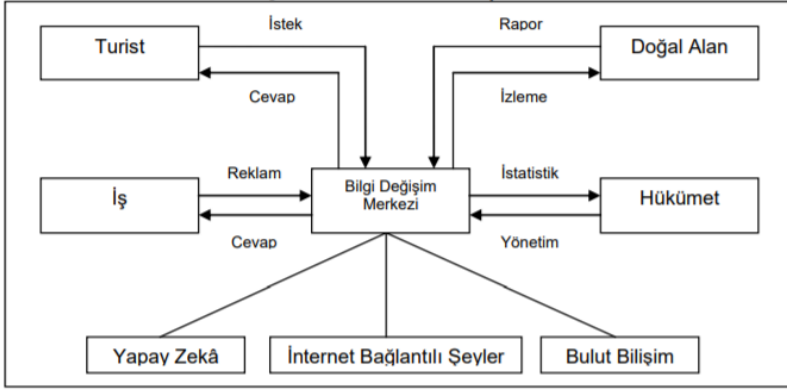
Genel Sekreter Yardımcısı Geoffrey Lipman, 2009 yılında Turizm Dayanıklılık Komitesi'nin ilk toplantısı sırasında tanıtmıştır. Lipman, akıllı turizmi hizmet zincirinin tüm evrelerinde “temiz, yeşil, etik ve kalite” olarak ifade etmiştir. Genel olarak ise turizme uygulanan teknolojilerin kullanımını ifade eden kavram olarak nitelendirmiştir (Racca, 2014).

Ayrıca Gretzel vd. (2015) akıllı turizmi; fiziksel altyapı, sosyal bağlantılar, hükümet/organizasyon kaynakları ve insan zihinlerinden elde edilen verilerin ilgili teknolojilerin kullanımı ile birlikte hem toplamak hem de kullanmak için bir destinasyona entegre etme çabası olarak ifade ederken; Wang vd. (2016) ise akıllı turizmi, yapay zekâ, bulut bilişim ve nesnelerin interneti (IoT) gibi bilgi işlem teknolojileri ile bütünleşen bir turizm platformu olarak tanımlamıştır.

Esasında akıllı turizmdeki temel amaç, turistin turizm deneyimini zenginleştirmek, destinasyon rekabetini artırmak aynı zamanda da tüketici memnuniyetini üst düzeye çıkararak onları sürdürülebilir dönüşüm süreci içerisine dahil etmektir (Buhalis ve Amaranggana, 2014).

Akıllı turizm, akıllı şehir konseptinin üzerine kurulduğu dört temel bilgi ve iletişim teknolojilerinden olan nesnelerin interneti (IoT), mobil iletişim, bulut bilişim ve yapay zekâ teknolojilerinden faydalanarak turizmin fiziksel, enformasyonel, sosyal ve ticari altyapısını birbirine bağlayan, turistlere/kullanıcılara ve turizm paydaşlarına turizm ürün ve hizmetleri hakkında gerekli bilgi ve erişimleri sağlayan bir turizm konseptidir (Guo vd., 2014).

Günümüzde akıllı turizm kapsamında birçok çalışma bulunmaktadır. Koo vd., 2017, turistik alan ve çekiciliklere yerleştirilen ses ve görüntü sunabilen akıllı bilgilendirme ve akıllı rehber sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri temelli reklam ve bilgilendirme sistemleri (Goy ve Magro, 2004) üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Çelik ve Topsakal (2017) tarafından akıllı turizm destinasyonları kapsamında, Antalya'nın turistler tarafından en çok tercih ettikleri destinasyonlar üzerinde uyguladıkları akıllı hizmetleri araştırılmış ve çeşitli uygulamaların hizmete sunulduğu tespit edilmiştir. Zhang vd.'ne (2012) göre akıllı turizm sistemi beş unsurdan oluşmaktadır (Şekil 1).



Kaynak: (Zhang vd., 2012).

Şekil 1. Akıllı turizm sistemi unsurları

Yalçınkaya, Atay ve Karakaş (2018) akıllı turizm kavramını ve turizm sektöründe uygulanan hizmetlere yönelik uygulamaları kavramsal olarak incelemiştir. Chung vd. (2021) akıllı turizm şehirlerinin, turizm aracılığıyla sürdürülebilmesi için bir rekabet gücü değerlendirme endeksi geliştirmiş ve bu endeksle kentsel şehirlerdeki akıllı turizm seviyesinin ve rekabet güçlerinin ölçülebileceği ortaya konulmuştur.

Romao ve Neuts (2017) Avrupa bölgelerindeki ülkelerin doğal ve kültürel kaynaklarını, inovasyon yeteneklerini ve akıllı uzmanlaşma ile ilgili unsurları inceleyerek akıllı uzmanlaşma ve sürdürülebilir gelişim konseptini ele almaktadır. Bu kapsamda doğal ve kültürel kaynakların nasıl yönetileceğini tespit etmek amacıyla sürdürülebilir turizm gelişimi ve akıllı uzmanlaşma için karbondioksit emisyonlarının büyük ölçüde önem taşıdığı ortaya çıkmıştır.

Shafiee vd (2019)'nin akıllı turizm destinasyonlarının çeşitli yönlerini keşfetmek ve sürdürülebilir akıllı turizm destinasyonlarının yapı taşlarını ortaya çıkarabilmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada 2000-2017 yılları arasında yayınlanan makalelerin sistematik bir şekilde incelemesi yapılmış ve bunun sonucunda sürdürülebilir akıllı turizm destinasyon modeli geliştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda akıllı turizm destinasyonlarının gelişimini etkileyen koşulların, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı, akıllı şehirlerin ortaya çıkışı, sosyal ağların gelişimi ve küresel değişimler olarak belirtmekte ve sürdürülebilir akıllı turizm destinasyonlarının gelişmesi için ise, ekonomik, sosyal, çevresel, teknolojik ve altyapı boyutlarını

dengeleyecek şekilde koşulların sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Wang vd. (2020) Çin’de akıllı turizm destinasyonu olarak bilinen Fujian Eyaleti ve Xiamen’deki Hu Li Shan Kalesi’nde, çevresel uyaranlar ile turist deneyimleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda çevresel uyaranların (fiziksel uyaranlar, içsel motivasyon ve tutum uyaranları) turistlerin deneyimleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmış ve turistlerin akıllı bir turizm destinasyonunda çevre (tesisler, ekipman ve doğal kaynaklar) tarafından uyarıldıktan sonra deneyimlerini olumlu yönde etkilediklerini gözlemlemiştir.

Shruti, Singh ve Ohri (2021) Hindistan’daki beş şehirde (Allahabad, Bhubaneswar, Delhi, Patna ve Varanasi) “Akıllı Şehir Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi’ni” (SCESI) hesaplamalar için kullanmışlardır. 24 çevresel gösterge belirleyerek 0-100 arası artan ölçekte şehrin çevresel sürdürülebilirliğini beş kategoride sınıflandırmışlardır. Çalışmada, Akıllı Şehirler Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi’nin (SCESI) uygulanmasının bilimsel açıdan yatırım ve iyileştirme alanlarını belirlemede etkili bir araç olarak kullanılabileceğini ön görmüşlerdir.

## SONUÇ

Çalışmada öncelikle sürdürülebilirlik, sürdürülebilir turizm kavramı incelenmiş ve turizmin çevresel zararlarına ilişkin literatür taramaları yapılmıştır. Yapılan araştırmalara göre özellikle çevresel tahribat, doğal çevrenin yok olması, su kalitesinde zararlar, turizm çalışmalarında kullanılmak üzere yapılan bazı yolların çevreyi tahrip etmesi ve hayvanların doğal dengesini bozması, egzoz gazlarının çevreyi ve havanın kalitesini etkilemesi gibi birçok zarar ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Çok az sayıda çalışma da olsa turizm çalışmalarında yerel halkın bilinçlendirilmesi ile koruma odaklı faaliyetlerin de olduğu gözlemlenmiştir.

Günümüzde teknolojik gelişmelerin artması ile birlikte akıllı şehir planlamaları hız kazanmaktadır. Yapılan araştırmalarda akıllı şehir kavramının “akıllı insan, akıllı ulaşım, akıllı çevre, akıllı yönetim, akıllı ekonomi ve akıllı yaşam” olmak üzere 6 temel bileşenden

meydana geldiği belirtilmiŖtir. Kaynakların sürdürülebilirlik amaçlı kullanımı için ortaya çıkarılan akıllı Ŗehir planlamalarının sürdürülebilir çevre yönetiminde önemli etkileri olabileceği düşünölmektedir.

Teknolojik geliŖmeler ve artan nüfusa bağlı olarak hızla artan turistik aktivite talebi turizm çalıŖmalarında da akıllı turizm kavramının ihtiyacını ortaya çıkarmıŖtır. Akıllı turizm kapsamında turistik alan ve çekiciliklere yerleŖtirilen ses ve görüntü sunabilen akıllı bilgilendirme, turistlerin taleplerine bağlı destinasyon noktası öneren birçok farklı bilgi sistemi tabanlı uygulamalar geliŖtirilmiŖtir.

Akıllı Ŗehirlerde kullanılan bilgi sistemlerinden biri olan coğrafi bilgi sistemleri çevresel etkilerin incelenmesinde de kullanılmaktadır. Bu amaçla birçok çalıŖma bulunmaktadır. Akıllı Ŗehir ve akıllı turizm kavramlarının temel unsuru olan akıllı çevre unsurunu doğru değerlendirmek amacıyla coğrafi bilgi sistemlerinin bu özelliklerinden faydalanma imkânı bulunmaktadır. Bu imkanlar aracılığıyla literatürde tespit edilen turizm faaliyetleri sonucu oluŖan birçok sorunun doğru planlama ile azaltılabileceği ve yok edilebileceği düşünölmektedir. Özellikle doğa kaynaklı turizm destinasyonlarının sürdürülebilir turizm amacıyla çevresel zarar faktörlerinin incelenmesi ve bilgi sistemlerine aktarılması gereklidir. Böylelikle uygun modellemeler aracılığıyla akıllı turizm uygulamalarında destinasyon öneri basamaklarında çevresel zararı aza indirgeyecek planlama imkanlarını ortaya çıkaracaktır.

Akıllı Ŗehirlerde turizmin sürdürülebilirlik prensiplerine göre planlamalarının yapılması hem akıllı Ŗehirler kavramının tam olarak uygulanabilmesi hem de akıllı turizm kavramının uygulanması açısından önem taŖımaktadır. Akıllı Ŗehirlerde insanların bilgiye ulaŖabilme imkanlarının kolaylıkla sağlanması sürdürülebilirliğe olumlu etki edebilmektedir. İlerleyen zamanlarda yapılan çalıŖmalarda özellikle akıllı Ŗehirde yaŖayan insanların veriye ulaŖabilme koŖullarının artırılmasına yönelik araŖtırmalar planlanmalıdır. Bir diğer konu da akıllı çevre basamağının her sektör için olmak üzere turizm sektörü için de doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Turizm alanının çevresel potansiyeli ve potansiyelin taŖıma kapasitesinin hesaplanmasında veriler akıllı Ŗehir altyapısından elde edilebilir. Böylelikle metin içinde de belirtilen çevre zararlarını azaltmanın yanı

sıra önleyebilme imkânı da ortaya çıkabilecektir. Bilgi sistemlerindeki bilgilere (turist özellikleri, alan özellikleri, kullanım potansiyeli, çevreye zarar verme potansiyeli vb.) bağlı planlama yapma imkânı sağlayan modellerin geliştirilmesi sürdürülebilir turizmi mümkün kılacaktır.

## KAYNAKÇA

Akıncı, Z. ve Kasalak, M. A. (2016). Sürdürülebilir Turizm Yönetimi Açısından Özel İlgi Turizminin Yeri ve Önemi. *Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 161-182.

Bahar, O. (2003). Kitle Turizminin Çevre Üzerindeki Olası Etkileri: Bodrum Örneği. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 14 (2), 150-158.

Bakır, Z. ve Çelik, H. (2020). Kitle ve Kültür Turizmi Bağlamında JollyTur ve EtsTur Seyahat Acentelerine Ait İnternet Reklamlarının İçerik Analizi. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (33), 318-337.

Başer, V. (2019). Yaylalardaki Arazi Kullanım Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Analizi: Giresun Örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 167-175. DOI: 10.17798/bitlisfen.44626.4

Bertan, S. (2009). Turizmin Çevre Üzerinde Yarattığı Etkiler: Pamukkale Örneği. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 20 (2), 204-214.

Buhalis, D. ve Amaranggana, A. (2014). Smart tourism destinations. *Information and Communication Technologies in Tourism*, 553-564.

Chung, N., Lee, H., Ham, J. ve Koo, C. (2021). Smart Tourism Cities' Competitiveness Index: A Conceptual Model. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2021*, 433-438.

Cicirelli, F., Guerrieri, A. Spezzano, G. ve Vinci, A. (2017). An Edge- Based Platform for Dynamic Smart City Applications. *Future Generation Computer Systems*, 76 (2017), 106-118.

Çavuş, Ş. ve Tanrısevdi, A. (2000). Sürdürülebilir ve Yerel Ölçekli Bir Sürdürülebilir Turizm Geliştirme Modeli Önerisi. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 149-159.

Çelik, P. ve Topsakal, Y. (2017). Akıllı Turizm Destinasyonları: Antalya Destinasyonunun Akıllı Turizm Uygulamalarının İncelenmesi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 14(3), 149-166.

Çelikyay, H. H., 2013, Teknoloji Girdabından Akıllı Ŗehre DönüŖüm: İstanbul Örneği, In Bursa: 2nd Turkey Graduate Studies Congress Proceedings Book, 1315-1328.

Dal, N. (2008). KuŖadası'nda Kıyı Kullanımı ve Turizmin Çevresel Etkileri Üzerine Yerel Halkın Tutumları, YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

Dinçer, İ. (1996). "Sürdürülebilir Turizmin Hayata Geçirilmesi İçin Aktive Olması Gereken Dinamikler ve İşlevleri- Model Çalışması", Sürdürülebilir Turizm; Turizm Planlamasına Ekolojik Yaklaşım, 19. Dünya Ŗehirçilik Günü Kolokiyumu, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.

Elvan, L. (2017). Akıllı Ŗehirler: Lüks Değil İhtiyaç. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 77, 7-8.

Giffinger, R., Kalasek, R., Fertner, C. ve Milanovic, N. P. (2007). Final Report: Smart Cities Ranking of European Medium-Sized Cities. Vienna, Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology.

Goy, A., ve Magro, D. (2004, August). Star: a smart tourist agenda recommender. In Configuration Workshop at ECAI (p. 8).

Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z. ve Koo, C. (2015). Smart Tourism: Foundations and Developments. *Electronic Markets*, 25(3), 179- 188.

Guo, Y., Liu, H., ve Chai, Y. (2014). The embedding convergence of smart cities and tourism internet of things in China: An advance perspective. *Advances in Hospitality and Tourism Research*, 2(1), 54–69.

Gündüz, F. (1999). Turizmin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Çevreye Duyarlı Sürdürülebilir Turizm Modeli, YayınlanmamıŖ Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

IŖkın, M. ve Ŗengel, Ü. (2020). Modern Turizmin Önemli Sorunları: Sürdürülebilirlik ve TaŖıma Kapasitesi. *Safran Kültür ve Turizm AraŖtırmaları Dergisi*, 3(3), 424-436.

KarakaŖ, A. ve Güngör, H. Y. (2015). Turizm Faaliyetlerin Çevreye Etkisi. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çevre Sorunları Sempozyumu, 24-25.

Kaya, E. (2011). Sürdürülebilir Turizm Kapsamında Cunda (ALİBEY) Adası Turizm Yönetim Planı Modeli Önerisi. (YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Kazma, Ç.Ş. (2017). Seferihisar İçin Yavaş Şehir Yaklaşımının CBS Ortamında Değerlendirilmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Koo, C., Ricci, F., Cobanoglu, C. ve Okumus, F. (2017). Special issue on smart, connected hospitality and tourism. *Information Systems Frontiers*, 19 (4), 699-703.
- Kuşluyan, S. (2000). Turizm Gelişiminin Çevre Üzerindeki Olumlu ve Olumsuz Etkileri ve Olumsuz Etkilerin Yönetimi. (2000): 80-104.
- Kuter, N. ve Ünal, H. (2009). Sürdürülebilirlik Kapsamında Ekoturizmin Çevresel, Ekonomik ve Sosyo-Kültürel Etkileri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 9 (2), 146-156.
- Örselli, E. ve Dinçer, S. (2019). Akıllı Kentleri Anlamak: Konya ve Barcelona Üzerinden Bir Değerlendirme. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 90-110.
- Özenen Kavlak M., Pekkan, E. Ve Çabuk, S.N. (2018). Jeotermal Kaynakların ve Tesislerin CBS Yöntemleri Kullanılarak İrdelenmesi: Eskişehir Örneği. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2018), 18-21 Eylül, Eskişehir.
- Pelit, E., Baytok, A. ve Soybalı, H.H. (2015). Sürdürülebilir Turizm Mi? Turizmde Sürdürülebilirlik Mi? Kavramsal Bir Tartışma. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, (14), 39-58.
- Pınar, İ. (1993). Turizmin Doğal Çevreye Etkileri ve Çevrenin Korunması. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 15-17.
- Racca, R. A. (2014). The Role of Tourism in Planning the Smart City. Tema. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 7(3), 269-283
- Romao, J. ve Neuts, B. (2017). Territorial Capital, Smart Tourism Specialization and Sustainable Regional Development: Experiences From Europe. *Habitat International*, 68, 64-74.
- Sezgin, M. ve Karaman, A. (2008). Turistik Destinasyon Çerçevesinde Sürdürülebilir Turizm Yönetimi ve Pazarlaması. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (19), 429-437.
- Schaffers, H., Komninos, N., Tsarchopoulos, P., Pallot, M., Trousse, B., Posio, E., Fernandez, F., Hielkema, H., Hongisto, P. ve Almiral, E. (2012), Landscape and Roadmap of Future Internet and Smart Cities, Technical Report, 222, <https://hal.inria.fr/hal-00769715/document>

Shafiee, S. Ghatari, A. Hasanzadeh, A. ve Jahanyan, S. (2019). Developing a Model for Sustainable Smart Tourism Destinations: A systematic Review. *Tourism Management Perspective*, 31, 287-300.

Shruti, S., Singh, P.K. ve Ohri, A. (2021). Evaluating the Environmental Sustainability of Smart Cities in India: The Design and Application of the Indian Smart City Environmental Sustainability Index. *Sustainability*. 13(1), 327.

Ŗen, S.D. (2010). Turizmin Çevresel Etkileri ve Bir Çözüm Olarak Ekoturizm, YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Wang, X., Li, X.V., Zhen, F. ve Zhang, J. (2016). How Smart is Your Tourist Attraction? Measuring Tourist Preferences of Smart Tourism Attractions Via a FCEM- AHP and IPA Approach. *Tourism Management*, (54), 309-320.

Wang, J., Xie, C., Huan, Q. ve Morrison, A. (2020). Smart Tourism Destination Experiences: The Mediating Impact of Arosual Levels. *Tourism Management Perspectives*, 35,100707

Xsights.(2016). Akıllı Ŗehir Çözümleri <https://www.xsights.co.uk/tr/xsightsakillisehircozumleri5668/>. (EriŖim Tarihi: 25 Mayıs 2019).

Yalçınkaya, P., Atay, L. ve KarakaŖ, E. (2018). Akıllı Turizm Uygulamaları. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 2(2), 34-52.

Yanık, G. (2019). YaŖanabilir Ŗehir kapsamında açık rekreasyon alanlarının CBS ile analizi: Adapazarı örneği. (YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; Sakarya.

Zhang, L., Li, N. ve Liu, M. (2012). On the basic concept of smarter tourism and its theoretical system. *Tourism Tribune*,7(5), 66-73.

Zhong, L. Deng, J. Song, Z. ve Ding, P. (2011). Research on Environmental Impacts of Tourism in China: Progress and Prospect. *Journal of Environmental Management*, 92(11), 2972-2983.



# **Afet Sonrası Barınma Sürecinde Konteynır Kent Gereksinimi**

**Elif Çelenk Kaya**

*Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, Türkiye*  
**(0000-0002-7811-7669)**

## GİRİŖ

BirleŖmiŖ Milletler tarafıyla da kabul görülen ve en genel tanım olarak, “insanlar için büyük oranda fiziksel etkiler bırakan, ekonomik, sosyal ve psikolojik olarak kayıplara neden olabilecek, normal yaŖamı durdurarak veya kesintiye uğratarak toplumları etkileyen ve yerel imkânlar ile baŖ edilemeyen her türlü doğal, teknolojik veya insan kaynaklı tüm olaylara” afet denilmektedir (Kadioğlu vd., 2008).

Ulusal ya da uluslararası yardım gerektiren, kiŖilerin yaralanmasına ve ölmesine neden olarak, toplumda yıkıcı hasarlar oluŖturan, yerel imkânların yetersiz kaldığı, önceden tahmin edilemeyen olaylar afet olarak adlandırılmaktadır (EM-DAT, 2020). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) ise afeti, tehlikeli olaylardan etkilenen, maruziyet, kırılganlık ve kapasite ile etkileŖime giren, bir ya da daha fazla topluluğun iŖleyiŖinin ciddi bir Ŗekilde bozulması, can kaybı, ekonomik ve çevresel kayıplara yol ačan olaylar olarak tanımlamıŖtır (www.unisdr.org, 2018).

Doğal, teknolojik veya insan kaynaklı bir olayın afet sonucunu doğurabilmesi veya ortaya çıkarabilmesi için, topluluklar ve yerleŖimler üzerinde kayıplar meydana gelmesi, yerel imkân ve kaynaklarla üstesinden gelineyerek insani faaliyetlerin bozulması, kesintiye uğramıŖ olması ya da bir yerleŖme birimini etkilemesi gerekmektedir (Yılmaz, 2012). Ülkemizde en sık görülen doğa kaynaklı afet türü, depremlerdir. Depremler, büyüklüğüne bağlı olarak yapıların hasara uğrayıp yıkılabildiği ve can kayıplarının görüldüğü en yıkıcı doğa olaylarından biridir. Ülkemiz, üzerinde bulunduğu jeolojik yapı nedeniyle deprem açasından, Dünya'nın “yüksek riskli” olarak nitelenebilecek bir coğrafyasında yer almaktadır. Türkiye dünyanın aktif deprem kuŖaklarından biri olan Alp -Himalaya deprem kuŖaęı üzerinde yer almakta, ülke yüz ölçümünün % 42'si birinci derece deprem kuŖaęı üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle; depremlerin özelliklerini etki ve sonuçlarını bilerek, gerekli önlemlerin alınması büyük önem taŖımaktadır. Depremler, sonrasında yarattığı sonuçlar nedeniyle insanların yaŖamına büyük oranda olumsuz etkileri ile pek çok zarar vermektedir. Elbette depremin en büyük zararı can kayıplarının yaŖanmasıdır. Bunun yanı sıra birçok bina hafif, ağır hasarlı olmakta ya da tamamen barınılamayacak duruma gelip yıkılmakta, bu durum geçici göç durumlarını beraberinde

getirmektedir. Afetzedelerin barınma sorunları ve bundan dolayı doğabilecek sağlık problemleri, psikolojik olarak büyük ölçüde etkilenmeleri, gıda problemleri, öğrencilerin eğitimlerinin aksamaları gibi pek çok konu da maruz kalınan durumlar arasındadır. Afet/acil durum sonrasında insanların bir arada toplanabileceği güvenli alanlara yönlendirilmeleri ve barınma ihtiyaçlarının karşılanması en önemli konulardan birisidir. Geçici barınma, acil barınma sonrasında, kalıcı konutların yapımı bitim aşamasına kadar barınmaya ilişkin geçici çözümlerin olduğu bir dönemdir (Tüzün, 2002). Barınma ihtiyacı geçici olarak deprem sonrasında sağlanmalı ki vatandaşlar yaşamlarını devam ettirebilmek için her türlü ihtiyaç ve gereksinimlerini giderebilmelidirler. Bu geçici barınma alanlarının afet öncesi belirlenmesi ve planlanması, asgari standartların sağlanması, değişen ihtiyaçlara uygun biçimde tasarlanması, afetzedelerin insanca yaşamalarına katkı sağlayacaktır (Maral vd., 2015). Deprem sonrasında kullanılmak üzere birçok barınma çeşidi şu zamana kadar kullanılmıştır. Bu çalışmada afetler sonrası afetzedeler için barınma öneminden ve barınma çeşitlerinden biri olan konteyner kentin gereksiniminden bahsedilmektedir. Geçmişte de kullanılmış örnekler dikkate alındığında konteyner kentin her açıdan uygun olduğu ve afet sonrası barınma tercihlerinden biri olarak önerilebileceği bu çalışmada belirtilmiştir.

Afetler büyüklüğü ve etkisine göre normal yaşam koşullarını olumsuz etkileyerek, aksatarak zarar vermektedir. Songür, 2000 yılındaki çalışmasında, afet türlerine bakıldığında en tehlikeli olanın deprem olduğundan ve köklü sorunlar çıkararak büyük bir kriz durumu oluşturduğundan bahsetmiştir.

Deprem sonrası konutlar ağır hasarlar almakta ve kullanılamaz duruma gelerek afetzedeler için barınma sorunu ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizin deprem bölgesinde olduğunu ele aldığımız zaman afet yaşanmadan bu ihtiyacın giderilmesi risk yönetimi açısından da önemli olacaktır. Tüzün, 2002 yılındaki çalışmasında, afet sonrasında kısa zamanlı kullanılmak amaçlı barınakların aileleri dışarıdan gelebilecek zararlardan koruması ve mahremiyeti sağlaması gerektiğinden söz etmiş ve barınakların kültürel ekonomik ve sosyal olarak uyumlu olması gerektiğini dile getirmiştir. Ülkemizde genellikle deprem

sonrası çalışmalara odaklanıldığı deprem öncesi alınması gereken önlemlerin geri planda kaldığı görölmektedir.

Özdemir, 2004 yılında yaptığı çalışmasında afet sonrasında mağdur olanlara daha iyi imkân sağlamak hem de ikincil olabilecek tehlikelerden de korumak amaçlı geçici iskân yerlerinin önceden belirlenme ve planlanması gerektiğinden bahsetmiştir. adır tipi barınaklar, insani gereksinimlere cevap verememekte, sadece kısa süreliğine barınma ihtiyacını karşılayabilmektedir. Evsiz kalan afetzedeler kendilerine sağlanan bu tip barınaklarda, uzun zaman kullanımdan dolayı insani koşullardan tam olarak yararlanamamaktadırlar (Beyatlı, 2009).

Songür, 2000 yılında yaptığı çalışmasında, şiddetli gerçekleşen depremlerin insani sorunları beraberinde getireceği ve insanların mallarının büyük zarar görmesinin yanı sıra can kayıplarının da olması nedeniyle moral olarak kötü etkilendikleri, panik yaparak insanların normal çevre ve hayata dönemem düşüncelerinin olabileceğinden bahsetmiştir. Afet zedelerin bu gibi zor şartları ivedi bir şekilde atlatmaları iyi bir barınma yanında yaşam standartları ve psikolojik destek ile sağlanabilir.

Uygun barınma şartlarının sağlanması afet mağduriyeti yaşayanlar için bu felaket durumunu, temel gereksinimler ve psikolojik olarak atlatmalarında yardımcı olacaktır. Yine bu aşamada, geçici deprem konutlarına, geçici konut yapısı olarak değil, geçici kullanım olarak bakmak; işi bitince çöpe atılacağını veya terk edilmiş döküntüler olarak kalacaklarını değil, farklı kullanım alanları için biriktirilip tekrar kullanılacaklarını öngörmek gerekmektedir (Tüzün, 2002). Geçici barınakları belirleyen başlıca nitelikler, kullanılacak süre, konutun fiziksel niteliği ve performansı olarak ifade edilebilir (Tüzün, 2002). Bu noktada barınma gereksinimi olarak konteynırlar dayanıklılık, modülerlik özelliklerinden dolayı tercih edilmelidir. Konteynerler yağmur, kar, yangın gibi çeşitli dış etkenlere karşı yüksek performans göstermektedir. Örneğin adır tipi barınakların güvenlik, mahremiyet ve fonksiyonel açıısından eksikliklerini yerine getirebilir. Yine dayanıklı ve değişik ölçülerde yan yana veya üst üste de getirilerek üretilebilir. Böylelikle sadece deprem durumu için değil her türlü afet veya acil durumda kullanılabilecek hazır ve portatif bir yapı sağlanmış olacaktır.

## **AFET VE AFET KAVRAMLARI**

### ***Afet Tanımı***

Birçok kurum ve kuruluşun birlikte koordineli olarak çalışılmak üzere görev almasını gerektiren, maruz kalanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar meydana getiren, normal yaşamı ve insan aktivitelerini durdurarak veya kesintiye uğratarak etkilediği toplumun yerel imkânları ile üstesinden gelemediği doğal, teknolojik ve insan kökenli olayların sonucuna afet denilmektedir (Kadıoğlu vd., 2008). Afet bir sistemin müdahale ve yanıt kapasitesini aşan her türlü olay olarak da tanımlanabilir (Oktay, 2002). Afetler, toplum olgusunu bir araya getiren insan, mülk, çevresel, sosyal ve ekonomik kaynakların yok olmasına ya da zarar görmesine neden olan ve yerel imkânların yetersiz kaldığı olaylardır (Tzeng vd., 2016). Dünya üzerinde yaşayan her toplum farklı nedenlerle küçük ya da büyük ölçekli afetlere maruz kalmıştır (Fung vd., 2008).

### ***Acil Durum***

Büyük ama genellikle yerel imkânlar dâhilinde başa çıkılabilecek düzeyde hızlılık gerektiren tüm hallerdir (AFAD sözlük).

Toplumun tamamı veya belli kesimini normal yaşam ve faaliyetleri etkileyerek durdurarak veya kesintiye uğratarak acil müdahaleyi gerektiren olaylar ve bu olaylar dâhilinde oluşan kriz olarak bilinmektedir (Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri Yönetmeliği).

### ***Risk***

Bir tehlikenin algılanması ile tehlike kaynaklı oluşabilecek zarar görebilme potansiyellerinin tümü veya bölgenin hassasiyetine bağlı oluşacak tüm olumsuz durumlardır.

Bir tehlike temelli doğabilecek o bölgede yaşayanlarla birlikte, bölgenin tüm özellikleri, var olan etkinlikleri, özgün tesisleri, tabii ve kültürel tüm kaynakları üzerinde oluşabilecek tahminen olabilecek etkidir (Kadıoğlu vd., 2008). Riskin azaltılabilmesi için zarar görme eğiliminin azaltılması, riskin yok edilebilmesi için zarar görme eğiliminin yok edilmesi gerekir. Afete iyi hazırlanmış, donanımlı ve korunmuş (gelişmiş) toplumlarda zarar görme eğilimi dolayısıyla risk çok azdır (Afetlerde Sağlık Hizmetleri Yönetimi, 2001).

### ***Risk Yönetimi***

Afet olmadan önce tehlikelerin doğuracağı risk unsurlarını ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek amacı ile tüm kurum ve kuruluşlar ile risk analizleri yapılarak alınacak önlemlerin tümüdür. Risk analizi belirlenirken tehlike olgusu, zarar görme eğilimi, geçmişte olmuş afetin görülme sıklığı ve cevap verebilme kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir.

### ***Kriz***

Kriz, “önceden sezilemeyen veya tahmin edilemeyen beklenilmeden gerçekleşen, en hızlı sürede yanıt verilmesi gereken, örgütlerin önleme ve uyum mekanizmalarını etkisiz hale getirerek, mevcut değerlerini, amaçlarını, hedeflerini ve varsayımlarını tehdit edecek durumlardır” (Dinçer, 1998).

### ***Kriz Yönetimi***

Kriz yönetimi, afetin yaşandığı durumda oluşan sorunların belirlenerek en kısa surede en az zararlarla atlatılabilmesi için gerekli kararların hızla alınması ve uygulanması faaliyetlerini kapsar (Şahin, 2009).

Var olan mevcut imkânların kullanıldığı dışarıdan yardıma gerek duyulmadan halledilebilen belli bir kesimin etkilendiği tüm olaylar da diyebiliriz.

Afet ve acil durum arasındaki fark acil bir durumun mevcut imkânlar ile halledilebildiği, afetin ise dış yardıma gereksinim duyulması şeklinde ifade edilebilir.

### ***Afet Çeşitleri***

Afetler doğa, teknolojik ve insan kaynaklı olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

### ***Doğa Kaynaklı Afetler***

Doğa olaylarının gerçekleşmesinden kaynaklı oluşabilecek ve topluma sosyal, kültürel, ekonomik olarak olumsuz bir etki bırakabilecek can kaybı ve büyük çapta hasarlara neden olan bir afet türüdür. Doğa kaynaklı afetlere birçok örnek verebiliriz; orman yangınları, deprem, fırtına, hortum, sel, heyelan, kaya düşmeleri, don, tsunami vb. Meteorolojik afetler ise; son yıllarda da artmakta olan doğa kaynaklı afetlerin bir kısmını oluşturmaktadır. Bu tür afetlerin oluşmasında

doğanın tahribi, sanayileşme, çarpık kentleşmeler de etkilidir. Meteorolojik kökenli afetleri diğer afetlerden ayıran özellik ise yapılabilecek erken uyarı ve izlemelerle zararlarının en aza indirilebilmeleridir (Kadıoğlu vd., 2008).

### **Teknolojik Afetler**

Doğa kaynaklı bir afet veya bir insan tarafından etkilenerek oluşabilecek, kimyasal kazalar, nükleer santral veya endüstriyel kazalar, demir yolu, gemi ve uçak kazaları gibi olaylar teknolojik afetleri oluşturmaktadır.

### **İnsan Kaynaklı Afetler**

Bina içinde gerçekleşebilecek kimyasal kazalar; bina, tünel ve maden işlenilen yerlerde olan çökmeler, asit yağışları, ateşli silahlar ile taciz durumları; ayaklanma, boykot, grev vb. toplumsal var olabilen olaylar; biyolojik saldırı, bomba tehdidi; cephane, maden, bina veya boru hattında oluşan patlamalar.

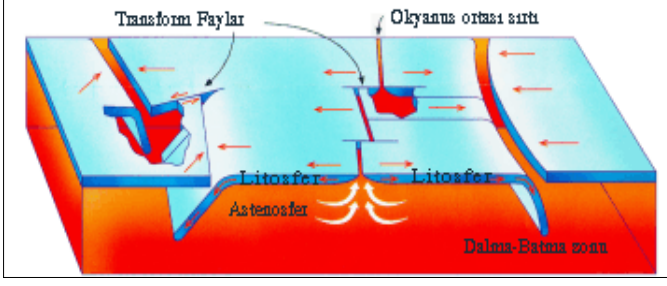
Dikkatsizlik sonucunda oluşan endüstriyel kazalar, ev ve binalardaki yangınlar, çöplerin toplanamaması, duman, elektrik, su ve gaz kesintileri; gaz ve kimyasal etkili kaçaklar; gıda zehirlenmeleri, göçmen istilaları, hava kirliliği, hayvan ve bitkilerde oluşan salgın hastalıklar.

Savaşlar; iş kazaları, işgaller; kara, deniz, hava ve demiryolunda oluşan kazalar; keskin nişancı tacizi, kış seyahatleri, kıtlık ve açlık.

Küresel iklim değişikliği ve ısınma; şüpheli olan paket ve mektuplar; tehlike arz eden maddeler, terör, toksik atıklar ve benzerleridir. Orman tahripleri, radyasyon, radyolojik kazalar, rehin alma, sabotaj, salgın hastalıklar, savaş hali, siberetik saldırılar (IT kaynaklı virüs saldırıları) (Kadıoğlu vd., 2008).

## **DEPREMLER**

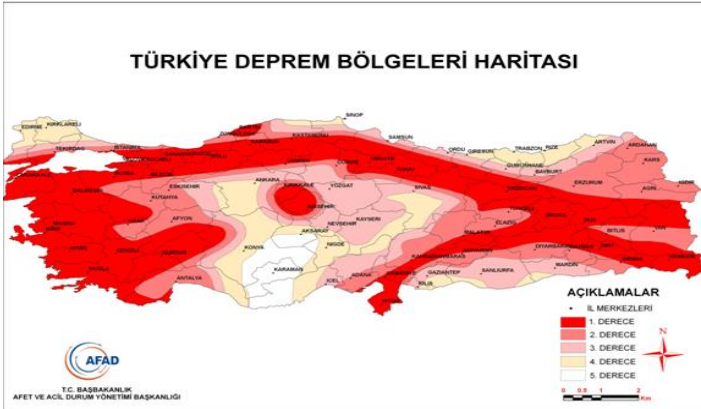
Ülkemizde meydana gelen doğal afetlerin dolayısı ile olabilecek risklerin başında deprem bulunmaktadır (Kadıoğlu vd., 2008). Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına “DEPREM” denir.



Şekil 1. Yer Kabuğu Hareketinin Şematik Anlatımı  
Kaynak: AFAD, 2014.

Ülkemiz, üzerinde bulunduğu jeolojik yapı nedeniyle deprem açısından, Dünya'nın "yüksek riskli" olarak nitelenebilecek bir coğrafyasında yer almaktadır.

Yurdumuzun Deprem Bölgeleri Haritası incelendiğinde, %92'sinin deprem bölgelerinde bulunduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi olgusu ile yaşamını devam ettirdiği ve barajlarımızın %93'ünün, büyük sanayi merkezlerinin %98'inin deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 122.096 kişi hayatını kaybetmiş, 58.202 vatandaşımız yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.003 vatandaşımız ölmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır (<http://deprem.gov.tr>).



Şekil 2. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası  
Kaynak: AFAD, 2014.



Tablo 1. 1967 yılından günümüze kadar Türkiye’de meydana gelmiş depremler

Tarih	Yer	Magnitüd	Açıklamalar
22 Temmuz 1967	Adapazarı	6.8	Ağır hasar
26 Temmuz 1967	Pülümür	6.2	
30 Temmuz 1967	Akyazı	6.0	
3 Eylül 1968	Amasya, Bartın	6.5	
14 Ocak 1969	Fethiye	6.2	
23 Mart 1969	Demirci	6.1	
25 Mart 1969	Demirci	6.0	
28 Mart 1969	Alaşehir	6.6	
28 Mart 1970	Gediz	7.2	Çok ağır hasar
12 Mayıs 1971	Burdur	6.7	Ağır hasar
22 Mayıs 1971	Bingöl	6.7	Çok ağır hasar
6 Eylül 1975	Lice	6.9	Çok ağır hasar
24 Kasım 1976	Çaldıran, Muradiye	7.2	Çok ağır hasar
30 Ekim 1983	Erzurum, Kars	6.8	Çok ağır hasar
5 Mayıs 1986	Malatya, Sürgü	6.8	
7 Aralık 1988	Kars, Akkaya	6.8	Çok ağır hasar
13 Mart 1992	Erzincan, Tunceli	6.8	Ağır hasar
1 Ekim 1995	Dinar	6.3	Sürpriz olarak ağır hasarlı
27 Haziran 1998	Adana, Ceyhan	6.3	
17 Ağustos 1999	Kocaeli	7.4	
12 Kasım 1999	Bolu, Düzce	7.2	
3 Şubat 2002	Afyon	6	
27 Ocak 2003	Tunceli, Pülümür	6.2	
23 Ekim 2011	Van’a bağlı tabanlı köyü merkez üssü	7.2	
23 Ekim 2011	Van’a bağlı Edremit ilçesi	5.6	
12 Şubat 2017	Çanakkale Ayvacık	5.3	

### **Depremin Ortaya Çıkardığı Sorunlar**

Depremler sonrasında yarattığı sonuçlar nedeniyle insanların yaşamına büyük oranda zarar vermektedir. Elbette depremin en büyük zararı can

kayıplarının yaşanmasıdır. Bunun yanı sıra birçok bina hafif, ağır hasarlı olmakta ya da tamamen barınılmayacak duruma gelip yıkılmakta, bu durum geçici göç durumlarını beraberinde getirmektedir. Afetzedelerin barınma sorunları ve bundan dolayı doğabilecek sağlık problemleri, psikolojik olarak büyük ölçüde etkilenmeleri, gıda problemleri, öğrencilerin eğitimlerinin aksamaları gibi pek çok konu da maruz kalınan durumlar olmaktadır.

Ülkemizdeki depremlerden biri olan Van depremine baktığımızda Van kenti, depremden başta can kaybı olmak üzere binalarda meydana gelen yıkım ve ağır hasarlar, altyapı ve üstyapıda meydana gelen tahribat ve daha birçok açıdan olumsuz etkilenmiştir.

Depremde evi oturulamayacak durumda olanlar için ise ilk etapta çadır kentler kurulmuş, daha sonrasında ise konteyner kentler inşa edilmiştir. AFAD raporlarına göre deprem döneminde 3.030 çadır kurulmuş ve bu çadırlara 19.130 kişi yerleştirilmiştir. Çadır kentlerin yemek, elektrik, altyapı, idare ve güvenlik hizmetleri AFAD müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. Kent merkezinde kurulan konteynerların sayısı 24.500, buralara yerleştirilen depremzede sayısı ise 147.319'dur.

Deprem sonrasında en sık görülen bulaşıcı hastalıklar, solunum yolları enfeksiyonları, grip ve benzeri hastalıklar ile ishaldir (Van Depremi İkinci Ay Değerlendirme Raporu, 2011).

## **BARINMA**

Barınma, tüm canlıların korunmak, sığınmak ve yaşamını deva ettirmek için içgüdüsel olarak da doğalarında olan bir gereksinimdir (Tüzün, 2002).

### ***Deprem Sonrası Barınma***

Afet sonrasında hayati şartların devam edebilmesi kargaşa ortamının atlatılabilmesi için geçici de olsa barınma ihtiyacı giderilmesi gerekmektedir (Maral vd., 2015).

İnsan Hakları Beyanamesi'nin 12 ve 25. maddelerinde de geçtiği üzere "Kimsenin ailesine, konut dokunulmazlığına, özel yaşamına veya yazışma özgürlüğüne keyfi olarak karışılmaz. Herkesin kendisi ve ailesinin sağlık ve refahı için konut, giyim, beslenme ve tıbbi bakım hakkı vardır."

Afet/acil durum sonrasında insanların bir arada toplanabileceği güvenli alanlara yönlendirilmeleri ve barınma ihtiyaçlarının karşılanması önemli konularından birisidir. Bu alanların afet öncesi belirlenmesi ve planlanması, asgari standartların sağlanması, değişen ihtiyaçlara uygun biçimde tasarlanması, afetzedelerin insanca yaşamalarına katkı sağlayacaktır (Maral vd., 2015).

Deprem sonrası çeşitli derecelerde ağır hasar almış konutların kullanılamaz halde olmasının yanı sıra depremin meydana geldiği çevrede halkın psikolojik olarak da etkilenmesinden dolayı büyük çaplı bir barınma ihtiyacı ile karşılaşmaktadır.

Geçici barınma, acil barınmadan sonrasında, kalıcı konutların yapımı bitim aşamasına kadar barınmaya ilişkin geçici çözümlerin olduğu bir dönemdir (Tüzün, 2002). Vatandaşların yaşamlarını devam ettirebilmek, her türlü ihtiyaç ve gereksinimlerini giderebilmeleri için barınma ihtiyacının geçici olarak deprem sonrasında sağlanması gerekir. Deprem sonrasında barınma sorununu çözebilmek için deprem öncesinde belirlenmek kaydı ile barınabilecek insan sayısı ne olmalı, barınma yeri büyüklüğü kapasitesi, ulaşım sağlanabilirliği, gıda ve su temini, yakacak gereksinimleri, hava koşulları, sağlık durumları, atıkların giderilmesi gibi birçok konunun gerekli kurum ve kuruluşlar dâhilinde tespitinin yapılması gereklidir.

### **Geçici Barınma Mekânları**

Deprem sonrası geçici barınma mekanlarında çadırlar, prefabrike konutlar ve konteynırlar öncelikli sırada yer alır.

### **Çadırlar**

Çadırların çabuk kurulabilmesi, depolanması ve taşınabilmesi özellikleri dikkate alındığında çok kullanılabilen bir barınak türü olduğu görülür.

Çadırlar sert zemin olmayan alanlarda, eğimi çok olmayan arazilerde ve güçlü rüzgâr riskinin olmadığı, hasar gören konutların yanında veya açık alanlarda kurulur. Kullanılabilme çeşitleri açısından birçok çadır örnekleri mevcuttur. Örneğin, üçgen, kubbe, tünel gibi germe sistem ilkelerini kullanan çadır tiplerinin yanı sıra şişme sistem ilkeleriyle kullanılan çadırlar da mevcuttur (Tüzün, 2002).



*Ŗekil 3. adır Kentler*

*Kaynak: AFAD, 2014.*

Depremi yaŖanması ile kriz ortamı oluŖtuęunda acil olarak barınma gereksinimi için çadır kurumu olduğu grlŖe de gemiŖten bu zamana fiziksel mekân ve sağlık koŖulları göz önünde bulundurulduğunda, iklimin deęiŖmesi, evre Ŗartlarına karŖı korunmasız olması gibi birçok nedenden dolayı çadırların gerekli uygun koŖulları sağlaması yönünden yetersiz kaldığı grlmektedir (Limoncu, 2004).

### ***Prefabrik***

Deprem sonrasında barınma ihtiyaının giderilmesi için kullanılan hızlı üretim, montaj ve sevkiyat olarak tercih edilen yapılardan biridir. 17 Ağustos depreminde de tercih edilmiŖtir. Kalıcı konutların uzun sürebileceği dönemde ivedi bir barınma ihtiyaını giderebilmek için kullanılmaktadır (Tüzün, 2002).

Prefabrik yapıları oluŖturan malzemeler fabrika ortamında üretilmekte ve kurulum yapılacağı alana demonte olarak getirilmektedir. Montaj iŖleminin gerekleŖtirilebilmesi için öncelikle yaklaŖık 25 ya da 30 cm gibi bir yüksekliğe sahip beton bir zemine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 4. Deprem sonrası prefabrik konutlar  
Kaynak: AFAD, 2014.

### **Spor Tesislerinin Kullanılması**

Afet sonrasında acil gereksinimlere ulaşmada fiziksel ve sosyal olarak ihtiyaçların giderilmesi için spor tesisi ve alanlar da tercih edilebilmektedir.



Şekil 5. Afet sonrası spor tesislerinin kullanımı  
Kaynak: AFAD, 2014.

### **Konteynır**

Dünya ticaretinde de rol oynayan konteynırlar yük taşımak için kullanılan yapılardandır. Genel olarak çelikten yapılmaktadır. İhtiyaca bağlı olarak alüminyum ve çelikten de yapılabilir. Afet sonrasında barınma ihtiyacını karşılamak için kullanılacak hızlı ve

pratik olan bir yapı türüdür. Konteynırların nakliyesi, kurumu kolay olduğu için afet bölgesine çabuk ulaşıp kullanıma geçilme yönünden uygundur.

Konteynerler, fabrikada montajı tamamlanan ve hazır olarak vinç yardımı ile kurulum alanına getirilen modüler yapılardır. Prefabriklerde olduğu gibi konteynerlerde de düz bir zemin oluşturulması gerekmektedir. Ancak konteyner kurulumu için gerekli olan zemin yüksekliği prefabriklerden farklı olup, yaklaşık 10 cm yüksekliğe sahip bir zemin yeterli olmaktadır.



*Ŗekil 6. Konteynırların vinç yardımı ile kurulum alanına nakliyesi  
Kaynak: AFAD, 2014.*

Konteynerler; acil durumlarda, betonarme için uygun zaman ve alan olmayan dönemlerde, prefabrik kurulumuna gerek duyulmayan hızlı işlemlerde pratik çözümler sunması açısından çoğunlukla tercih edilirliliğini artırmaktadır.

Konteynırlar depremden sonra barınma olarak kullanılabilereği gibi temel ihtiyaç malzemelerinin de saklanabilmesi yönünden çok amaçlı ve fonksiyonludur (Beyatlı, 2009).

ErciŖ’te 15 Ocak 2012 ve Van Merkez’de 15 Ŗubat 2012 tarihi itibariyle tüm çadır kentler kapatılarak ErciŖ’te 4, Van Merkez’de 31 olmak üzere toplam 35 konteyner kent kurulmuŖ ve vatandaşlarımız buralara yerleŖtirilmiŖtir. 2 oda, banyo, mutfak ve tuvaletten oluŖan 21m<sup>2</sup>’lik yaŖam konteynerlerinde 175 bin vatandaşımız barındırılmıŖtır (AFAD, 2014)).



Şekil 7. Konteynır Kent  
Kaynak: AFAD, 2014.

## KONTEYNİR KENTTE GEREKLİ YAŞAM STANDARTLARI

Konteynır kent kurulan bölgede beslenme, gıda, su, temizlik ve barınmada gerekli asgari şartların sağlanması afetzedelerin sağlıklı koşullarda barınmaları için önemlidir. Amaç yapılan yardım çalışmalarında kaliteli uygun şekilde barınmada gereken koşulların sağlanmasıdır.

### **Barınma Standartları**

- Ortalama olarak kişi başına düşen alan 3,5-4,5 m<sup>2</sup> olmalıdır.
- Nemli ve sıcak koşullarda yeterli hava akışını sağlamalıdır.
- Soğuk hava şartlarında optimum yalıtımı sağlamalıdır.

### **Yer Seçimi**

- Seçilen yer planlaması mevcut insan sayısı barındırılması ile ilişkilidir.
- Ne kadar insan barındırabileceği, yerli halkın sosyo-ekonomik durumu, bölge ve yerleşim alanının kapasitesi değerlendirilerek yapılır.
- Dışarıdan gelebilecek olası tehlikelere 50-kilometre uzaklıkta bir konumda olmalıdır.
- Hafif ve ağır vasıtaların ulaşabileceği bir yolda olmalıdır.
- Toprağın kullanılması için gerekli izinler önceden alınmalıdır.

- İbadet alanları, sağlık merkezleri, katı atık merkezleri, su kaynakları, sosyal tesisler gibi alanlar da bulundurulurarak afetzedelere her açıdan sağlıklı barınma koŖulları sağlanmalıdır. Ayrıca nüfusun dağılımı ve yoğunluğuna da dikkat edilmelidir

### ***Su Temininde Gerekenler***

Su afetzedeler için yeme, içme, piŖirme gereksinimleri adına gereklidir. Deprem sonrasında acil olarak temiz ve içilebilir su temini sağlamak çok önemlidir. Birçok olası muhtemel sağlık sorunları temiz ve yeterli su sağlanamamasından kaynaklı yerine getirilemeyen sağlık koŖullarından kaynaklanmaktadır. Su sanitasyonu ve temini için kurulacak olan konteynır kentte;

- Barınacak afetzede sayıları
- Etkilenen kiŖilerin demografik özellikleri
- Yerel kaynak ve kapasite
- Risk altında olan afetzedeler için özel dikkat
- Güvenlik, politik ve çalıŖma ortamı
- Uzun vadede olası etkiler önerilen müdahalelerin çevresel etkileri gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

### ***Su Temini İçin Standartlar***

- KiŖi başına günde en az 15 litre su toplanmalı.
- Her 250 kiŖiye en az bir su toplanma noktası olmalı.
- Her su toplanma noktasında akı en az 0.125 litre olmalıdır.
- Herhangi bir yerleŖim yeri ile en yakın su noktası arası maksimum mesafe 500 metre olmalıdır.
- Su kaliteli olmalı, kaynağından gelen su hastalıklara sebebiyet vermeyecek, içilebilir, yemek ve temizlikte kullanılabilen, kimyasal radyolojik kontaminasyondan arındırılmıŖ olarak bu koŖulları sağlamalıdır.
- Suyun dezenfeksiyonu kısmında ise toplanma sonrasında kirlenme riski varsa su klor gibi bir dezenfektan ile temizlenmeli. Bu risk, temizlik durumu, suyla geçen hastalıklar, dıŖkı imhası düzeni gibi koŖullara bakılarak belirlenmelidir.

### ***DıŖkı İmhası Standardı***

DıŖkının uygun bir Ŗekilde imha edilmesi, dıŖkı ile geebilecekle hastalıkların önlenmesi açısından önemlidir. DıŖkılama için uygun yerlerin yapılması önemli adımlardan biri olacaktır.



- Tuvalet sayısı ve faydalanma imkânı; barınma yerine yakın, güvenli ve yeterli sayıda 24 saat kullanabilecekleri tuvaletler olmalıdır.
- Her tuvalet için en fazla 20 kişi olmalıdır.
- Tuvalet kullanımı barınma yerine ve cinsiyete göre ayrılmalıdır.
- Barınma yerine 50 metre mesafede veya 1 dakikalık mesafeden uzak olmamalıdır.
- Tuvaletlerin uygun yer seçimi inşa ve tasarımı yapılmalıdır.
- Kolay temizlenebilen, sağlık riski taşımayan nitelikte olmalıdır.
- Nüfusun her kesiminin kullanabileceği düzeyde olmalıdır.
- El yıkama yerleri tuvalete yakın olmalıdır.
- Atık yolları herhangi bir su kaynağından en az 30 metre uzaklıkta ve tuvalet dip seviyesi su tabakasından en az 1,5 metre üstünde olmalıdır. Drenaj ve boşaltma işlemlerinde yüzeysel bir su kaynağına veya sığ yer altı su kaynağına doğru olmamalıdır.

#### **Katı Atık Kontrolü ve Standartları**

- Katı atıklar uygun şartlarda imha edilemezse su kirlenmesi, fare ve sinek üreme alanları açısından risk yaratır. Drenaj çukurlarının tıkanmasına veya sular yoluyla sağlık sorunlarına neden olur. İnsanlar katıklar dâhil tıbbi atıklardan da korunmalıdırlar.
- Barınma yerlerinde kontamine veya tıbbi atıklar (cam, ilaçlar, giysiler, iğneler vb.) bulunmamalıdır.
- Barınma yeri, çöp kabı veya çukurundan 15 metre, çöp tenekesinden 100 metreden fazla uzaklıkta olmamalıdır.
- Çöplerin gömülmediği durumlarda, her 10 aile için bir adet 100 litrelik çöp tenekesi bulunmalıdır.
- Gömme veya yakma gibi hangi imha türü olursa olsun çevre ve sağlık sorunu teşkil etmeyecek şekilde olmalıdır.

#### **SONUÇ**

Afetler büyüklüğü ve etkisine göre normal yaşam koşullarını olumsuz etkileyerek, aksatarak zarar vermektedir. Afet türlerine bakıldığında etkilenen insan sayısı açısından en tehlikeli olanı depremdir ve köklü sorunlar çıkararak büyük bir kriz durumu oluşturmaktadır. Deprem sonrası kargaşa döneminde acil organizasyon eksikliği olmaması ve

afet zedelerin güvenle tüm ihtiyaçlarını karŖılayabilecekleri geçici olarak barınma yeri ihtiyacı önemlidir. Kalıcı konutlara geçilene kadar ki bu süreçte deprem sonrası geçici barınma yerleri, afet öncesi olarak risk yönetimi aşamasında yapılması afet mağduriyeti yaşayanların bu felaket durumunu, temel gereksinimler ve psikolojik olarak atlatmalarında yardımcı olacaktır. Barınma gereksinimi olarak konteynirler dayanıklılık, modülerlik özelliklerinden dolayı tercih edilmelidir. Konteynerler yağmur, kar, yangın gibi çeŖitli dış etkenlere karşı yüksek performans göstermektedir. Örneğın çadır tipi barınakların güvenlik, mahremiyet ve fonksiyonel açıŖından eksikliklerini yerine getirebilir. Yine dayanıklı ve deęiŖik ölçülerde yan yana veya üst üste de getirilerek üretilebilir. Sadece deprem durumu için değil her türlü afet veya acil durumda kullanılabilir hazır ve portatif yapılardır. Ekonomik olarak bakıldığında başta maliyetli olabileceği düşünülse de, deprem veya herhangi acil durumda kullanılabilir üzere böyle bir barınma yeri mevcudu kriz dönemlerini atlatabilme adına uygun olacaktır. Kurulacak olan konteynir kentte sağlık birimi, sosyal alan, psikolojik destek birimi gibi ortamlar sağlanarak afet zedeler kalıcı yerlerine kavuŖana kadar uygun ortam sağlanmış olacaktır. Bu barınma yöntemi için, deprem riski yüksek yerlerde önceden yeri belirlenmek üzere, alanın oluşturulması her zaman kullanıma hazır bir mekân olarak uygun olacaktır. Her türlü alt yapı gereksinimleri hazır bir yer sağlanması ile konu ile ilgili tüm birimlerin önceden hazırlanmak üzere plana yerleŖmiş bir kent dizaynı varlığı deprem afeti için önemli olacaktır. Ülkemizin deprem bölgesinde olduğu düşünöldüğünde afet yaşanmadan bu ihtiyacın giderilmesi risk yönetimi açıŖından da oldukça önemlidir.

## **KAYNAKÇA**

Açıklamalı Afet Yönetimi Sözlüğü, T.C. Bakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, (2014). <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu> adresinden alınmıştır.

AFAD (2014). Müdahale, İyileŖtirme ve Sosyoekonomik Açıdan 2011 Van Depremi, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Raporu, Ankara.

Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri Yönetmeliği, (2011). <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.20111377.pdf> adresinden alınmıştır.

Afetlerde Sağlık Hizmetleri Yönetimi, Kurs Notları, 24-28 Ekim 2000, Yalova, Şubat, 2001, Ankara.

Beyatlı M. (2009), Acil Durum Barınakları ve Bir Barınak Olarak Acil Durum Konteynır Öneri Modeli, Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Ana Bilim Dalı, Trakya Üniveristesi, Edirne.

Diñçer Ö. (1998). Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası, İstanbul/Türkiye, Beta Basım Yayım Dağıtım.

EM-DAT: The International Disasters Database, www.emdat.be, 2020

Fung, O. W., Loke, A. Y. ve Lai, C. K. (2008). Disaster preparedness among Hong Kong nurses. *Journal of advanced nursing*, 62(6), 698-703.

Kadioğlu, M. ve Özdamar, E. (Ed.). (2008). Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, S.1-34, Jıca Türkiye Ofisi Yayınları No:2, Ankara.

Limoncu S. (2004). Türkiye’de Afet Sonrası Sürdürülebilir Barınma Sistemi Yaklaşımı, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Maral H., Akgün Y., Çınar A.K. ve Karaveli A.S. (2015). İzmir’deki Afet Sonrası Toplanma ve Acil Barınma Alanları Üzerine Bir Değerlendirme, Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 3 Tdmsk, İzmir.

Oktay, C. (2002). Afetlerde Hastane Öncesi Müdahale ve Triyaj, *Sted Dergisi*, 11(4), 136-139

Özdemir, H. (2004). Afetlere Hazırlık Çalışmalarında Geçici Iskan Alanlarının Belirlenmesi / Determination of Temporary Shelter Areas in Disaster Preparedness Studies, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9 (12), 237-256.

Şahin, N. (2009). Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları. TMMOB 1. İzmir Kent Sempozyumu Bildirileri s. 131-142. (Erişim Adresi: <http://www.tmmobizmir.org/wpcontent/uploads/2014/05/200810.pdf> adresinden alınmıştır.

Songür, D. (2000). Afet Sonrası Barınakların ve Geçici Konutların Analizi Ve Değerlendirilmesi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tüzün E. (2002). Ev-Yaşama Mekânı: Afet Sonrası Gereksinimler, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tzeng, W. C., Feng, H. P., Cheng, W. T., Lin, C. H., Chiang, L. C., Pai, L. ve Lee, C. L. (2016). Readiness of hospital nurses for disaster responses in Taiwan: A cross-sectional study. *Nurse education today*, 47, 37-42.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction:  
<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-d>

Van Depremi İkinci Ay Değerlendirme Raporu, (2011).  
<https://www.ttb.org.tr/kutuphane/2ayrpr.pdf> adresinden alınmıŖtır.

Yılmaz, A. (2012). Türkiye’de Afetlerde KarŖılaŖılan Sorunlar. *Manas Journal of Social Studies* 1(1), 61-81.

# Yalova'da Bir Binanın Yapımında OluŖan Küresel Isınma Potansiyelinin Saptanması

**Can Sönmez**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-1589-7274)

**Nilay Elginöz Kanat**

*IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, İsveç*  
(0000-0001-6635-6163)

**Fatoş Germirli Babuna**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-0365-2373)

## GİRİŖ

Nüfusun giderek Ŗehirlerde yoğunlaŖtıđı günümüzde inŖaat sektörü hızla geliŖmektedir. Kentsel dönüŖüm kapsamında yoğunlaŖan bina yapımı, doğal kaynakların ve enerjinin kullanıldığı, küresel ısınmaya katkı veren faaliyetler arasındadır.

İnŖaat sektöründe yürütölen çevresel sürdürülebilirlik çalıŖmaları her geçen gün daha da önem kazanmaktadır (Brinkley, 2008; Franca, 2012). Kimi sürdürülebilirlik çalıŖmaları sadece inŖaat aŖamasına yönelik yürütölmekte, bazıları inŖa ve kullanım aŖamalarını kapsamakta, kimileri ise inŖaat, kullanım ve ömür sonunu içeren tüm yaŖam döngüsü için gerçekleştirilmektedir. Farklı malzemelerin çevresel etkiler üzerinde yarattığı deđiŖimleri inceleyen araŖtırmalar da bulunmaktadır (Li ve Froese, 2016). Farklı dıŖ cephe çözümlerinin karŖılaŖtırıldıđı (Monteiro ve Freire, 2011), yeŖil çatının etkilerinin incelendiği (Saiz ve diğ., 2006) çalıŖmalar da vardır.

Sistem, süreç, ürün veya hizmet üzerinde gerçekleştirilebilen yaŖam döngüsü değerlendirmesi çevresel etkilerin sayıŖallaŖtırılması ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması için stratejiler geliŖtirilmesine olanak veren bir metodolojidir.

Bütüncöl bir bakıŖ açısı ile objektif sonuçların ortaya konduğu yaŖam döngüsü değerlendirmesi çalıŖmalarının, yerinden toplanmıŖ gerçek verilere dayalı yürütölmeye önemlidir. Ülkemizde gerçek verilerle yapılmıŖ çalıŖmaların sayısı sınırlıdır (Atılğan ve Azapagic 2016; Atmaca 2016; Ozkan vd., 2017; Elginöz vd., 2019; Karaçal vd., 2019; Saad vd., 2019; Üçtuğ vd., 2019 ).

Sürdürülebilirlik kapsamında incelenen farklı çevresel etki kategorileri olmakla birlikte yürütölen tüm çalıŖmalarda ortak payda, günümüzün en önemli çevre problemi olarak nitelendirilebilecek küresel ısınma potansiyelidir.

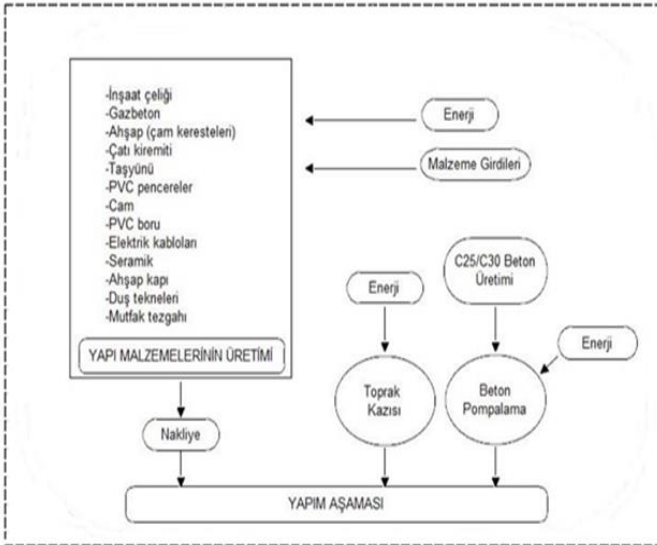
Bu çerçevede bu çalıŖmanın amacı, Yalova'nın Armutlu ilçesine bağlı Selimiye Köyü'nde inŖa edilen ahŖap kaplama betonarme bir yapının yapım aŖamasındaki küresel ısınma potansiyelinin, ISO 14040 ve 14044 standartlarına dayalı yaŖam döngüsü değerlendirme yaklaŖımı ile saptanmasıdır. Bu çerçevede yapım aŖamasında etkin faktörlerin küresel ısınma potansiyeli ve toplama katkısı ortaya konmuŖtur.

## MATERYAL VE METOD

Yalova'nın Armutlu ilçesinde inşa edilen 196 metrekare yaşam alanına sahip ahşap kaplamalı betonarme bir yapının küresel ısınma potansiyeli ISO 14040-14044 standartlarına uygun olarak saptanmıştır. Bu amaç doğrultusunda iteratif nitelikli dört farklı adım uygulanmıştır: 1) Amaç ve kapsamın belirlenmesi, 2) Yaşam döngüsü envanteri, 3) Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi, 4) Yorumlama.

Küresel ısınma potansiyelinin modellenmesi için GaBi 4.3 yazılımı kullanılmış, “professional database” veritabanından yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçları küresel ısınma potansiyeline dönüştürmek için CML 2001 metodu kullanılmıştır.

Modellemede, yapı inşası için gerekli malzemelerin hammaddeden üretimleri, işlenilip yapı malzemesi haline getirilmeleri, imalatlar, inşaat sahasına taşınması, sahadaki hafriyat işleri ve binanın inşası ele alınmaktadır. Beton, inşaat çeliği, gazbeton, seramik gibi yapı malzemelerinin üretimi ve inşa sahasına nakliyesinin yanısıra inşa sahasında yapılan kazı ve beton pompalama işlemleri kapsam dahilindedir. Çalışmaya ait sistem sınırları Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1. Sistem sınırları

Literatürde de (Franca, 2012; Ragheb, 2011; Ghattas vd., 2013) kullanıldığı gibi fonksiyonel birim olarak “1 metrekare yaŖam alanı” alınmıŖtır.

İncelenen yapıya ait özellikler Tablo 1’de sunulmaktadır.

*Tablo 1. İncelenen yapının özellikleri*

<b>Yapı Tipi</b>	<b>Betonarme karkas</b>
Kullanılabilir YaŖam Alanı (m <sup>2</sup> )	196
Taban Oturum Alanı (m <sup>2</sup> )	100
Temel tipi	Radye jeneral temel
Kat Sayısı	2
Oda Sayısı	6
Banyo/WC Sayısı	2
Cephe Kaplaması	AhŖap kaplama
Çatı alanı	140 m <sup>2</sup>
Çatı tipi	33° açılı ters çatı
Bina yüksekliği	9,85 m
İzolasyon	TaŖyünü

Veriler, mevcut projede yer alan hesaplamalardan, teknik Ŗartnameden ve yapı sözleşmesinde yer alan yapı malzeme bilgilerinden temin edilmiŖtir.

UlaŖtırma ile ilgili veriler, yapı sözleşmesinde yer alan ürünlerin üretici bilgilerinden yola çıkılarak, imalat tesisleri ile inŖa alanı arasındaki mesafeler ve ulaŖtırma türleri belirlenerek oluşturulmuŖtur.

Enerji girdileri, yapılacak kazı çalıŖmaları ve betonun pompalanması proseslerinden oluŖmaktadır.

Hafriyat ile ilgili veriler, projede yer alan zemin bilgileri üzerinden edinilmiŖ, toplam kazı zemin hacmine göre toprak kazı hacmi hesaplanmıŖtır. Yapının radye temelinin oturacağı zemin için gereken kazı derinliği, sahanın zemin durumu, mevcut deprem yönetmeliğinin gereklilikleri ve yapılan statik hesaplamalar doğrultusunda karar verilmiŖtir. Zemin etüdü raporu ve yapının statik hesaplamaları sonucunda Yalova İl Özel İdaresi, 135 santimetre kazı derinliğini uygun görmüŖ ve bu derinlikte kazı yapılmasına karar vermiŖtir. Projedeki taban oturumu 110 metrekare olan yapı için toplam hafriyat miktarı 150 metreküp olarak bulunmuŖtur. Zeminin fazla engebeli ve



gevrek olmamasından dolayı, paletli ekskavatör yerine lastik tekerli ekskavatör ile kazının yapılmıştır. Kazı hacmine göre, standart bir lastik tekerlekli ekskavatörün çalışma süresi hesaplanmıştır.

Betonun pompalanması prosesinin hesapları ise, pompalanacak beton miktarının hacmi üzerinden hesaplanmıştır. Yapım esnasında elektrik kullanımları ihmal edilmiştir.

Yapıya ait resimler ise Şekil 2’de sunulmaktadır.



Şekil 2. Yapıya ait resimler (ön görünüm, çatı)

## BULGULAR

Ahşap kaplamalı betonarme binanın yapım aşamasından 1 metrekare yaşam alanı için 429 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri küresel ısınma potansiyeli oluşturduğu saptanmıştır. Literatürde benzer çalışmalara bakıldığında, yine 1 metrekare yaşam alanı başına müstakil ev için 362 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri, yarı müstakil ev için 395 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri ve bitişik evler için

388 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri düzeyde küresel ısınma potansiyeli değerlerinin elde edildiği görülmektedir (Franca, 2012).

Başka bir çalışmada, betonarme yapı alternatifleri için elde edilen küresel ısınma potansiyeli değerleri 454 ve 433 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri düzeylerinde verilmiştir (Aljundi vd., 2017). Ofis binaları için ise, 230, 223 ve 270 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri küresel ısınma potansiyelleri elde edilmiştir (Ragheb, 2011). Bir başka çalışmada ise, küresel ısınma potansiyeli 311 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak saptanmıştır (Monteiro ve Freire, 2011).

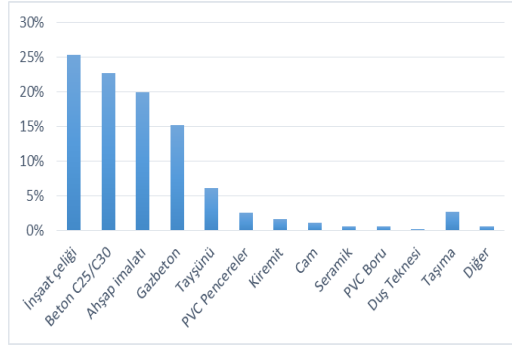
Bu çalışmada elde edilen küresel ısınma potansiyelinin literatüre göre biraz yüksek çıkmasının en büyük sebebi, yapının hem betonarme özellikte olması, hem de tüm dış yüzeyin ahşapla kaplanmış olmasıdır.

Küresel ısınma potansiyeline katkısı olan faktörler Şekil 3'de verilmektedir.

Toplam küresel ısınma potansiyelinin % 25'i inşaat çeliği, % 23'ü beton, % 20'si ahşap ve % 15'i gazbeton girdisi kaynaklıdır. Küresel ısınma potansiyeli üzerinde en çok pay sahibi olan bu proseslerin etkileri, havaya verilen inorganik emisyonlarından kaynaklanmaktadır.

İnşaat çeliği üretimi esnasında gerçekleşen emisyonların % 98'ini karbondioksit, % 1,9'unu metan oluşturmaktadır. Beton üretimi esnasında ise gerçekleşen emisyonların % 96'sını karbondioksit, % 3,5'ini metan oluşturmaktadır. Gazbeton üretimi ve ahşap imalatı prosesleri sonucu açığa çıkan karbondioksit ve metan oranları da benzerdir.

Yapım aşamasında gerçekleşen taşıma faaliyetleri 12 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri küresel ısınma potansiyeli oluşumuna sebep olmuştur. Denizyolu ve karayolu taşımacılığının toplam etkilerini içeren bu miktar, toplam küresel ısınma potansiyelinin % 2,8'ini oluşturmaktadır. Ulaşımdan kaynaklanan inorganik emisyonların % 52'si kükürt dioksit, % 33'ü ise azot oksitler (NO<sub>x</sub>) kaynaklıdır.



Şekil 3. Çeşitli faktörlerin toplam küresel ısınma potansiyeli üstündeki katkı yüzdeleri

## SONUÇ

Çeşitli faaliyetler için küresel ısınma potansiyeli, ancak sahadan elde edilen gerçek veriler kullanıldığında doğru olarak saptanabilir. Türkiye’de konuya ilişkin az sayıda gerçek veri üstüne çalışma bulunması, ülkemizde bu tip çalışmaların önemini vurgulamaktadır.

Ahşap kaplamalı betonarme bir binanın yapımından kaynaklanan küresel ısınma potansiyelinin saptanması amacı doğrultusunda yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgular 1 metrekare yaşam alanı için 429 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri küresel ısınma potansiyeli saptandığını göstermektedir. Çalışmada elde edilen değer literatür verilerinin üst sınırlarına yakındır. Bunun nedeni incelenen yapının betonarme özellikle ancak tüm dış yüzeyin ahşapla kaplanmış olmasıdır. Sözü edilen binanın yapımında toplam küresel ısınma potansiyeline en fazla katkı veren faktörler ise inşaat çeliği, beton, ahşap ve gazbeton girdisi kaynaklıdır. Yapı malzemelerinin inşaat sahasına taşınması, toplam küresel ısınma potansiyeli üstünde önemli bir katkı sağlamamaktadır. Ülkemizde benzer çalışmaların yaygınlaştırılması ve yerel veri tabanının oluşturulması önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

Aljundi, K., Rodrigues, M. F., Dias, A. C., ve Pinto, A. (2017). LCA of three structural solutions of building in the University of Aveiro. II Encontro Nacional sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável (iiSBE Portugal). Lizbon.

Atilgan, B. ve Azapagic, A. (2016). Renewable electricity in Turkey: Life cycle environmental impacts, *Renewable Energy*, 89, 649-657.

Atmaca, A. 2016. Life cycle assessment and cost analysis of residential buildings in south east of Turkey: part 1—review and methodology, *The International Journal of Life Cycle assessment*. 21,831–846.

Brinkley, M. (2008). *The Housebuilder's Bible*. Cambridge, UK.: Ovolo Publishing.

Elginöz, N., Alzaboot, M., Germirli Babuna, F. ve Iskender, G. (2019). “Construction of a large water treatment plant: appraisal of environmental hotspots”, *Desalination and Water Treatment*, 172, 309-315.

Franca, R. (2012). *Sustainability assessment framework for the residential construction sector in the UK*. Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Manchester.

Ghattas, R., Gregory, J., Olivetti, E. ve Greene, S. (2013). *Buildings: Life cycle assessment for residential buildings: A literature review and gap analysis*. Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, MIT Room 1-372, Cambridge MA 02139, DOI: 10.13140/rg.2.2.10238.38722.

Karacal, P. N., Elginöz, N., Germirli Babuna, F. (2019). Environmental Burdens of Cataphoresis Process, *Desalination and Water Treatment*, Volume 172, pp. 301–308, December, doi: 10.5004/dwt.2019.24800.

Li, A., ve Froese, T. (2016). Life-Cycle Assessment of High Performance, Low Cost Homes. *Procedia Engineering*. 145,1322-1329.

Monteiro, H. ve Freire, F. (2012). Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods. *Energy and Buildings*, Volume 47, April 2012, 572-583

Ozkan, E., Elginöz, N. ve Germirli Babuna, F., (2017). Life cycle assessment of a printed circuit board manufacturing plant in Turkey, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-017-0280-z.

Ragheb, A. (2011). *Towards Environmental Profiling for Office Buildings Using Life Cycle Assessment (LCA)*. University of Michigan, DOI: 10.1080/014461900446911.

Saad, A., Elginöz, N., Germirli Babuna, F. ve Iskender, G. (2019). Life cycle assessment of a large water treatment plant in Turkey”, *Environmental Science and Pollution Research*, May 2019, 26 (15), 14823–14834, DOI: 10.1007/s11356-018-3826-9.

Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B. ve Pressnail, K. (2006). Comparative Life Cycle Assessment of Standart and Green Roofs. *Environmental Science and Technology*, 40, 4312-4316.

Üçtuğ, F. G., Atluğkoyun, A. İ. ve İnaltekin ,M. (2019). Environmental life cycle assessment of yoghurt supply to consumer in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 215, 1103-1111.

# Marmara Bölgesi için Temel Rüzgâr Hızlarının Belirlenmesi

**Önder Umut**

*Işık Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-7678-218X)**

**Zeki Hasgür**

*Altınbaş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-7769-5678)**

## GİRİŞ

Türkiye’de, özellikle Marmara Bölgesi’nde çok katlı yüksek yapıların sayısı her geçen gün artmakta ve rüzgârın etkileri tasarımda ön plana çıkmaktadır. Rüzgâr gibi çevresel yüklerin yapılar üzerindeki etkisi, bilinmeyen bir zaman aralığında etki eden yükler olarak değerlendirilmektedir. Çok katlı yapıların yanı sıra, aynı zamanda son yıllarda Türkiye’de yenilenebilir enerji sağlayan rüzgâr türbini sayısı da hızla artmaktadır. Hem rüzgâr türbinin tasarımında hem de işletmesinde yapıya etkileyecek rüzgâr hızları büyük önem taşımaktadır. Rüzgâr hızı, statik ve dinamik rüzgâr hızları olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. Statik bileşen, belirli bir zaman periyodundaki ortalama rüzgâr hızını, dinamik bileşen ise bu ortalama rüzgâr hızı etrafındaki dalgalanmaları ifade eder. Dinamik rüzgâr hızı, türbülans olarak ifade edilmektedir. Türbülans yapı üzerinde dinamik bir etki oluşturur. Yapının dinamik rüzgâr etkisi altındaki davranışını ortaya koyabilmek için gelişigüzel (random) titreşim teorisi kullanarak yapının davranışı incelenir. Narin yüksek yapıların rüzgâr etkisi altındaki davranışını belirlemek yapı tasarımı için son derece önemlidir. Yapı tasarımında, tasarım rüzgâr yükünü bulmanın ilk adımlarından biri temel rüzgâr hızını elde etmektir. Rüzgâr basıncı, temel rüzgâr hızına bağlıdır. Temel rüzgâr hızı meteorolojik ölçümler ile belirlenmelidir. En önemli rüzgâr parametrelerinden biri olan temel rüzgâr hızı, 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılması olasılığına karşı gelen rüzgâr hızıdır. Ölçümler yerden 10 metre yükseklikte, açık bir arazide yapılmalıdır. Rüzgâr hızları için, düşük aşılma olasılığına denk gelen aşırı değerlerin tahmin edilmesi gerekmektedir ve bu tahminler T yılda bir aşılma maksimum rüzgâr hızı için belirlenmelidir.

Rüzgâr hızı kayıtları birçok faktöre bağlı olarak farklı özellikler içerir. Rüzgâr kaydının alındığı arazinin tipi (şehir merkezleri, deniz kıyı şeritleri, engebesiz alanlar, ormanlık alanlar, köyler, vb.), yüksek yapının bulunduğu yerin deniz seviyesinden olan yüksekliği ve yüksek yapının çevresindeki yapılar gibi çeşitli faktörler rüzgâr hızı verilerini ortaya çıkarır. İnşa edilecek yapının bulunduğu arazi civarındaki rüzgâr hızı kayıtlarını kullanmak daha gerçekçi sonuçlar verecektir. Gerekli şartları sağlayan rüzgâr kaydını temin etmek çoğu zaman oldukça zordur.

Çok katlı bir yapının rüzgâr yükü altında tasarımını yaparken yapıya ömrü boyunca etkiyebilecek en büyük rüzgâr hızını belirlemek gerekir. Türkiye’de inşa edilebilecek yüksek binaların rüzgâr yükleri altındaki davranışını belirlemek amacıyla temel rüzgâr hızlarının belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi meteoroloji istasyonlarından elde edilen rüzgâr verileri kullanılarak 50 senede bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgâr hızlarının elde edilmesi amaçlanmıştır

## LİTERATÜR TARAMASI

Risk analizleri, mühendislik uygulamaları ve bilimsel araştırmalarda çok önemli konulardan birisidir. Rüzgâr mühendisliğinde olası ekstrem değer hızları, risk değerlendirmelerinin temel hedeflerini oluşturur. Aşırı değer teorisi, rüzgâr, yağmur, sel gibi afet hesaplarında kullanılan, en büyük değerlerin doğru bir şekilde hesaplanmasını sağlayan bir yöntemdir. Aşırı değer teorisi ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur. Aşırı değer teorisi alanında Gumbel (1958) önemli çalışmalar yapmıştır. Gumbel önce ampirik olarak incelediği aşırı değer teorisini çeşitli dağılımlarda kullanıp yaptığı uygulamalarla istatistikçilerin ve mühendislerin ilgisini çekmiştir. 1941 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde meydana gelen sel, yoğun yağmur yağışı gibi meteorolojik olaylarda aşırı değer teorisi ilk kez kullanılmıştır. Tasarımda kullanılan rüzgâr hızının hesaplanmalarında aşırı değer analizinin kullanılması sel baskını analizi alanındaki uygulamalar ile karşılaştırıldığında geride kalmıştır. 1950’lerde ve 1960’larda, bazı ülkeler (Kanada vb.), temel rüzgâr hızını elde etmek amacıyla aşırı değer analizi kullanmışlardır. Bu analizlerde ağırlıklı olarak I tipi (Gumbel) dağılımı kullanılmış ve o yıllarda dönüş periyodu kavramı tartışılmaya başlanmıştır. 1960’ların başında A.G Davenport’un (Davenport, 1960, 1961, 1966, 1967) rüzgâr yüklerinin analizinde istatistiksel ve olasılıksal yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca aşırı rüzgâr hızlarının binanın inşa edileceği yerlere özel olarak modellenmesi üzerine de çalışılmıştır.

Klasik aşırı değer teorisinden farklı olan Pickands (1975) çalışmalarında “Eşik Üzeri Değerler” yöntemini ortaya koymuştur. Davison ve Smith (1990), eşik üstü değerlerin modellenmesinde kullanılan “Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı” yaklaşımını genelleştirmiştir.



Bajic ve Peros (2005), Hırvatistan'ın temel rüzgâr hızlarını belirlemek için 27 istasyondan elde edilen verileri kullanmışlardır. Fakat Hırvatistan'ın farklı iklim tiplerine sahip olması ve yeterli olmayan adette rüzgâr hızı ölçümleri nedeniyle temel rüzgârlarını gösterebilecek bir harita çıkarılamamıştır. Elde edilen rüzgâr hızları, sahil ve karalarda büyük farklılıklar göstermiş olup bazı yerlerde 35 m/s'yi aşmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, rüzgâr haritası bölgelendirmesi yaparken denizden uzaklığın tek parametre olarak seçilmemesi gerektiği ortaya konmuştur.

An ve Pandey (2005), yaptıkları çalışmada ABD'de kaydedilen rüzgâr hızı verilerini analiz ederek, literatürde bulunan dört farklı aşırı değer çözümlemesi metodunun karşılaştırmalı incelenmesini sunmuşlardır. Bu metodlar Eşik Üzeri Değerler, İyileştirilmiş Gumbel, Bağımsız Fırtınalar Yöntemi ve Standart Gumbel olarak isimlendirilmektedir. Analiz, metodların 50 yıllık ve 500 yıllık dönüş periyoduna denk tasarımsal rüzgâr hızı tahminleri üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Bağımsız Fırtınalar metodu ile Eşik Üzeri Değerler metoduna göre daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.

Kasperski (2002), yeni bir temel rüzgâr haritasını Almanya için çıkarmıştır. Tavsiye edilen harita, beş rüzgâr bölgesine ayrılmıştır. Mevcut temel rüzgâr hızı haritasına kıyasla, yeni haritada birçok bölgede rüzgâr hızları daha az çıkmıştır. Bununla birlikte, yönün etkisi de araştırılmış ve çözümlenmiştir, ancak yönetmelikte yer alacak kadar net sonuçlar elde edilmemiştir.

Lakshmanan ve arkadaşları (2009), Hindistan'daki uzun süreli ve saatlik rüzgâr hızı verilerini kullanarak Hindistan için temel rüzgâr hızı haritası ortaya çıkarmışlardır. Hesaplamalarda 70 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. İstasyonlar için yıllık maksimum hızlar (km/s) günlük şiddetli rüzgâr verileri kullanılarak elde edilmiş ve Gumbel olasılık metodu kullanılarak tasarım amaçlı rüzgâr hızları 50 yıllık dönüş periyodu için bulunmuştur.

## **MARMARA BÖLGESİ TEMEL RÜZGÂR HIZLARI ETÜDÜ**

Binaların güvenli ve ekonomik bir şekilde tasarlanabilmesi için her ülkenin kendi iklimine göre rüzgâr yüklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Dünyadaki gelişmiş rüzgâr yönetmeliklerinde bölgelerin temel rüzgâr hızını gösteren haritalar bulunmaktadır. Ancak

ülkemiz için böyle bir harita mevcut değildir. Temel rüzgâr hızı verisi sadece İstanbul için İYBRY (2008)'de 25 m/s olarak verilmektedir. Temel rüzgâr hızları tüm Türkiye için elde edilmelidir. TS-498 (1997)'de rüzgâr hızının hesabında rüzgârın şehirlere, ilçelere göre değişimi göz önüne alınmamaktadır.

Türkiye için temel rüzgâr hızlarının belirlenmesi için yapılmıŖ pek fazla çalışma bulunmamaktadır. Şahin (2002), Türkiye için üç farklı rüzgâr haritası elde etmiştir. Bu haritalar 10, 12 ve 15 m/s'yi aşan rüzgâr hızları için elde edilmiştir. Rüzgâr türbinleri için yapılan araŖtırmada, Türkiye rüzgâr hızlarını belirlemek için 68 meteoroloji istasyonuna ait rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır ve üç farklı risk seviyesi için haritalar oluşturulmuştur. Birçok istasyonda rüzgâr hızının 12 m/s'yi aştığı gözlemlenmiştir. Rüzgâr enerjisi üretimi için bu bölgeler uygun bölgeler olarak yorumlanmıştır. 15 m/s rüzgâr hızını aşan 15 adet istasyon olduğu görülmüştür. Çalışma genel olarak temel rüzgâr hızlarının hangi bölgelerde yüksek, hangi bölgelerde düşük olduğu hakkında fikir vermektedir. Türkiye'nin bütün bölgelerinin temel rüzgâr hızlarının belirlenmesi için kapsamlı bir çalışma yapılması, özellikle yüksek yapıların inşası için büyük önem taşımaktadır.

### ***Temel Rüzgâr Hızlarının Marmara Bölgesi İçin Elde Edilmesi***

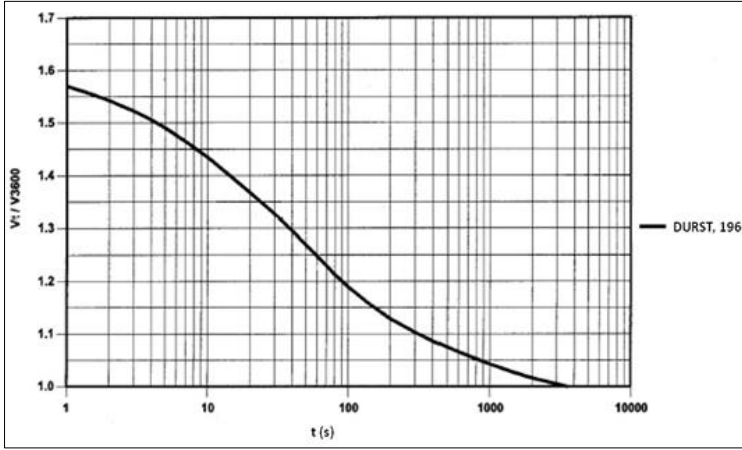
Deprem, rüzgâr ve kar gibi yapılara ne zaman etkiyeceği belli olmayan yükler, geçici bir zaman aralığında etkiyen çevresel yükler olarak tanımlanabilirler. Yapısal hesaplamalarda temel rüzgâr hızı gibi aşırı değerler, ortalama değerlere nazaran çok daha büyük bir önem taşımaktadırlar.

Yapı tasarımında, yapıya ömrü boyunca etkiyen yükler belirlenir. Yapı tasarımında başlıca amaç, bu yükler altında yapının ağır hasar almaması ve can kaybı yaşanmamasıdır. Bu şartların sağlanması için, yapıya ömrü boyunca etkiyebilecek en büyük yüklerin yapının karşılayabileceği yüklerden daha az olması gerekmektedir. Bu nedenden dolayı, rüzgâr hızının yapının ömrü boyunca ulaşabileceği aşırı hız değerlerini belirlemek inşaat mühendisinin görevidir. Hesaplamalarda kullanılacak aşırı rüzgâr hızları modern bina rüzgâr yönetmeliklerinde, belirlenen ortalama tekrarlama aralıkları

(tekrarlanma periyodu) için elde edilen en büyük rüzgâr hızı olarak tanımlanmaktadır.

Temel rüzgâr hızı, açık bir arazide, yerden 10 metre yükseklikte, herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılması olasılığına karşı gelen rüzgâr hızı olarak tanımlanabilir. Türkiye’de inşa edilebilecek yüksek yapıların rüzgâr hesaplarında kullanılmak amacıyla temel rüzgâr hızları verileri doğru bir şekilde belirlenmelidir. Bu çalışmanın temel amacı, yüksek yapı ve asma köprü tasarımında önemli bir parametre olan temel rüzgâr hızı parametresinin Marmara Bölgesi için elde edilmesidir.

Umut (2014), Marmara Bölgesi temel rüzgâr hızlarını hesaplamak amacıyla Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi’nden Marmara Bölgesi’ndeki rüzgâr istasyonlarında kaydedilen rüzgâr hızları verileri talep etmiş, bunun karşılığında da 1975-2011 yıllarını içeren saatlik rüzgâr hızları temin edilmiştir. Daha sonra veriler 2016 yılına kadar güncellenmiştir.



Şekil 1. Durst eğrisi, 1960

Şekil 1’de maksimum rüzgâr hızı ortalamalarının saatlik rüzgâr hızına oranını gösteren Durst eğrisi, farklı periyot aralığında kaydedilen verileri birbirine dönüştürmeyi sağlamaktadır. Durst eğrisi kullanılarak temin edilen maksimum saatlik rüzgâr hızı kayıtları, 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızı kayıtlarına dönüştürülmüştür.

### **AŖırı Değer Analizi**

Örnek veri dizininden elde edilen maksimum eŖik-üstü-değeri (POT) genelleŖtirilmiŖ Pareto dağılımı (GPD) ile kullanılmıŖtır. AŖırı değer kuramının baŖarılı bir Ŗekilde uygulanması için, ekstrem değerlerin bağımsız ve eŖit daęılmıŖ olmaları gerekmektedir.

GPD'nin Ŗekil ve ölçek parametreleri sırasıyla ( $k$ ) ve ( $\alpha$ ) dir. GPD dağılımından örneklendirilen olayların maximumları GEC dağılımlı ve Ŗekil parametresi de ana GPD Ŗekil parametresine eŖittir.

GPD'nin kümülatif dağılım fonksiyonu aŖaęıdaki gibidir:

$$F(V) = 1 - \left[ 1 - \frac{k}{\alpha}(V - V_0) \right]^{1/k} \quad (1)$$

$V$ , yerden 10 m yükseklikte ve zeminin pürüzlük katsayısının 0,05 olduğu 10 dakikalık rüzgâr hızının maksimum değerinin tekrar hesaplanmıŖ değeri,  $V_0$ , seçilen eŖik ve  $(V - V_0)$  da aŖılma değeridir.  $K=0$  için, GPD sadece üstel fonksiyon:

$$F(V) = 1 - \exp \left[ -\frac{(V - V_0)}{\alpha} \right] \quad (2)$$

Nicelikleri hesaplamak için, eŖik değerinin kesit oranını tahmin etmek gerekmektedir. Eğer aŖılma iŖlemi  $n$ 'nin seçilen eŖik  $V_0$ , üzerindeki toplam aŖılma adedinin ve  $M$ 'nin de kayıt yıl değeri olduğunu gösteren  $L(L-n/m)$  oranıyla Poisson olduğu varsayılırsa, dönüŖ periyodu  $T$  olan  $V_T$  dağılımının rüzgâr hızı;

$$V_T = V_0 + \frac{\alpha}{k} [1 - (LT)^{-k}] \quad k \neq 0 \quad (3)$$

$$V_T = V_0 + \alpha \ln(LT) \quad k = 0 \quad (4)$$

Ŗeklinde dir.

Elde edilen yeni rüzgâr kayıtları kullanılarak aŖırı değerler çözümlenmeleri yapılmıŖ, eŖik üstü değer yöntemi kullanılarak temel rüzgâr hızları elde edilmiŖtir.

## SONUÇ

Türkiye’de yapılacak yüksek binalar, rüzgâr türbinleri, köprüler için temel rüzgâr hızı değerleri büyük öneme sahiptir. Rüzgâr yükleri hesabı için en önemli parametre olan temel rüzgâr hızı, bu çalışmada Marmara Bölgesi için elde edilmiştir. Özellikle yüksek yapıların tasarımında yapının inşa edileceği yere ait, ani rüzgâr faktörü, temel rüzgâr hızı, türbülans şiddeti gibi rüzgâr parametrelerinin bilinmesi gerçekçi ve güvenilir bir değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlar. Bu çalışmada, rüzgâr parametrelerinin en önemlisi olan temel rüzgâr hızının Marmara Bölgesi için elde edilmesi amaçlanmıştır.

Marmara Bölgesi’ndeki rüzgâr istasyonlarında kaydedilen rüzgâr hızlarının temin edilmesi için Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi’ne başvuruda bulunulmuş ve 1975-2016 yılları arasında kaydedilmiş rüzgâr hızları temin edilmiştir. Türkiye Meteoroloji İşleri Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi tarafından sağlanan rüzgâr hızları saatlik veriler olduğu için bu veriler 10 dakikalık hızlara dönüştürülmüştür. Temel rüzgâr hızının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için kayıt alınan sürenin uzunluğu önemlidir. Rüzgâr hızı istasyonlarının kayıt süreleri değişkendir, daha gerçekçi bir analiz yapabilmek amacıyla bu istasyonlardan 20 yıldan daha az veriye sahip olanlar istasyonlar elenmiş, 20 yıldan daha fazla hız verisine sahip olan 30 istasyonun (Ayvalık, Balıkesir / Gönen, Bandırma, Dursunbey, Edremit, Bilecik, Bozüyük, Bursa, Keles, Uludağ, Bozcaada, Çanakkale, Gökçeada, Edirne, İpsala, Uzunköprü, Florya, Kadıköy Rıhtım, Sarıyer, Sarıyer, Kumköy - Kilyos, Şile, Kırklareli, Kocaeli, Geyve, Sakarya, Çorlu, Malkara, Tekirdağ, Çınarcık, Yalova) ise 50 yıllık bir periyot için maksimum rüzgâr hızları hesaplanmış ve aşırı değer analizi yapılarak Marmara Bölgesi’ne ait temel rüzgâr hızları elde edilmiştir ve Tablo 1’de gösterilmiştir. 20 yıldan daha az veriye sahip istasyonlar tabloda verilmemiştir.

30 rüzgâr istasyonundaki veriler kullanılarak Marmara Bölgesi için hesaplanan temel rüzgâr hızı ortalaması yaklaşık 30 m/s olarak bulunmuştur. Bölgede en yüksek temel rüzgâr hızı 37.9 m/s ile Bozcaada’da, en düşük temel rüzgâr hızı ise 21.7 m/s ile Çınarcık Yalova’da elde edilmiştir.

*Tablo 1. Marmara Bölgesi'ndeki rüzgâr istasyonları için elde edilen temel rüzgâr hızları*

İstasyon İsmi	Şehir	İstasyon no	Süre (ay)	Enlem	Boylam	Temel rüzgâr hızı (m/s)
AYVALIK	Balıkesir	17175	496	39.32	26.70	28.4
BALIKESİR / GÖNEN	Balıkesir	17674	400	40.10	27.65	26.7
BANDIRMA	Balıkesir	17114	366	40.32	27.98	28.4
DURSUNBEY	Balıkesir	17700	367	39.58	28.62	26.1
EDREMİT	Balıkesir	17145	495	39.60	27.02	27.2
BİLECİK	Bilecik	17120	394	40.15	29.98	29.5
BOZÜYÜK	Bilecik	17702	402	39.92	30.03	30.2
BURSA	Bursa	17116	494	40.22	29.00	30.5
KELES	Bursa	17695	358	39.92	29.07	32.9
ULUDAĞ	Bursa	17676	485	40.12	29.12	35.1
BOZCAADA	Çanakkale	17111	461	39.83	26.07	37.9
ÇANAKKALE	Çanakkale	17112	494	40.13	26.40	33.8
GÖKÇEADA	Çanakkale	17110	493	40.18	25.90	36.9
EDİRNE	Edirne	17050	495	41.68	26.55	26.9
İPSALA	Edirne	17632	479	40.92	26.37	31.7
UZUNKÖPRÜ	Edirne	17608	491	41.25	26.68	28.6
FLORYA	İstanbul	17636	491	40.98	28.78	24.7
KADIKÖY RIHTIM	İstanbul	17062	492	40.97	29.08	24.8
SARIYER	İstanbul	17061	495	41.15	29.05	26.3
SARIYER / KUMKÖY-KİLYOS	İstanbul	17059	491	41.25	29.02	30.8
ŞİLE	İstanbul	17610	494	41.17	29.60	30.6
KIRKLARELİ	Kırklareli	17052	203	41.73	27.22	33.8
KOCAELİ	Kocaeli	17066	416	40.77	29.93	31.9
GEYVE	Sakarya	17662	281	40.52	30.30	26.9
SAKARYA	Sakarya	17069	496	40.77	30.40	25.8
ÇORLU	Tekirdağ	17054	490	41.15	27.82	31.8
MALKARA	Tekirdağ	17634	410	40.88	26.92	34.7
TEKİRDAĞ	Tekirdağ	17056	482	40.98	27.50	35.6
ÇINARCIK	Yalova	17658	357	40.65	29.12	21.7
YALOVA	Yalova	17119	388	40.67	29.28	23.4

Marmara Bölgesi için elde edilen temel rüzgâr hızları, bu bölgede yapılacak yüksek periyoda sahip çok katlı yapıların, rüzgâr

türbinlerinin ve asma köprülerin tasarımında önemli bir veri olacaktır. Elde edilen değerler Türkiye için oluşturulabilecek temel rüzgâr hızları haritasında ve çok katlı binalar rüzgâr yönetmeliği için önemli bir veri olacaktır.

Rüzgâr istatistiklerini elde etmek özellikle yüksek yapıların inşa edilebileceği bölgelerde çok önemlidir. Bu bölgelere kurulacak anemometreler ile bu parametreler elde edilebilir. Rüzgâr hızı ve çok katlı yapı arasındaki ilişki, yapıya yüksekliği boyunca farklı noktalarda kurulacak anemometreler ve yapısal sağlık izlemesiyle incelenebilir. Binaların rüzgâra dik yöndeki titreşimler için farklı çalışmalar olmasına karşın gelişmeye açık bir konudur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın kapsamında Marmara Bölgesi Meteoroloji İstasyonları rüzgâr hızı verilerine ulaşmamızı sağlayan Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç biliriz.

## KAYNAKÇA

An, Y. ve Pandey, M.D. (2005). A comparison of methods of extreme wind speed estimation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 93, 535-545.

Bajic, A. ve Peros, B. (2005). Meteorological basis for wind loads calculation in Croatia. *Wind and Structures*, 8(6), 389-406.

Davenport, A.G. (1960). Rationale for determining design wind velocities. *J. Atmos. Civ. Soc. Civ. Eng. Struct. Div.* 86, 39-68.

Davenport, A. G. (1961). The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 87(372), 194-211.

Davenport, A. (1966). Design factors for evaluating the dynamic action of wind on structures. To be published in Proc. In Am. Soc. Civ. Eng.

Davenport, A.G. (1967). Gust loading factors. *J. Struct. Engr., ASCE*, 93, 11-34.

Davison, A.C. ve Smith, R.L. (1990). Models for exceedances over high thresholds. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 52 (3), 393-442.

- Gumbel, E.J. (1958). Statistics of extremes. *Columbia University Press*.
- İYBRY. (2008). *İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliği*, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem AraŖtırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi Çengelköy, İstanbul.
- Kasperski, M. (2002). A new wind zone map for Germany. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 90, 1271-1287.
- Lakshmanan, N., Gomathinayagam, S., Harikrishna, P., Abraham, A. ve Ganapathi, S.C. (2009). Basic wind speed map of India with long-term hourly wind data. *Current Science*, 96, 7, 911-922.
- Pickands, J. I. (1975). Statistical inference using extreme order statistics. *The Annals of Statistics*, 3(1), 119-131.
- Ŗahin, A.D. (2002). Hourly wind velocity exceedence maps of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 44, 549-557.
- TS498, (1997). Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü
- Umut, Ö. (2014). *Yüksek yapılarda rüzgâr etkilerinin stokastik yöntemle çözümlenmesi ve baskın etkilerin parametrik incelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.



# **BÖLÜM 2**

# **YÖNETİM ARAŖTIRMALARI**

# **Ergonomik Kısıtlı Karma Modelli U-Tipi Montaj Hattı Dengelemesi**

**Mahammadalı Nahmatlı**

*EskiŖehir Teknik Üniversitesi, EskiŖehir, Türkiye*  
**(0000-0002-2804-4203)**

**Banu Güner**

*EskiŖehir Teknik Üniversitesi, EskiŖehir, Türkiye*  
**(0000-0002-5101-6841)**

## GİRİŞ

Montaj hattı ilk olarak Henry Ford tarafından, 19. yüzyılın başlarında ürün üretmenin en verimli yolu olarak tasarlanmıştır. İlk montaj hattı, her iş istasyonunun bir malzeme taşıma ekipmanı ile bağlanmasıyla, düz bir şekilde tasarlanmış bir sıra iş istasyonundan oluşturulmuştur (Grzechca, 2011). Ürünün montaj hattı üzerindeki yolculuğu, hammadde ya da yarı mamulün ilk istasyona önceden belirlenmiş bir besleme hızında girmesi ile başlar. Montaj hattında ürün üzerinde, atanan iş elemanlarının gerçekleştirildiği herhangi bir nokta, iş istasyonu olarak kabul edilir. Bu iş elemanları makine, robot ve operatörler tarafından gerçekleştirilebilir. Ürün bir iş istasyonuna geldiğinde istasyona atanan iş elemanları gerçekleştirilir ve ürün bir sonraki istasyona doğru hareket eder (Rekiek ve Delchambre, 2005). Ürünün son haline gelmesi için gereken tüm iş elemanları tamamlanana kadar, yani montaj hattının sonuna ulaşip paketlenmesine kadar süreç devam eder. Genellikle üretim süreçlerinin son aşamalarını oluşturan montaj hatlarının performansı, genel performans üzerinde önemli etkiye sahiptir. Birçok sayıda işletme, üretim süreçlerinin performansını arttırmak için, montaj hatlarını kullanmakta ve diğer üretim aşamaları ile dışarıdan tedarik edilecek mamullerin akış hızlarını montaj hatlarının ihtiyacına göre ayarlamaktadır. Montaj hatlarında dengeleme sonrası dengenin sürdürülebilirliği önemlidir. Sürdürülebilirliği sağlamak adına son yıllarda, montaj hattı dengeleme sırasında ergonomik faktörleri dikkate alan çalışmalarda artış görülmektedir. Bu çalışmada, ergonomik faktörleri dikkate alarak çözüm aranan montaj hattı dengeleme literatüründe göz önünde bulundurulmamış karma modellenmiş U-tipi montaj hattı dengeleme problemi ele alınmıştır. Çalışmada, ergonomik karma modellenmiş U-tipi montaj hattı dengeleme (Ergo-KUMHD) problemi için bir karma tam sayılı doğrusal programlama (KTDP) modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelle, istasyonlara atanan işlerin ergonomik risk değerlendirme yöntemi olan Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) skorlarının ve iş istasyonu sayısının enküçüklenmesi amaçlanmıştır. Önerilen modelin uygulanması için, otomotiv alanında faaliyet gösteren bir fabrikada vaka çalışması yapılmış ve sonuçlar grafikler yardımıyla sunulmuştur. Geliştirilen modelin uygulama verilerinde çözüme ulaşma süresi ilgili bölümlerde verilmiştir. Modelle, 60`ın üstünde iş elemanına sahip test problemleri bir gün boyunca çalışmasına izin verilerek sınanmış ancak eniyi çözüm elde

edilememiŖtir. Montaj hatlarının yer aldığı üretim ortamlarının dinamik yapısı gereği daha kısa sürede uygun çözüme ulaşmak için, Ergo-KUMHD problemine yönelik sezgisel ya da meta-sezgisel yaklaşımlar kullanılabilir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Miltenburg ve Wijngaard (1994), U-tipi montaj hattına yönelik yapılan ilk çalışmadır. Bu çalışmada ilk defa U-tipi montaj hattının dengeleme problemi tanıtılmış, modellenmiş ve çözüm prosedürleri gösterilmiştir. Ek olarak, geleneksel montaj hattı dengeleme problemi için geliştirilmiş çözüm tekniklerinin yeni probleme de uyarlanabileceği gösterilmiştir. Çalışmada, literatürde var olan problemlerin hesaplama sonuçları verilmiştir. Fokkert ve Kok (1997), iş istasyonlarına iş elemanlarının atanmasıyla ilgilenmişlerdir. Karma modellenmiş montaj hattı dengeleme problemini literatürde var olan iki farklı yaklaşımla ele almışlardır. Bu yaklaşımlar; birleştirilmiş öncelik diyagramları ve belirlenmiş işlem süresi yaklaşımlarıdır. Bu yaklaşımların her ikisinde de karma modellenmiş montaj hattı dengeleme problemini tek modellenmiş montaj hattı dengeleme problemine dönüştürerek çözüm aramışlardır. Urban (1998), U-tipi montaj hattı dengeleme problemi için en basit ve anlaşılabilir modeli sunmuştur. Bu modelin Miltenburg ve Wijngaard'ın önerdiği modelin çözebildiği problemlerden daha büyük problemleri en iyi şekilde çözebileceği gösterilmiştir. Urban'ın çalışması U-tipi montaj hattı dengeleme problemi çözümünün temelini oluşturur. Miltenburg J. (2002), U-tipi karma asenkron montaj hattını ele almıştır. Çalışmada iki önemli problem çözülmeye çalışılmıştır. Birinci problem, montaj hattındaki istasyonlara iş elemanlarının atanması yani hat dengelemesi, ikincisi ise modellerin üretileceği sıranın seçilmesidir. Gökçen ve Ağpak (2004), U-tipi montaj hattı dengeleme problemine yönelik çok kriterli karar verme yaklaşımı uygulamışlardır. Önerilen model, farklı alternatiflerin değerlendirilmesinde karar vericiye daha fazla esneklik sağlar. Aase vd. (2004), düz montaj hattı yerine U-tipi montaj hattı kullanılmasının neden verimliliği artıracakını açıklamışlardır. Baykasoğlu ve Özbakır (2007), U-tipi montaj hatlarını stokastik iş elemanı süreleri ile dengelemek için yeni çoklu kural tabanlı genetik algoritma (GA) önermişlerdir. Önerilen algoritma COMSOAL yöntemini, iş elemanı atama sezgisel yöntemlerini ve GA'yı sorunsuz bir şekilde bütünleştirmektedir. Önerilen algoritmada on farklı iş elemanı atama sezgisel yöntemi kullanılmıştır. İş elemanı

sürelerinin normal dağıldığı varsayılmıştır. Önerilen algoritma, mevcut literatürden, farklı çevrim sürelerine sahip, yedi test problemi üzerinde test edilmiştir. Algoritma, bir test problemi hariç, mevcut sonuçlardan çok daha kısa çözüm sürelerinde uygun çözümleri bulmuştur. Otto ve Scholl (2011), montaj hatlarının ergonomik faktörler dikkate alınarak yeniden dengelenmesi üzerine çalışmışlardır. Aynı zamanda, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin çoğunun, doğrusal olmayan fonksiyonlar içermesine rağmen, düşük ek hesaplama maliyetiyle montaj hattı dengeleme tekniklerine entegre edilebileceğini göstermişlerdir. Hesaplamalar sayesinde, yeniden dengelemenin genellikle ergonomik risklerin önemli ölçüde azaltılmasına yol açtığı bulunmuştur. Battini vd. (2011), montaj hattı dengeleme problemlerinde ergonomik risk kavramının dikkate alınmasının önemini vurgulamışlardır. Ergonomik risk kavramı, iş elemanının türüne ve işlem süresine göre ergonomik risk kategorisine bağlı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, postüral yükler, tekrarlayan hareketler ve manuel kullanım gibi risk faktörlerinin çeşitli değerlendirme yöntemlerini birleştiren bir risk kategorisi sınıflandırması önerilmiştir.

## **ERGONOMİK KARMA MODELLİ U-TİPİ MONTAJ HATTI DENGELEME (Ergo-KUMHD)**

U-tipi montaj hatlarında operatörler hattın ortasında çalıştığı ve hattın iki bacağı arasında gidip gelebildiği için, ilk iş elemanı ve son iş elemanının aynı istasyona atanması gibi iş elemanı gruplama avantajı bulunmaktadır. Bu durum, U-tipi montaj hatlarında daha az istasyon açma avantajı sağladığından, işletmelerin yaygın olarak U-tipi yerleşimi benimsemelerine yol açmaktadır. U-tipi montaj hatları düz hatlara göre çeşitli avantajlara sahiptir (Miltenburg ve Wijngaard, 1994):

- Operatörlerin birbirine yakınlığı nedeniyle görünürlük ve iletişim güçlüdür. Kalite sorunları ortaya çıktığında, bunlar hızla tespit edilebilir ve çözülebilir. Sorun çıktığında operatörlerin birbirlerine yardım etmeleri de daha kolaydır.
- Operatörler, U-tipi montaj hattındaki işlemlerin çoğunu gerçekleştirmek için birden çok yetkinliğe sahiptir. Bu, operatörlere çevrim süresindeki veya çıktı oranındaki değişikliklere hızlı uyum sağlama ve problemlere hızlı çözüm üretme için ihtiyaç duydukları becerileri verir. Çoklu beceri kazandırma aynı zamanda organizasyona "know-how" ı dağıtır

ve daha fazla operatörün süreci iyileŖtirme çalıŖmalarına katılmasını sağlar.

- Bir U-hattında gereken istasyon sayısı geleneksel bir hat için gereken istasyon sayısından daha fazla olmaz. Bunun nedeni, iŖ elemanlarının U-hattında gruplanması sırasında daha fazla olasılığın mevcut olmasıdır (Düz hatlarda yalnızca öncülü atanmış iŖ elemanları kümesinden bir istasyonda gruplama yapılabilirken, U-tipi montaj hatlarında öncülü atanmış iŖ elemanları ile ardılı atanmış iŖ elemanlarının oluşturduğu kümeden gruplama yapılabilir).

Ele alınan bu avantajlar gibi birçok üstünlük U-tipi montaj hatlarının düz hatlara tercih edilmesine yol açmaktadır. U-tipi yerleŖimde montaj hattı dengelenirken, belki daha az sayıda hizmet eden operatörlere atanan iŖ yükü yalnızca süre olarak kontrol edilmektedir. Bu da uzun vadede, iŖlerin operatörler üzerinde yarattığı zorlanmaları dikkate almadığından, elde edilen hat dengesinden sapmalara yol açmaktadır. Daha sürdürülebilir hat dengesi için son yıllarda montaj hattı dengeleme sürecinde ergonomik faktörlerin dikkate alındığı çalıŖmalar göze çarpmaktadır (Güner ve Servet, 2012; Battini, vd., 2016; Tiacci ve Mimmi, 2018; Arkhipov vd., 2018; Ŗahin ve Kahya 2018). U- yerleŖim ve karma modellenli üretim söz konusu olduğunda operatörlerin iŖ yükü daha da artmaktadır. Literatürde bu tür üretime yönelik ergonomik koŖulları da dikkate alan bir çalıŖmaya rastlanmamıştır. Hem U- yerleŖim ve karma modellenli üretimin getireceği yüklerin hem de iŖlerin sahip olduğu ergonomik yüklerin operatörler üzerindeki etkisi göz ardı edilemeyeceğinden, çalıŖmada probleme yönelik bir karma tamsayıli matematiksel model geliŖtirilmiştir.

### ***Ergo-KUMHD için Karma Tamsayıli Programlama Modeli***

GeliŖtirilen modelde kullanılmak üzere ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, iŖe bağlı olarak oluŖan Kas-İskelet Hastalıkları (KİSH) risklerine maruz kalmayı hızlı bir biçimde değerlendirmektedir. Uygulayıcıların ihtiyaçlarına ve başlıca KİSH risk faktörleri üzerinde yapılan araŖtırmalara dayanmaktadır. Yüksek düzeyde hassasiyete sahip olan HMD yönteminin, kolay kullanılabilirliği ve güvenilir olması en temel özelliklerindedir.

Tüm değerlendirme aŖamaları sonrası elde edilen örnek bir risk değerlendirme Tablo 1'de görölmektedir.

Tablo 1. Risk değerlendirme toplam skorları

Toplam Skorlar			
Sırt	Omuz/Kol	Bilek/El	Boyun
24	22	32	16
Araba Kullanma	Titreşim	Çalışma Temposu	Stres
1	1	4	9

Her bir istasyona atanan işlerin HMD skorlarının ve hattın çevrim süresinin en küçüklenmesi amacıyla ele alınan Ergonomik Karma modeli U-tipi montaj hattı dengeleme (Ergo-KUMHD) problemi için bir karma tamsayılı doğrusal programlama (KTDP) modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model Urban'ın (1998) modeline dayanmaktadır. Ergo-KUMHD için geliştirilen model, ürün modellerini dikkate alarak, istasyonlara iş elemanı bazında atama yapmaktadır. Oluşturulan model için kullanılan gösterimler izleyen şekildedir:

### Notasyonlar

$nM$	model sayısı
$nI$	iş elemanı sayısı
$nJ$	enbüyük istasyon sayısı
$C$	çevrim süresi
$m, m_1, m_2 \in \{1, \dots, nM\}$	model indisleri ve kümesi
$i, i', r, s \in \{1, \dots, nI\}$	iş elemanı indisleri ve kümesi
$j \in \{1, \dots, nJ\}$	istasyon indisleri ve kümesi
$(r, s) \in P$	birleştirilmiş öncelik ilişkileri kümesi
$(i, i') \in NB$	aynı istasyona atanmaması gereken ikili iş elemanları kümesi
$t_{im}$	$m$ modeline ait $i$ . iş elemanının işlem süresi

$\gamma_{im}$	$m$ modeline ait $i$ . iş elemanının HMD Skoru
$m\varphi$	en yüksek HMD skoruna sahip iş istasyonunun HMD skor değeri
$\varphi_j$	$j$ istasyonun HMD skor değeri
$z_j$	eğer $j$ istasyonu açıldıysa, 1; diğer durumlarda, 0.
$x_{ij}$	eğer $i$ iş elemanı $j$ istasyonuna ileri doğrultuda atanırsa, 1; diğer durumlarda, 0.
$y_{ij}$	eğer $i$ iş elemanı $j$ istasyonuna geri doğrultuda atanırsa, 1; diğer durumlarda, 0.

### Amaç fonksiyonu

$$m\varphi \geq \varphi_j \quad \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (1)$$

$$Min = w_1 \times \sum_{j=1}^{nJ} z_j + w_2 \times m\varphi \quad (2)$$

Eşitlik (1), hat içerisinde HMD skoru en yüksek olan istasyonun HMD skorunun  $m\varphi$  değişkenine atanmasını sağlar. Eşitlik (2), çalışmada ele alınan Ergo-KUMHD probleminin amaç fonksiyonudur.

Burada, verilen ağırlıklar ile:

7. Açılan istasyon sayısının en küçüklenmesi,
8. Hat içerisinde HMD skoru en yüksek olan istasyonun HMD skorunun en küçüklenmesi, dikkate alınır.

### Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^{nJ} (x_{ij} + y_{ij}) = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, nI\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{nI} ((x_{ij} \times t_{im_1}) + (y_{ij} \times t_{im_2})) \leq C \times z_j \quad \forall m_1, m_2 \in \{1, \dots, nM\}, \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (4)$$



$$\sum_{j=1}^{nJ} \left( (nJ - j + 1) \times (x_{rj} - x_{sj}) \right) \geq 0 \quad \forall (r, s) \in P \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{nJ} \left( (nJ - j + 1) \times (y_{sj} - y_{rj}) \right) \geq 0 \quad \forall (r, s) \in P \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{nI} \left( (x_{ij} \times \gamma_{im_1}) + (y_{ij} \times \gamma_{im_2}) \right) \leq \varphi_j \quad \forall m_1, m_2 \in \{1, \dots, nM\}, \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (7)$$

$$x_{ij}, y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \{1, \dots, nI\}, \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (8)$$

$$\varphi_j \geq 0 \quad \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (9)$$

$$z_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (10)$$

Eşitlik (3) – (10) Ergo- KUMHD probleminin kısıtlarını oluşturmaktadır. Eşitlik (3), her bir iş elemanının mutlaka bir istasyona ileri ya da geri pozisyonda atanmasını sağlar. Eşitlik (4), herhangi bir iş istasyonuna farklı modellerin iş elemanları atansa dahi, toplam istasyon süresinin çevrim süresini aşamayacağını gösterir. Eşitlik (5) ve (6) öncelik ilişkileri kısıtıdır. Eşitlik (5), ileri atamada öncelik ilişkilerinin ihlalini önler. Eşitlik (6), geri atamada öncelik ilişkileri ihlalini önler. Eşitlik (7), herhangi bir iş istasyonunda gruplanan işlerin HMD skor değerinin hesaplanmasını sağlar. Eşitlik (8) – (10) işaret kısıtlarıdır.

Ana kısıtlara ek olarak, herhangi bir  $i$  işinin yapılabileceği iş istasyonu  $j$ -nin önceden bilinmesi durumunda, herhangi iki  $i$  ve  $i'$  işinin aynı  $j$  istasyonuna atanmaması gerektiği durumu göz önüne alınarak, Ergo-KUMHD problemi için oluşturulan KTDP matematiksel modeline (11) – (12) kısıtları da dahil edilmektedir.

$$x_{ij} + x_{i'j} \leq 1 \quad \forall (i, i') \in NB, \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (11)$$

$$y_{ij} + y_{i'j} \leq 1 \quad \forall (i, i') \in NB, \forall j \in \{1, \dots, nJ\} \quad (12)$$

Eşitlik (11) ve (12) ileriden ya da geriden, aynı istasyona atanmaması gereken iş elemanlarının birlikte atanmasını önler.

## UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu uygulama çalışmasında kullanılan veriler bir amortisör fabrikasındaki montaj hattından elde edilmiştir. Önce, montaj hattındaki iş elemanları gözlenmiş, ardından HMD ergonomik risk

yöntemi kullanılarak iş elemanlarının HMD skorları belirlenmiştir. Montaj hattında ürünler beş farklı model şeklinde üretilmektedir. Toplam iş elemanı sayısı tüm modellerde 28'dir. Çevrim süresi 80 saniyedir. İş elemanlarının süreleri, hesaplanmış HMD skorları ve tüm modeller için geçerli birleştirilmiş öncelik diyagramı eklerde (EK-1, EK-2, EK-3) verilmiştir. Modelin amaç fonksiyonundaki ağırlıklara yönelik analiz yapabilmek amacıyla, amaç fonksiyonlarının ağırlıkları ( $w_1 = 10, w_2 = 1$ ) ; ( $w_1 = 100, w_2 = 1$ ) ; ( $w_1 = 1, w_2 = 0$ ) olacak şekilde 3 farklı durum için sınanmıştır. Model Intel(R) Celeron(R) CPU N2830 2.16 GHz işlemcili ve 8 GB RAM bulunan bir kişisel bilgisayarda çalıştırılmıştır.

Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 10, w_2 = 1$  olan modelin Gurobi çözücüsü ile çözülmesi sonucunda elde edilen istasyon sayısı, istasyonlara atanan iş elemanları ve istasyonlardaki toplam HMD skorları Tablo 2.'de sunulmaktadır. Modelin bu amaç fonksiyonları ağırlıklarıyla çözüm süresi 357 saniyedir.

*Tablo 2. Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 10, w_2 = 1$  değerleri için elde edilen çözüm*

	<b>İleri Atama</b>	<b>Geri Atama</b>	<b><math>\varphi_j</math></b>
İstasyon 1	1, 2, 3, 9, 12	28	56.4
İstasyon 2	4, 7, 13	25, 27	56.8
İstasyon 3	5, 6, 14, 15	-	56.5
İstasyon 4	10, 11	22, 26	56.8
İstasyon 5	8, 16, 17, 18, 19	-	54.8
İstasyon 6	20, 23, 24	21	56
Enbüyük Değer	-	-	56.8
Enküçük Değer	-	-	54.8
Ortalama Değer	-	-	55.21
Standart Sapma	-	-	0.69

Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 100, w_2 = 1$  olan modelin Gurobi çözücüsü ile çözülmesi sonucunda elde edilen istasyon sayısı, istasyonlara atanan iş elemanları ve istasyonlardaki toplam HMD skorları Tablo 3'te sunulmaktadır. Modelin bu amaç fonksiyonları ağırlıklarıyla çözüm süresi 1028 saniyedir.

Tablo 3. Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 100, w_2 = 1$  değerleri için elde edilen çözüm

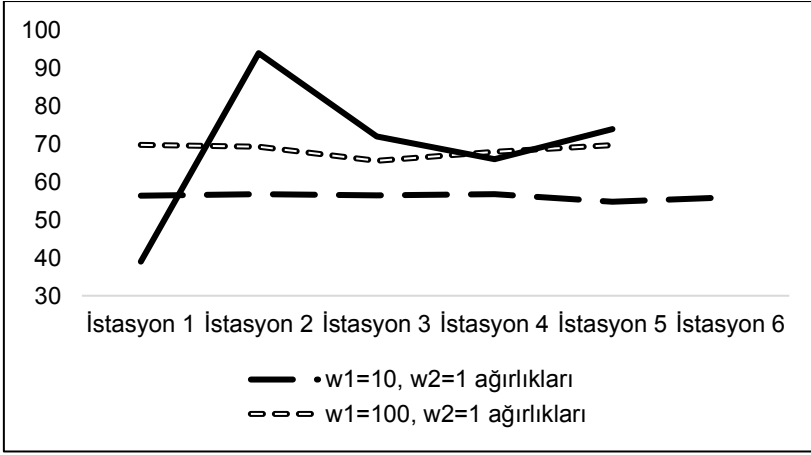
	İleri Atama	Geri Atama	$\varphi_j$
İstasyon 1	1, 4, 7, 14	11, 28	69.8
İstasyon 2	2, 3, 12, 23, 24, 25	-	69.3
İstasyon 3	5, 6, 13, 15	27	65.6
İstasyon 4	9, 10, 16	22,26	68
İstasyon 5	8, 17, 18, 19	20, 21	69.7
Enbüyük Değer	-	-	69.7
Enküçük Değer	-	-	65.6
Ortalama Değer	-	-	68.48
Standart Sapma	-	-	1.57

Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 1, w_2 = 0$  olan modelin (yalnızca istasyon sayısının en küçüklenmesi dikkate alınarak, en büyük HMD skorunun en küçüklenmesini dikkate almayan modelin) Gurobi çözücü ile çözülmesi sonucunda elde edilen istasyon sayısı, istasyonlara atanan iş elemanları ve istasyonlardaki toplam HMD skorları izleyen tabloda sunulmaktadır (Tablo 4). Modelin bu amaç fonksiyonları ağırlıklarıyla çözüm süresi 3 saniyedir.

Tablo 4. Amaç fonksiyonu ağırlıkları  $w_1 = 1, w_2 = 0$  değerleri için elde edilen çözüm

	İleri Atama	Geri Atama	$\varphi_j$
İstasyon 1	1,7	26,27, 28	39
İstasyon 2	9,10	11,20,21, 22,	94
İstasyon 3	2,23,24	18, 19, 25	72
İstasyon 4	3,4,12	6,8,17	66
İstasyon 5	14	5,13,15,16	74
Enbüyük Değer	-	-	94
Enküçük Değer	-	-	39
Ortalama Değer	-	-	69
Standart Sapma	-	-	17,71

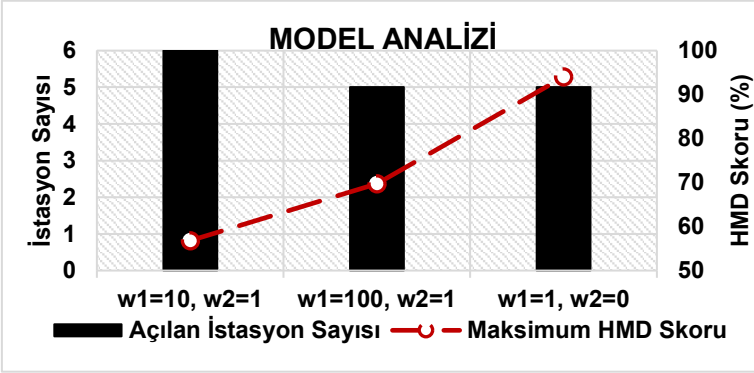
İstasyonların HMD skorlarının ağırlıklara göre dağılımı grafiğini çizdiğimizde Şekil 1'deki grafik ortaya çıkmaktadır. Grafikten görüldüğü üzere amaç fonksiyon ağırlıkları  $w_1 = 1, w_2 = 0$  olan modelin çözümünde daha az istasyon sayısı elde edilse de, istasyonlar arasında HMD skorlarının dengesiz bir şekilde dağıldığı görülmektedir.



Şekil 1. İstasyonların HMD skorlarının çözümlere göre dağılımı

Amaç fonksiyon ağırlıkları  $w_1 = 10$ ,  $w_2 = 1$  olan modelin çözümünde birinci amaç  $w_1 = 100$  olan ağırlığa göre daha az önemsenirken istasyon sayısı artmakta, ve ikinci amaç ağırlığı  $w_2 = 1$  olmasına rağmen HMD skorlarının istasyonlar arasında daha dengeli dağıldığı görülmektedir. Böylece model, karar vericiye farklı alternatif ağırlık yaklaşımları için sonuç alma imkanı sunmaktadır.

Ele alınan alternatif ağırlık değerlerinin istasyon sayısı ve enbüyük HMD skorlarına etkisi Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Ağırlık değerlerinin istasyon sayısı ve HMD skorlarına etkisi

## SONUÇ

Bu çalışmada geliştirilmiş olan Ergo-KUMHD'ye yönelik KTDP modelinin, klasik KUMHD modellerine nazaran HMD skorlarını istasyonlara daha dengeli atadığı görülmektedir. Karar vericinin benimseyeceği amaç ağırlıklarına göre, HMD skorunu dengeli atamanın yanında yeni istasyon açmadan bunu yapması işletmeler için ekonomik açıdan daha cazip olmaktadır. Çalışmanın en önemli katkısıysa, hat boyunca operatörlere ergonomik açıdan daha dengeli bir atama yaparak çalışma koşullarını iyileştirmesidir. Bu iyileştirme, iş kazalarının ve tekrarlı işlere bağlı oluşan hastalıkların azaltılmasında yardımcı olacaktır. Tüm bunlar işletmelerdeki sürdürülebilirliği artıracak ve daha iyi çalışma koşulları oluşturulabilecektir. Literatürde büyük boyutlu kabul edilen problemlerde, ergonomik amacın etkisiyle modelin çözüm süresi uzayabilmektedir. İş ortamında hızlı karar alma gerekliliği göz önünde bulundurulursa, Ergo-KUMHD problemi için sezgisel ya da meta sezgisel yaklaşımlarla çözüm aranabilir. Bu kapsamda Genetik Algoritma ile büyük boyutlu problemler için daha kısa sürede çözüm elde etme çalışmaları devam etmektedir.

## KAYNAKÇA

Aase, G., Olson, J. ve Schniederjans, M. (2004). U-shaped assembly line layouts and their impact on labor productivity: An experimental study. *European Journal of Operational Research*, 156(3), 698-711. <https://academic.microsoft.com/paper/2045070534> adresinden alındı

Arkhipov, D., Battaia, O., Cegarra, J. ve Lazarev, A. (2018). Work planning in low-volume assembly lines under ergonomic constraints. *Procedia CIRP*, 72, 786-789. <https://academic.microsoft.com/paper/2810315531> adresinden alındı

Battini, D., Delorme, X., Dolgui, A., Persona, A. ve Sgarbossa, F. (2016). Ergonomics in assembly line balancing based on energy expenditure: a multi-objective model. *International Journal of Production Research*, 54(3), 824-845. <https://academic.microsoft.com/paper/2293198657> adresinden alındı

Battini, D., Faccio, M., Persona, A. ve Sgarbossa, F. (2011). New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(1), 30-42. <https://academic.microsoft.com/paper/2087430933> adresinden alındı

Baykasoğlu, A. ve Özbakır, L. (2007). Stochastic U-line balancing using genetic algorithms. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(1), 139-147. <https://academic.microsoft.com/paper/2020903639> adresinden alındı

Fokkert, J.-D. ve Kok, A. (1997). The mixed and multi model line balancing problem: a comparison. *European Journal of Operational Research*, 100(3), 399-412. <https://academic.microsoft.com/paper/2017146819> adresinden alındı

Gökçen, H. ve Ağpak, K. (2004). A goal programming approach to simple U-line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, 171(2), 577-585. <https://academic.microsoft.com/paper/2132248597> adresinden alındı

Grzechca, W. (2011). *Assembly Line - Theory and Practice*. <https://academic.microsoft.com/paper/2475719997> adresinden alındı

Güner, B. ve Servet, H. (2012). Sürdürülebilir Denge İçin Ergonomik Faktörleri İçeren U-Tipi Montaj Hattı Dengelemesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2). <https://academic.microsoft.com/paper/1927684390> adresinden alındı

Miltenburg, G. J. ve Wijngaard, J. (1994). The U-line Line Balancing Problem. *Management Science*, 40(10), 1207-1393. doi:10.1287/mnsc.40.10.1378

Miltenburg, J. (2002). Balancing and Scheduling Mixed-Model U-Shaped Production Lines. <https://academic.microsoft.com/paper/101335119> adresinden alındı

Otto, A. ve Scholl, A. (2011). Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 277-286. <https://academic.microsoft.com/paper/2057599986> adresinden alındı

Rekiek, B. ve Delchambre, A. (2005). *Assembly Line Design: The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms (Springer Series in Advanced Manufacturing)*.

Şahin, B. ve Kahya, E. (2018). Hedef Programlama Modeli İle Ergonomik Kısıtlar Altında Montaj Hattı Dengelemesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 188-196. <https://academic.microsoft.com/paper/2905684818> adresinden alındı

Tiacci, L. ve Mimmi, M. (2018). Integrating ergonomic risks evaluation through OCRA index and balancing/sequencing decisions for mixed model

stochastic asynchronous assembly lines. *Omega-international Journal of Management Science*, 78, 112-138.  
<https://academic.microsoft.com/paper/2756755627> adresinden alındı

Urban, T. L. (1998). Note. Optimal Balancing of U-Shaped Assembly Lines. *Management Science*, 44(5), 738-741.  
<https://academic.microsoft.com/paper/2010919652> adresinden alındı

**EK-1 Model Bazında İş Elemanları Süreleri (sn)**

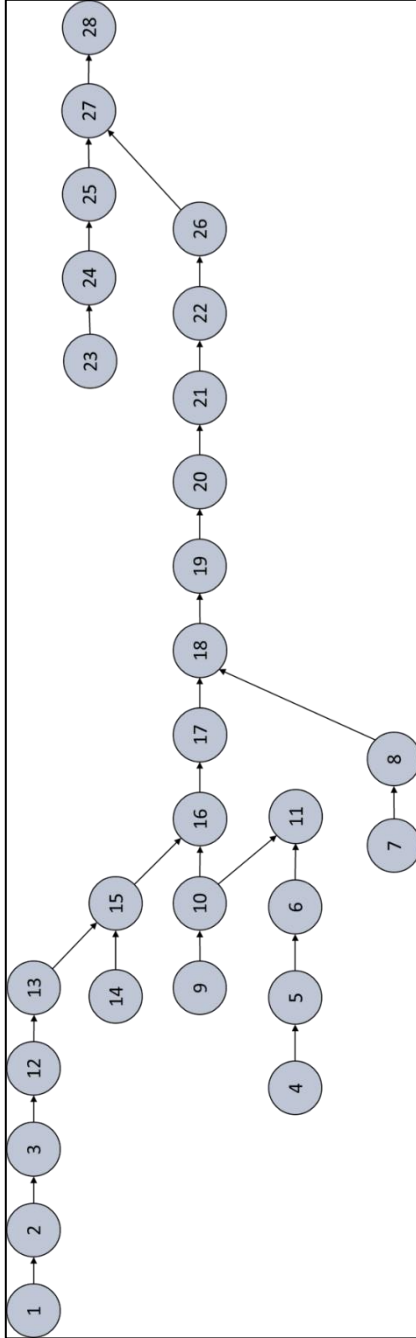
<b>İŖlem Süreleri</b>						
<b>İŖ Elemanları</b>	<b>Model</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>M-4</b>	<b>M-5</b>
1- Rezerv Boru Kesme		9	6	6	7	7
2- Rezerv Boru Yıkama		8	5	4	5	6
3- Rezerv Boru Sıvama		6	9	7	6	6
4- Basınç Borusu Kesme		10	8	7	9	7
5- Basınç Borusu KöŖe Kırma		7	6	5	5	4
6- Basınç Borusu Kanal Açma		10	13	11	10	12
7- Metal Stoper Montajı		22	24	26	25	23
8- Piston Grubu Montajı		18	15	15	20	14
9- Taban Valf Grubu Montajı		16	18	15	17	16
10- Taban Valf Grubu Perçinleme		5	5	5	6	6
11- Basınç Boru Montajı		11	13	10	12	10
12- Kaynak 1		17	21	21	27	17
13- Kaynak 2		18	20	20	20	17
14- Körük Bileziği CNC Tornalama		11	10	9	11	8
15- Kaynak 3		17	15	25	28	22
16- Rezerv Boru Montajı		14	13	11	13	12
17- Yağ Dolum		10	10	9	8	8
18- Mil Montaj		24	24	22	26	26
19- Kılavuz Basma		5	6	8	6	8
20- Amortisör Kapama		9	8	7	7	9
21- Markalama		10	10	11	11	10
22- Boyama		23	26	25	26	24
23- ManŖon Kaynak		18	18	21	20	17
24- Üst Bağlantı Boyama		11	13	12	13	10
25- Burçlu Kauçuk Montajı		10	10	8	9	7
26- Gaz Basma		16	16	15	17	16
27- Son Montaj		16	16	14	15	13
28- Ambalajlama		15	15	17	14	15



**EK-2 Model Bazında İş Elemanları İçin HMD Skorları**

Hmd Skorları					
İş Elemanları \ Model	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
1- Rezerv Boru Kesme	9.3	6.2	6.2	7.2	7.2
2- Rezerv Boru Yıkama	7.4	4.6	3.7	4.6	5.6
3- Rezerv Boru Sıvama	7.4	11.1	8.6	7.4	7.4
4- Basınç Borusu Kesme	9.3	7.4	6.5	8.3	6.5
5- Basınç Borusu Köşe Kırma	6.8	5.8	4.9	4.9	3.9
6- Basınç Borusu Kanal Açma	14.8	19.3	16.3	14.8	17.8
7- Metal Stoper Montajı	13.0	14.1	15.3	14.7	13.6
8- Piston Grubu Montajı	12.3	10.3	10.3	13.7	9.6
9- Taban Valf Grubu Montajı	14.2	16.0	13.3	15.1	14.2
10- Taban Valf Grubu Perçinleme	9.3	9.3	9.3	11.1	11.1
11- Basınç Boru Montajı	16.7	19.7	15.2	18.2	15.2
12- Kaynak 1	11.7	14.5	14.5	18.6	11.7
13- Kaynak 2	15.4	17.1	17.1	17.1	14.6
14- Körük Bileziği CNC Tornalama	15.4	14.0	12.6	15.4	11.2
15- Kaynak 3	13.0	11.4	19.1	21.4	16.8
16- Rezerv Boru Montajı	15.4	14.3	12.1	14.3	13.2
17- Yağ Dolum	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5
18- Mil Montaj	11.1	11.1	10.2	12.0	12.0
19- Kılavuz Basma	11.1	13.3	17.8	13.3	17.8
20- Amortisör Kapama	21.0	18.7	16.3	16.3	21.0
21- Markalama	7.4	7.5	8.4	8.3	7.8
22- Boyama	19.1	21.6	21.0	21.6	20.1
23- Manşon Kaynak	13.6	13.6	15.8	15.1	12.8
24- Üst Bağlantı Boyama	13.0	15.3	14.1	15.3	11.8
25- Burçlu Kauçuk Montajı	9.3	9.3	7.4	8.3	6.5
26- Gaz Basma	5.6	5.6	5.3	5.9	5.6
27- Son Montaj	7.4	7.4	6.5	6.9	6.0
28- Ambalajlama	3.1	3.1	3.5	2.9	3.1

### EK-3 Modeller için Birleştirilmiş Öncelik Diyagramı



# **Operasyon Modelinde Reengineering: Bankacılık Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması**

**Devrim Rodop**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-7092-3666)**

## GİRİŖ

İŖ Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması (Business Process Reengineering-BPR) bugüne kadar iş sorunlarını çözmeye yardımcı olabilecek bir süreç olarak gösterilmektedir. Büyük kurumsal kuruluşlarda değişiklikler sağlamak için de önemli bir metodoloji görevi görmektedir. Bu metodoloji kullanılarak, iş süreciyle ilgili yönler analiz edilebilir, kolaylaştırılabilir ve yeniden tasarlanabilir. BPR, ürün yapma veya hizmet sağlama maliyetini radikal bir şekilde azaltmak için kullanılan tüm iş süreçlerinin yeniden düşünülmesini içerdiğinden, bu pek şaşırtıcı değildir. BPR, 1990 yılından bu yana bir kuruluşun iş akışlarını ve süreçlerini analiz etmesine yardımcı olan cesur bir iş yönetimi stratejisi olarak kabul edilmiştir. Aynı derecede önemli olan BPR, kuruluşların müşteri hizmetlerini iyileştirmek, operasyonel maliyeti azaltmak ve birinci sınıf bir rakip olmak için yürütülen günlük faaliyetleri yeniden düşünmelerine yardımcı olmada da hayati bir rol oynamaktadır (Zaini ve Saad, 2019).

Habib ve Shah (2013)'a göre, örgütsel değişimler döneminde, işletmelerin çoğunluğu, bir kuruluşun bazı bölümlerinde veya kuruluş genelinde çalışanlar, sistemler, süreçler ve çalışma kültürü üzerinde derin bir etkiye sahip olacak şekilde şirketlerin yapısında, süreçlerinde, politikalarında ve prosedürlerinde değişiklikler yapmayı hedeflerler. Bu tür değişiklikleri kabul etmek ve potansiyel zorluklarla yüzleşmek için, tam olarak ihtiyaç duyulan değişimi belirlemek ve böyle bir değişikliğin ne ölçüde etki yaratabileceğini öngörmek önemlidir. Bu nedenle, gerekli değişikliğin uygulanmasına yardımcı olabilecek değişiklik türünü ve kullanılabilir araçları belirlemek önemlidir. Bu amaçla BPR etkin bir araç olarak kullanılmaktadır.

Operasyon modeli; ürün ve hizmetlerin çalışanlar, organizasyon yapısı, süreçler ve teknoloji arasındaki ilişkileri düzenleyerek müşterilere hizmet etmeyi sağlayan yapıdır. İş stratejisini yürütmek için gereken temel iş yeteneklerini tanımlar, verimlilik ve etkinlik sağlamak için her bir yeteneğin nasıl bağlantılı olduğu ve bileşenler açısından nasıl tasarlandığını ele alır. Çalışmada operasyon modelinin önemli bir parçası olan süreç bileşeni sistem yaklaşımı ile ele alınıp girdiler, çıktılar, performans ölçütleri ve süreklilik açısından incelenmiştir.

Bu çalışma, uluslararası bir finans kuruluşu olarak faaliyet gösteren 13 şubeli, toplam 270 çalışanı bulunan yabancı bir mevduat bankasının

bankacılık faaliyetlerini ele alarak iş süreçleri üzerinde, İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması (Business Process Reengineering-BPR) (Hammer ve Champy, 1993) yöntemi uygulanması ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında, bankadaki 40 adet ana bankacılık süreci baştan sona yaklaşımla, başka deyişle müşteriden gelen talep ile başlayıp ürün veya hizmetin müşteriye teslim edilmesine kadar geçen tüm akış gözönüne alınarak incelenmiştir.

Temel sorunlar; şubede hizmet veren satış, operasyon ve kontrol faaliyetlerini yürüten çalışanlar arasında iş yükü dağılımında darboğazlara yol açan akışların varlığı, satış faaliyetini yürüten kadroların operasyonel işlemlere çok fazla zaman ayırmaları sebebiyle satışa etkin olarak yönelecek sürelerinin kalmaması, ve müşterilere sunulan hizmet veya ürünlerde teslim sürelerinin ülkedeki diğer rakiplere göre çok daha uzun olması şeklinde sıralanmaktadır.

Bu amaçla, kapsam içinde olan 40 adet iş süreci sahada gözlem yapılarak baştan-sona yaklaşımla ele alınmış ve reengineering ile iyileştirmeleri yapılmıştır. Yeni akışlara göre yeni organizasyon yapısı ve görev tanımları ile süreçler boyunca kullanılan belgeler de güncellenmiştir.

Çalışmadaki önemli bir nokta da elde edilen tüm sonuçların kullanılan ana bankacılık ya da destek yazılım sistemleri üzerinde ek bir maliyete veya değişikliğe sebep olmaması, hiç bir şekilde yazılımsal değişikliğe ihtiyaç duyulmamış olmasıdır.

Çalışmanın temel amacı şubelerdeki satış personeline satış yapabilecek zamanı yaratmak, müşteriye ürün ve hizmet teslim sürelerini azaltmak ve organizasyondaki darboğazları ortadan kaldırmak için iş süreçlerini bilimsel yöntemlerle gözden geçirmek ve güncellemektir. Bu amaçla da reengineering uygulaması gerçekleştirilmiştir.

## **İŞ SÜREÇLERİNİN YENİDEN YAPILANDIRILMASI (BPR)'NA KISA BAKIŞ**

Al-Mashari, Irani ve Zairi (2001)'nin çalışmalarında belirttikleri üzere İş Süreçlerinin Yeniden Yapılandırılması (Business Process Reengineering) yaygın olarak benimsenmesine rağmen, birçok durumda ve pek çok defa vaat edilen sonuçları yerine getirememiştir.

BPR'den yararlanmaya yönelik bütünleŖik uygulama yaklaŖımının yoksunluğu, BPR başarısızlıklarının ardındaki önemli nedenlerden biri olarak görölmektedir.

BPR uygulamalarının kapsamı deđiŖiklik gösterse de sürekliliği benimseyen kuruluşlar daha radikal ve daha geniŖ bir deđiŖim kapsamı söz konusu olduğunda daha sorunsuz bir uygulama sağlayabilirler. Ayrıca, çabalar ilerledikçe daha az radikal bir deđiŖikliđe ihtiyaç duyulması da sağlanabilir. Bu yaklaŖımı izleyen kuruluşlar, iŖ ortamlarında meydana gelen deđiŖikliklere karŖı daha proaktif olma avantajına sahip olmalıdır. Bu Ŗekilde, kuruluşlar ihtiyaçlarını erkenden daha iyi algılayabilir ve daha stratejik ve planlı programlarla bunlara dikkatlice yanıt verebilirler (Al-Mashari, Irani ve Zairi, 2001).

Erkut (1995)'un yaptığı çalıŖmanın bulgularında, BPR başarısının yönetim tekniklerinin kullanımıyla iliŖkili olduğu ve kuruluşların proje yönetimi gibi basit teknikler ve araçlar kullanma eğiliminde olduğu ortaya konulmaktadır.

BPR başarısı, destekleyici teknolojileri kullanma düzeyiyle iliŖkilidir. Grover vd. (1995) tarafından desteklendiği gibi belge yönetiminin, veritabanlarının ve iletiŖim ağlarının bugün BPR'yi etkinleŖtirmek için en yaygın olarak uygulanan teknolojiler olduğunu ve bu nedenle bunların sürekli olarak geliŖtirilmesinin uygun olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte Dragan ve Toni (2016) tarafından belirtildiği üzere BPR, kuruluş içindeki operasyonların altında yatan eski kuralların ve temel varsayımların temelden yeniden düşünülmesini ve kökten yeniden tasarlanmasını sağlamaktadır. Bilgi teknolojisi, iŖ operasyonlarına yeni avantajlar sağlamakta ve çeŖitli fonksiyonel çizgileri aŖan iŖ süreci dönüŖümü için bir araç olarak kullanılmaktadır. Ancak, iŖ süreçlerinin yeniden yapılandırılması kavramının önemli ölçüde büyümesine rağmen, bu tür projeler yine de başarısız olabilir ve amaçlanan sonuçlara erişemeyebilir.

Grover vd. (1995) ile Dragan ve Toni (2016) yaklaŖımları gözönüne alınarak çok yoğun teknoloji kullanımı gerektiren bankacılık süreçlerinin ele alındığı çalıŖmada, süreçlerdeki teknolojik boyut mevcut imkanların kullanımı ile sınırlı tutularak, esas olarak süreç

tasarımına odaklanılmıştır. Bunun bir sebebi de teknolojiye dayalı iyileştirmelerin çok yüksek maliyetler ve zaman gerektirmesidir.

Zaini ve Saad (2019) tarafından ortaya konulduğu gibi BPR büyük kurumsal kuruluşlarda değişiklikler sağlamak için önemli bir metodoloji görevi görmektedir. Bu metodoloji kullanılarak, iş süreciyle ilgili yönler analiz edilebilmekte, kolaylaştırılmakta ve yeniden tasarlanmaktadır. BPR, ürün yapma veya hizmet sağlama maliyetini radikal bir şekilde azaltmak için kullanılan tüm iş süreçlerinin yeniden düşünülmesini içermektedir. BPR, kuruluşların müşteri hizmetlerini iyileştirmek, operasyonel maliyeti azaltmak ve birinci sınıf bir rakip olmak için yürütülen günlük faaliyetleri yeniden düşünmelerine yardımcı olma da hayati bir rol oynamaktadır.

Hashem (2020)'in bankacılık sektöründe yaptığı çalışmada belirttiği gibi organizasyonel değişiklikler başarılı bir BPR uygulaması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hashem (2020)'in bakış açısından yola çıkılarak bu çalışma kapsamında süreçler yeniden yapılandırılırken organizasyonel değişiklikler de gerçekleştirilmiştir.

Banka Yönetimi de bu yaklaşıma paralel şekilde iş sonuçları üzerinde etkili olabilecek bir çalışma talep etmiştir. Bu çerçevede bankacılık süreçleri üzerinde yapılan çalışmada süreçlerin baştan sona bir yaklaşımla ve kullanılan diğer tüm teknolojik sistemler, organizasyon yapıları ve kurum içi ile kurum dışı yasal düzenlemeler de göz önüne alınarak değerlendirilen entegre bir yaklaşım kullanılmıştır. Etkin proje planlamasının BPR'nin uygulanmasında önemli rol oynadığı da göz önüne alınarak proje yönetimi ve sistem yaklaşımı kullanılmıştır.

## **REENGINEERING PROJESİNİN AŞAMALARI**

### ***Çalışma Alanı Olan Bankanın Tanıtımı***

*Organizasyon açısından tanıtım:* Söz konusu banka uluslararası bir finans kuruluşu olarak faaliyet göstermekte olup 13 şubesi ve toplam 270 çalışanı bulunmaktadır. Çalışanların 127'si şube, 143'ü genel müdürlük personeli olarak çalışmaktadır.

Çalışmanın kapsamında sadece bankacılık ürün ve hizmetlerine yönelik olan 40 adet sürece doğrudan katkı veren işgücü dikkate alınmıştır.

Ŗubelerin en üst düzey yöneticisi Ŗube müdürü olup, Ŗubede yapılan her iŖlem için Ŗube müdürü onayı gerekmektedir. Ŗubelerde bireysel ve ticari olmak üzere Ŗube müdürüne bağlı çalıŖan satıŖ ekipleri ve Ŗubedeki operasyonel iŖlemleri yapan Ŗube operasyon ekipleri vardır.

Genel Müdürlükte merkezi operasyon olarak tanımlanabilecek nitelikte yapılanma bulunmamakta, sadece bazı iŖlemlerde tüm Ŗubelere ortak hizmetler sunan birimler bulunmaktadır. Bunlar çek takası, hesap açılıŖlarında imza kartonu taraması ve arŖivlemesi, kaŖelerin takibi gibi küçük ve karar vericiye ihtiyaç olmayan operasyonel adımlardır.

*Faaliyetler açısından tanıtım:* Bireysel ve kurumsal müşteri segmentine göre verilen hizmet ve ürünler genel hatlarıyla; hesap açılıŖ, mevduat ürünleri (hesap açma, kapama, vadeli-vadesiz mevduat), kredi ürünleri (bireysel taksitli kredi, ticari kredi, teminat mektubu gibi), para transferi iŖlemleri (yurtiçi ve yurt dıŖı), çek iŖlemleri, maaŖ ödemeleri gibi nakit yönetimi ürünleri, internet bankacılığı, ve ATM iŖlemleri olarak özetlenebilir.

### ***alıŖmanın Yapılmasındaki Temel İhtiyaçlar Ve Hedefler***

Bankanın üst yönetimi, bankada yapılan çeŖitli seviyelerdeki toplantılarda iletilen görüşlere ve çeŖitli Ŗikayetlere istinaden müşteriye sunulan ürün ve hizmetlerin kalitesi konusunda sıkıntı yaŖandığını tespit etmiştir.

Bu sıkıntıların bazıları Ŗu Ŗekilde sıralanmaktadır:

- Ŗubedeki satıŖ çalıŖanları (CSO-Customer Sales Officer, Müşteri SatıŖ Temsilcisi), günlük operasyonel iŖlemlerinin çok olduğunu, zamanlarının büyük çoğunluğunu ana bankacılık sistemine ve diğer sistemlere veri giriŖi, doküman toplama ve dökümandan veri giriŖi, arŖivleme gibi operasyonel iŖlere ayırdıklarını, bu sebeple Ŗubeye gelen müşteriye yeterince vakit ayıramadıklarını, ve Ŗube dıŖına satıŖ ile yeni müşteri kazanmak için müşteri ziyaretine gidemediklerini ifade etmektedir.
- Özellikle kampanya yapılan dönemlerde Ŗubeye gelen müşteriler süreçlerin çok uzun olması ve çok doküman gerektirmesi sebebiyle aldıkları hizmetten memnun olmayıp ürünü almadan Ŗubeden çıkmaktadırlar. Bu yoğun günlerde süreçlerin darboğazlara takıldığı bildirilmiştir.



- Alınan dokümanların adedinin çokluğu, benzer nitelikli dokümanlara çok sayıda imza alınması müşteride memnuniyetsizlik yaratmaktadır.
- Müşteriden alınan dokümanların orjinallerinin özellikle kredi başvurusu gibi işlemlerde genel müdürlüğe gönderilmesinin ve kredi onay kararının yine yazılı olarak şubeye geri dönüşünün yaklaşık 3 gün gibi uzun bir süre almasının, rakip bankalarla karşılaştırıldığında anormal uzun bir süre olduğu ve bu sebeple müşterilerin özellikle kredi başvurusu yapmaktan kaçındıkları belirtilmiştir.
- Süreçlerdeki onay adımlarının çok fazla olması, özellikle şube müdürü onayının işlem limiti ve tipi ayırtılmaksızın hemen hemen tüm işlemlerde olması şube müdürü üzerinde iş yükü ve darboğaz yaratmakta, işlemlerin kuyrukta yığılmasına sebep olmakta, şube müdürünün esas gerçekleştirmesi gereken satış ve pazarlama, müşteri ilişkileri yönetimi faaliyetlerini yerine getirmesine engel olmaktadır.
- Bununla beraber onay adımlarının çok fazla olması beklenenin aksine onay kalitesini düşürmekte ve operasyonel riskleri arttırmaktadır. Bunun sebebi ise her adımda onay yapan kişinin, işlemin başkaları tarafından da onaylandığı kabulü ile etkin olarak gözden geçirilmemesidir. Bu sebeple işlem hataları ve düzeltmeler oldukça yüksektir.

Tüm bu tespitlerin ve geribildirimlerin en büyük etkisi bankanın son yıllarda değişmeyen pazar koşullarına rağmen işlem hacminde büyümenin gerçekleşmemesi olarak kendini göstermiştir.

Bu amaçlarla aşağıdaki konuları kapsayacak bir çalışma yapılmıştır:

- Şubelerin temel süreçlerindeki verimsizlikleri analiz etmek
- CSO'ların satışa ayırdıkları süreyi artırmak
- Müşteriye sunulan hizmet kalitesini artırmak

### **Temel Kısıtlar**

Çalışmanın yapılması sırasında hedeflenen sonuçların etkin, verimli, yasal ve operasyonel açılardan risk yaratmayacak şekilde ortaya konulabilmesi için bazı temel kısıtlardan bahsetmek gerekmektedir.

- Kurum içinde herhangi bir rahatsızlık hissedilmemesi ve dirençle karşılaşılmaması için çalışmanın sonucunda eleman

iŖten çıkarılmayacaktır. Gerekirse fazla elemanlar eğitilerek bankanın büyümesi için yeni kaynak olarak kullanılacaktır.

- Bununla birlikte herhangi bir organizasyonel ihtiyaç sebebi ile maliyet kısıtı yüzünden bankaya yeni eleman da alınmayacak, gerekirse görev değişikliği ve eğitimlerde kadrolarda rotasyon yapılacaktır. Ancak banka içinden sağlanamayacak bir yetkinlik söz konusu ise eleman alımı için yönetime görüŖ bildirilecektir.
- Ayrıca mali kısıtlar ve çabuk sonuç alma beklentisi ile ana bankacılık sistemini deđiŖtirmek veya yeni modüller satın almak gibi büyük teknolojik yatırımların yapılmaması talep edilmektedir.
- Yapılacak her tür değişikliğin yerel ve/veya uluslararası kanunlar, düzenlemeler, uygulamalar, bankanın bağlı olduğu grup politikaları ve banka iç politikaları çerçevesinde kalması kesinlikle zorunludur.
- Bankadaki tüm işlemlerin adedi aynı yoğunlukta değildir. Bu sebeple bankada yer alan bankacılık ve bankacılık dıŖı toplam 123 adet süreçten 40 adet süreç seçilmiştir.

### **Çalışmada Kullanılan Metodoloji**

Elde edilen çıktıların faydasını Banka Yönetimi'ne net olarak anlatabilmek için toplam süreç zamanında elde edilen iyileŖtirme ile ilgili adımları gerçekleŖtiren çalışanların birim maliyetleri çarpılarak toplam kazanç hesaplanmıştır.

- *Analiz ve Veri Toplama*
  - Reengineering çalışması uygulanacak tüm süreçlerin iş akışları adım adım çıkarılmış, her adımda işi hangi görevlinin yaptığı ve niteliği tespit edilmiştir. Bunlar “kontrol fonksiyonu, satış fonksiyonu, operasyon (sisteme veri giriŖi, dosyalama, çıktı alma, kayıt tutma gibi) ve diğer (eğitim, analiz, raporlama)” olarak tanımlanmıştır.
  - İş akışları sırasında kullanılan gerek müşteriye temin edilen gerekse banka sistemleri tarafından üretilen tüm dokümanların örnekleri toplanarak içlerinde yer alan verilerin nitelikleri tespit edilmiştir. Örneğin aynı bilgilerin farklı formatlarda talep edilip edilmediği, resmi belge ile verilen bir bilginin (nüfus bilgileri gibi) tekrar ayrı bir forma doldurulup doldurulmadığı (kredi başvuru formuna nüfus bilgilerinin tamamının yazılması) Ŗeklinde analizler yapılmıştır.

- İşlemlerin müşteriye teslim süreleri ölçülmüştür.
- Şube ve Genel Müdürlükteki organizasyon yapıları, eleman sayıları incelenerek, merkezileştirme amacıyla analizler yapılmıştır.
- *Reengineering ve Diğer Modellemeler:* İş akışlarına reengineering uygulanarak aşağıdaki konulara önem verilmiştir.
  - Satış, operasyon, kontrol ve diğer fonksiyonların tanımı yapılmıştır. Satış elemanlarından (CSO ve Şube Müdürleri) satışa destek olmadığı veya akıştaki adımın bütünlüyci bir niteliği olmadığı sürece, tüm operasyon ve kontrol faaliyetleri alınmıştır.
  - İş akışlarındaki tüm kontroller (operasyonel riskler el verdiği ölçüde) giriş ve onay olmak üzere iki adıma indirilmiştir.
  - İş akışlarındaki gereksiz adımlar tamamen iptal edilmiştir.
  - Darboğazları ortadan kaldırmak adına akış sırasında yapılması katma değer sağlamayan tüm kontroller işlem sonuna bırakılarak veya iptal edilerek akışlar hızlandırılmıştır.
  - İşlem sonrasına atılan kontroller gruplanarak İç Kontrol fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu fonksiyonda istihdam edilecek kadrolar da şubelerde boş kalan iş gücünden sağlanmıştır.
  - Temel operasyon modeli değiştirilerek Genel Müdürlük Merkezi Operasyon birimi kurulmuştur. Şubelerdeki operasyon bölümleri daha fazla yetkilendirilmiştir. Şubelerde CSO ve şube müdürlerinin yaptıkları operasyon ve kontrol faaliyetlerinden iptal edilmeyenleri şube operasyona devredilmiştir. Şube operasyonların şube içinde yapılması gerekmeyen operasyon faaliyetleri ise Merkezi Operasyona devredilmiştir. Kontrollerin bazıları ise İç Kontrolle kaydırılmıştır.
  - Gereksiz olan fiziki kurye adımları ortadan kaldırılarak şube-genel müdürlük arasında iş akışlarında iletilmesi gereken belgeler için iletişim, tarayıcılar ve ortak sistem klasörleri ile sağlanmıştır. Teslim süreleri azalmıştır.
  - İş akışlarında kullanılan tüm dokümanlar basitleştirilmiş, birleştirilmiş ya da iptal edilmiştir. Bu şekilde doküman kazancı sağlanmış ve müşteri memnuniyeti artmıştır.

- *Uygulama ve Eğitim*
  - Tüm süreçlerin devreye alınabilmesi için bir uygulama projesi gerçekleştirilmiştir.
  - Organizasyon yapısı ve norm kadrolar yeni süreçlere göre yeniden tanımlanmıştır.
  - Organizasyondaki görev adları ve görev tanımları yeniden belirlenmiştir.
  - Tüm çalışanlara yeni iş akışları ve görevlerindeki prensiplerle ilgili eğitimler verilmiştir.
  - Ana bankacılık sistemindeki erişim yetkileri yeni görev ve iş akışlarına göre düzenlenmiştir.

## **ÇIKTILAR VE ÖNERİLER**

Tüm çalışmalar sonucunda iş akışlarının işlem sürelerinde ve teslim sürelerinde çok yüksek gelişmeler elde edilmiştir.

- Reengineering sonucu sadece süreçlerden elde edilen tasarruf 170.000 USD /yıl olarak hesaplanmıştır.
- Süreç maliyetlerindeki düşüş ortalama %20 olarak belirlenmiştir.
- Bankanın iş gücü kapasitesi anlamında büyüme çarpanı 3,85 kat olarak hesaplanmıştır. Banka çalışma öncesinde 13 şube ile çok düşük kapasite kullanım oranlarında ve verimsiz hizmet vermekte iken yapılan çalışmalar sonrasında, elde edilen tüm diğer tasarruflarla birlikte yaklaşık 50 şubeli bir banka gibi performans sergileme kapasitesine sahip olmuştur.

Tablo 1’de işlem süreleri ve Tablo 2’de ise teslim süreleri ile ilgili gelişmeler görülmektedir.

Toplam 40 süreçte işlem sürelerindeki gelişmelere bakıldığında 27 süreçte sürecin yapısına bağlı olarak %3 ila %77 arasında değişen oranlarda süre kısaltması sağlanmıştır. Süreçlerin işlem sürelerinde ortalama %26 iyileştirme elde edilmiştir. Geri kalan süreçlere bakıldığında ise 9 süreçte bir iyileştirme elde edilememiş olduğu ve 4 süreçte de sürenin arttığı görülmüştür.

Bu süreçlerde iyileşme elde edilememesinin ya da sürenin artmasının sebebi organizasyon olarak değişiklik yapılması veya teknolojik geliştirme maliyeti yaratmadan ilave bir iyileştirme sağlamanın mümkün olmamasıdır.

Tablo 1. İşlem sürelerindeki gelişmeler

Süreçler	Eski İşlem Süresi (dk.)	Yeni İşlem Süresi (dk.)	Değişim (dk.)	Değişim (%)
Gelen havale	12	8,5	3,5	29
Giden havale	25	22	3	12
Virman	4	4	0	0
Çek karnesi başvuru	26	23,5	2,5	10
Çek karnesi iptali (teslim edilmemiş)	8	6,5	1,5	19
Çek karnesi teslim (teslim edilmiş)	6	6	0	0
Çek karnesi teslim	9	5	4	44
Satılınan çekler	8	8	0	0
Takasa verilen çekler	15,5	12,5	3	19
Çek takası	5	5	0	0
Vadesi gelmiş çekler	15,5	16	0,5	3
Vadesi gelmiş bankamız çekleri	22,5	14	8,5	38
Vadesi gelmiş çekler aylık takası	65	45	20	31
Karşılıksız çekler	8	8	0	0
Şubede hesap açılışı	30	35	5	17
Karşı şubeden hesap açılışı	61	50	11	18
Ek hesap açılışı	7	7	0	0
Tüketici kredisi başvuru	149	128,5	20,5	14
Araç kredisi başvuru	160,5	139	21,5	13
Konut kredisi başvuru	175	149	26	15
Geri ödeme	9	8,5	0,5	6
Kurumsal kredi başvurusu	94	85	9	10
Lokal teminat mektubu	45	43,5	1,5	3
Gelen belge transferi	73	73	0	0
Lokal teminat mektubu yenileme	16	20	4	25
Garanti mektubu takası	42	25,5	16,5	39
Kredi kartı başvurusu	54,5	44,5	10	18

Tablo 1 (devam)

Süreçler	Eski İşlem Süresi (dk.)	Yeni İşlem Süresi (dk.)	Değişim (dk.)	Değişim (%)
Kredi kartı teslim	13	10,5	2,5	19
PIN kodu teslim	10,5	8,5	2	19
Kredi kartı aktivasyonu	5	3	2	40
Kredi kartı PIN yenileme	108	25	83	77
Banka kartı başvuru	15	15	0	0
Banka kartı teslim	6,5	4,5	2	31
Banka kartı ve PIN yenileme	5	3	2	40
Maaş ödemesi (manuel)	6	8	2	33
Maaş ödemesi (otomatik)	10	8	2	20
Anında ödeme	4	1	3	75
İnternet bankacılığı başvuru	4	4	0	0
Vadeli hesap açılış	16	13	3	19
Vadeli hesap yenileme	13	11	2	15

Tablo 2. Teslim sürelerindeki gelişmeler

Süreçler	Eski Teslim Süresi (saat)	Yeni Teslim Süresi (saat)	Değişim (saat)	Değişim (%)
Gelen havale	24	5	19	79
Giden havale	2	1	1	50
Virman	0,5	0,5	0	-
Çek karnesi başvuru	48	24	24	50
Çek karnesi iptali (teslim edilmemiş)	24	1	23	96
Çek karnesi teslim (teslim edilmiş)	24	1	23	96
Çek karnesi teslim	1	0,5	0,5	50

Tablo 2 (devam)

<b>Süreçler</b>	<b>Eski Teslim Süresi (saat)</b>	<b>Yeni Teslim Süresi (saat)</b>	<b>Değişim (saat)</b>	<b>Değişim (%)</b>
Satın alınan çekler	5	5	0	-
Takasa verilen çekler	96	72	24	25
Çek takası	24	1	23	96
Vadesi gelmiş çekler	24	24	0	-
Vadesi gelmiş bankamız çekleri	24	24	0	-
Vadesi gelmiş çekler aylık takası	24	24	0	-
Karşılıksız çekler	1	1	0	-
Şubede hesap açılışı	2	2	0	-
Karşı şubeden hesap açılışı	72	48	24	33
Ek hesap açılışı	0,5	0,5	0	-
Tüketici kredisi başvuru	96	48	48	50
Araç kredisi başvuru	96	48	48	50
Konut kredisi başvuru	96	48	48	50
Geri ödeme	2	2	0	-
Kurumsal kredi başvurusu	72	48	24	33
Lokal teminat mektubu	5	5	0	-
Gelen belge transferi	24	24	0	-
Lokal teminat mektubu yenileme	2	2	0	-
Garanti mektubu takası	72	24	48	67
Kredi kartı başvurusu	120	96	24	20
Kredi kartı teslim	24	24	0	-
PIN kodu teslim	24	24	0	-
Kredi kartı aktivasyonu	0,5	0,5	0	-
Kredi kartı PIN yenileme	96	1	95	99
Banka kartı başvuru	0,5	0,5	0	-
Banka kartı teslim	24	24	0	-

Tablo 2 (devam)

Süreçler	Eski Teslim Süresi (saat)	Yeni Teslim Süresi (saat)	Değişim (saat)	Değişim (%)
Banka kartı ve PIN yenileme	0,5	0,5	0	-
Maaş ödemesi (manuel)	1	1	0	-
Maaş ödemesi (otomatik)	1	1	0	-
Anında ödeme	0,5	0,5	0	-
İnternet bankacılığı başvuru	0,5	0,5	0	-
Vadeli hesap açılış	1	0,5	0,5	50
Vadeli hesap yenileme	1	0,5	0,5	50

Süreçlerin teslim süreleri açısından değerlendirildiğinde ise 22 süreçte bir değişiklik olmamış, kalan süreçlerde ise %20 ila %99 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Teslim sürelerindeki ortalama iyileştirme %58'dir. Şube Müdürü ve CSO'ların satışa ayırdıkları zaman ve yıllık toplam işlem zamanı açısından elde edilen gelişim Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3. Şube Müdürü ve CSO satış ve işlem süreleri gelişimi

	Toplam yıllık çalışma kapasitesinde satışa ayrılan süre (% olarak)		
	Eski	Yeni	Fark
Şube Müdürü	37	69	32
CSO	15	68	53

Dokümanların güncellenmesi ile elde edilen tasarruf yıllık 15.800 USD'dir. Bununla birlikte tüketilen doküman adedindeki toplam azalma yıllık % 31'dir.

## SONUÇ

Bu çalışma reengineeringin etkin olarak uygulandığında iş sonuçları üzerindeki etkisini net olarak ortaya koymuştur. Özellikle yöneticiler tarafından gelişim, değişim beklentileri ortaya konulduğu ilk hedef olarak maliyetli teknoloji yatırımları ya da insan kaynakları üzerinden



yapılacak aksiyonları yerine iş süreçlerini etkin şekilde yönetmenin iş sonuçları üzerindeki etkisi ispatlanmıştır.

Banka yönetimine sunulan tüm sonuç ve öneriler % 100 olarak uygulanmış, çalışan ve müşteri memnuniyeti sağlandığı gibi iş sonuçları üzerindeki etkisi de gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte çalışmada bilişim teknolojilerinin sağladığı verimlilikler ve sunabileceği alternatif imkanlar kullanılmamış, sadece reengineeringin sunduğu etkilerden faydalanılmıştır. Bu aşamadan sonra ise, farklı teknolojik altyapılar ile birlikte örneğin, mobil uygulamalar, internet bankacılığı, video ve doküman tarama teknolojileri, ses kayıt ve dijital imzalar gibi altyapılar kullanılarak işlem sürelerinin daha da düşürülmesi mümkün olabilir. Bunun yanında amaçlanan sadece mevcut süreçlerin teslim sürelerini düşürmek değil, müşteriye farklı deneyimler yaratarak şubeye gelmeden de ürün veya hizmet satın alınmasını ve diğer bankacılık faaliyetlerinden yararlanmasını sağlamak amaçlanmalıdır. Bu noktada yapılacak yatırımların maliyeti yüksek olabileceğinden fayda-maliyet analizleri uzun dönemli olarak yapılmalıdır.

## KAYNAKÇA

Al-Mashari, M., Irani, Z. ve Zairi, M. (2001). Business process reengineering: A survey of international experience. *Business Process Management Journal*, 7 (5), 437-455.

Dragan, J. ve Toni, M. (2016). Information technology as enabler for business process reengineering - a successful case study. Proceedings of the 13th International Conference on Informatics and Information Technologies. Macedonia. 2-6.

Erkut, H. (1995). *Sistem Yönetimi*. İstanbul/Türkiye, İrfan Yayınevi.

Grover, V., Jeong, S., Kettinger, W. ve Teng, J. (1995). The implementation of business process reengineering. *Journal of Management Information Systems*, 12 (1), 109-44.

Habib, M.N. ve Shah, A. (2013). Business Process Reengineering: Literature Review of Approaches and Applications. In proceedings of the 3rd Asia-Pacific Business Research Conference, 1-8.

Hammer, M. ve Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Harper Collins, New York.

Hashem, G. (2020). Organizational enablers of business process reengineering implementation: An empirical study on the service sector. *International Journal of Productivity ve Performance Management*, 69 (2), 321-343.

Zaini, Z. ve Saad, A. (2019). Business process reengineering as the current best methodology for improving the business process, *Journal of ICT in Education*, 6, 66-85.

# **İŖ Sağlığı ve Güvenliği Yönetiminde Kaizen YaklaŖımı, Bireysel Yararıcı Öneri Sistemi Uygulama Örneği**

**Lütfiye Küçük**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
*Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. ve Tic. A.Ŗ., Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-0904-0389)**

**Mustafa Yağımlı**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4113-8308)**

**Hakan Tozan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0479-6937)**

## GİRİŖ

Yalın üretim; mümkün olan en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebini tam anlamıyla karşılayabilecek şekilde, en az israfla ve üretim faktörlerini esnek bir şekilde kullanarak gerçekleŖtiren bir üretim sistemidir (Lopez vd., 2013). Womack, Jones ve Reos, yalın üretime dair en temel eserlerden biri olarak kabul edilen ‘Dünyayı DeęiŖtiren Makina’ isimli çalışmalarında yalın üretimi; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların en aza indirildiği üretim sistemi olarak tanımlamaktadırlar (Womack vd., 1990).

Yalın üretimin ilk uygulandığı yerler, Japonya’daki Japon otomobil üreticileri ve Amerika BirleŖik Devletleri’ndeki otomobil üreticileridir (Bochum, 1993).

II. Dünya savaŖından sonra Toyota Motor Company’den Eiji Toyota ve Taichi Ohno yalın üretim kavramına öncülük ettiler. Diğer Japon şirketlerinin de endüstrilerinde bu olağanüstü sistemi kopya etmeleri üzerine Japonya kısa sürede bu günkü ekonomik üstünlüğe kavuşmuştur (Womack vd., 1990).

Otomotiv sektöründe baŖlayan ve Ŗekillenen bu üretim süreci günümüzde birçok sanayi sektöründe aktif olarak benimsenerek kullanılmaktadır.

Woehrle ve Abou-Shady (2010)’a göre bir işletmede yalın düşüncenin uygulanması için beŖ temel ilke vardır. Bu ilkeler Ŗunlardır (Terzi ve Atmaca, 2011):

1. Bir mamul hizmetinde müşteri değerlerinin ne olduğunun belirlenmesi yoluyla değerlerin tespiti (müşteri değeri),
2. Değer akış süresince mamul yelpazesi veya belirli bir mamul için değer akışlarının belirlenmesi ve değer katmayan faaliyetlerin elimine edilmesi (değer akışı),
3. Değer katan faaliyetler için sürekli akışın sağlanması yoluyla mamul veya hizmet akışının sağlanması (akış),
4. Müşterinin ne istediği, stokların düzenlenmesi ve müşterilerin ne zaman istediğinin belirlenmesi yoluyla müşteriden baŖlayan bir çekme mekanizmasının oluşturulması (çekme sistemi),

5. Sürekli yalın gelişimin sağlanması amacıyla mükemmellik için çalışmak (mükemmellik).

Üretimde yalınlaşma adına kullanılan belli başlı teknikleri 5S, kanban sistemi, tek parça akışı, kaizen, poka-yoke, toplam verimli bakım, heijunka, JIT (Just inTime), muda olarak sıralanabilir.

Kaizen ise üretimde en büyük israfın kullanılmayan insan akli ve yeteneği olduğu düşüncesiyle sürekli iyileştirmenin amaç edinildiği tekniktir. Kaizen olayı birçok şirket için yalın uygulamanın mihenk taşı olmuştur ve Toyota Yönetmelikleri'nde 'Sonsuz yaratıcılık, meraklılık ve gelişim arayışı yoluyla zamanın önünde olun' sürekli vurgulanan bir düşünce haline gelmiştir (Liker ve Hoseus, 2008).

Temel çalışma prensibi olarak yalın üretimi ve kaizen yönetimini benimsemiş firmada birçok alanda kaizen diğer bir adı ile sürekli iyileştirme yöntemi ile bireysel yaratıcı öneri sistemi uygulanmaktadır. Bu uygulamada tüm çalışanların yaptıkları işlerle ilgili iş sağlığı ve güvenliği kapsamında gerçekleştirdikleri sürekli iyileştirmeler (kaizen) aracılığıyla, bu konuda daha iyi bir yönetim ve performans sağlanması, daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturulması amacıyla sürekli iyileşmeye katkıda bulunması, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusundaki bilgi ve yeteneklerinin ortaya çıkarılması yönünde teşvik edilmesi, ve kurum içerisindeki güvenlik kültürüne katkı sağlama amaçlarıdır.

Bu uygulama ile hem çalışana hem de güvenlik kültürüne doğrudan fayda sağlanması hedeflenir. Çalışan gerçekleştirdiği güvenlik kaizenleri neticesinde ödüllendirilir. Hem bu ödüllendirme hem de çalıştığı alandaki güvenlik kültürüne doğrudan katkı sağlama çalışanın aidiyetini artırır. Artan çalışan aidiyeti, güvenlik kültürünün de sürekli bir iyileşme içinde olmasına sebebiyet verir.

Yalın üretim sistemi gibi tam zamanında üretim yapılan, stoksuz çalışan ve planlamanın aşırı hassas olduğu sistemlerde proses hataları, ve kalite hatalarından kaynaklanan kayıplar kadar iş sağlığı ve güvenliği temelli oluşabilecek zaman kayıpları da bir o kadar önemlidir (Kabadayı, 2002). Bir işletmenin verimliliği ile ilgili en önemli göstergelerden birisi üretimde gerçekleşen kayıpları tespit etme ve yok etme kabiliyetidir (Bozdemir ve Orhan, 2011). Kayıplar yalnızca üretim sürekliliği ve kalite hataları ile ilgili olmayıp tüm bu süreçleri

kapsayan insan unsuru ile de direkt ilişkilidir (Hacıhasanoğlu, 2014). İŖletmelerin en önemli kaynağı insan kaynağı olarak görölmektedir (Öğünç ve Doğru, 2017). Buradan hareketle insan iş gücü kullanımını kısıtlayan veya azaltan iş kazaları ve meslek hastalıkları da sürekli iyileştirme kapsamında ele alınması gereken konuların başında gelmektedir (Serin ve Çuhadar, 2015). Sürekli iyileştirme bu bakış açısıyla iş sağlığı ve güvenliği için de uygulanabilir bir prensip olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra iş sağlığı ve güvenliği açısından güvenli bir çalışma ortamı yaratmak kadar bu sistemi sürdürülebilir ve çalışan katılımcı bir hale getirebilmek de son derece önemlidir.

Üst yönetim desteği ile kaizen gibi sürekli iyileştirme ve geliŖtirmenin hedeflendiği çalışmalarını, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına yansıtılmak hem güvenli bir çalışma ortamı yaratmakta hem de çalışanlar tarafından iş sağlığı ve güvenliğine dair sahiplenme ve aidiyet duygularını arttırmaktadır.

Bu çalışmada ‘İyileştirmenin Sonu Yoktur’ felsefesini benimsemiş yalın üretim sistemi ile çalışan bir otomotiv yan sanayi üretim fabrikasında iş sağlığı ve güvenliği yönetiminde uygulanan kaizen sistemi (sürekli iyileştirme), işletme uygulama adıyla bireysel yaratıcı öneri sistemi detaylandırılmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünde sürekli iyileştirme kavramı açıklanmış ve kaizen olarak da bilinen sürekli iyileşmenin tarihsel gelişiminden bahsedilerek literatür çalışmasına yer verilmiştir. Araştırmanın tipi, evren ve örneklem özellikleri, veri toplama metodu ve örneklem sınırlılığı gereç ve yöntem kısmında verilmiştir. Gözlem ve bulgular kısmında çalışmaya konu olan işletmedeki kaizen yönetim sürecinin sorumluluk dağılımından bahsedilerek hem sistemin genel işleyişi hem de bireysel kaizen önerilerinin değerlendirme ve ödüllendirme sürecinin esasları verilmiştir. Örnek kaizen önerilerinin anlatıldığı uygulama kısmında önerilerin puanlama ve değerlendirmesi de yapılmıştır. Tartışma ve sonuç kısmı ise bireysel öneri sisteminin hem şirket hem de çalışan açısından sağlayacağı faydaları listelemiştir. Literatürde sürekli iyileştirme yöntemleri ile ilgili çok sayıda çalışma mevcut olup bu yayınlar ağırlıklı olarak üretim verimliliği ve kalite göstergelerinin iyileştirilmesine yönelik olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma ise sürekli iyileştirmenin iş sağlığı ve güvenliği süreçleriyle ilişkisini bireysel öneri sistemi üzerinden anlatmış olup bu yönüyle iş

sağlığı ve güvenliği alanında çalışma yapmak isteyen diğer araştırmacılar için örnek teşkil edecektir.

## **GEREÇ ve YÖNTEM**

### ***Araştırmanın Tipi***

Otomotiv yan sanayi üretim fabrikasında güvenlik bilincinin, farkındalığın artırılması, güvenlik kültürüne olan aidiyetin arttırılması, iş sağlığı ve güvenliği konusunda sürekli iyileştirme sağlanması amacıyla uygulanan yöntemi detaylandırmak için yapılmış tanımlayıcı bir çalışmadır.

### ***Araştırmanın Evren ve Örneklemi***

Araştırmanın evrenini Kocaeli ili Çayırova ilçesinde faaliyet gösteren yabancı sermayeli bir otomotiv yan sanayi üretim fabrikası ve çeşitli pozisyonlarda çalışan toplam 1300 kişi oluşturmaktadır.

### ***Veri Toplama***

Araştırma için bahse konu fabrikanın yazılı prosedürleri, talimatları ve bunlara bağlı olarak iş sağlığı ve güvenliği performans hedefleri referans alınmıştır.

### ***Araştırmanın Sınırlılığı***

Araştırma yalnızca Kocaeli ili Çayırova ilçesinde kurulu tesisin üretim alanları, bina ve eklentilerinde gerçekleştirilmiştir.

## **GÖZLEM VE BULGULAR**

Kaizen (sürekli iyileştirme) sisteminde firmanın tüm çalışanlarının çeşitli sorumlulukları vardır. Kaizen gerçekleştirmesi gerekli çalışanların yıllık kaizen hedefleri belirlidir. Kaizen gerçekleştirme hedefi olan çalışanların bu hedefleri, yıl sonunda şirket kaizen hedefini oluşturmaktadır.

Çalışanların gerçekleştirmiş olduğu bu kaizenler ilgili yöneticileri tarafından değerlendirilir, uygun görülenler uygulamaya alınır ve fiziksel olarak tamamlanır. Tamamlanan kaizenler değerlendirmeye alınır. Değerlendirme sonucu uygulamaya alınmış ve sistemi iyileştirdiği skalaya göre tespit edilmiş her kaizen için ilgili çalışan ödüllendirilir. Bu şekilde çalışanların motivasyonları ve güvenlik kültürüne olan aidiyet duyguları artmaktadır.

### **Kaizen Sistemi Sorumluluk Dağılımı**

Kaizen fikri verme, uygulamaya alma ve bu sistemin sürdürülebilirliğini devam ettirme açısından tüm çalışanlara çeşitli sorumluluklar atanmıştır.

İlgili Çalışan	Kaizen				
	Kaizen Verilmesi	Değerlendirilmesi	Uygulanmasına Karar Verilmesi	Doğrultusunda İlgili Çalışanın Ödüllendirilmesi	Kaizen Verilmesi için çalışanların teşvik edilmesi
Tüm Personel ( <i>Müdür Yrd, Müdür, Üst Yönetim Hariç</i> )	0				
İlgili Departman ( <i>Müdür Yrd, Müdür</i> )		0	0		0
İnsan Kaynakları Müdürü				0	0
Üst Yönetim		0	0	0	

*Şekil 1. Kaizen sistemi sorumluluk dağılımı*

Uygulamaya alınacak bir kaizenin onay rotası Şekil 2’de verilmiştir.

Onaylar					
Takım Lideri/Uzman	Şef/Müdür Yardımcısı	Müdür	K.Müdür/G.Müdür Yrd.	Genel Müdür	Başkan

*Şekil 2. Kaizen sistemi onay rotası*

### **İş Sağlığı ve Güvenliği Kaizen Sistemi İçeriği**

Kaizenlerin oluşabilmesi için tüm personelin ilk yapması gereken kendine ‘Yaptığım işi nasıl daha güvenli bir hale getirebilirim?’, ‘Yapılan iş sırasında işi güçleştiren faaliyetler var mı?’ ve ‘Eğer işi başka bir yolla yaparsak, işin yapılması kolaylaşmış daha güvenli bir ortam oluşmuş olur mu?’ sorularını sormak olmalıdır. Sonrasında yapılan işin analiz edilmesi ve mevcut yöntemden daha iyi bir yöntemin ne olması gerektiği konusunda karar verilmesi gerekmektedir. Tüm çalışanlardan beklenen yaptıkları işleri nasıl daha güvenli hale getirip, geliştireceklerine dair sürekli bir arayış içerisinde olmalarıdır.



## İş Sağlığı ve Güvenliği Kaizen Formu

Kaizen ile mevcut durumu iyileştirecek bir yöntem önerisinde bulunan personel, konu ile ilgili olarak departman yöneticileriyle görüşür. İlgili yöneticilerden onay alınıp önerinin hayata geçirilmesi sonrasında Bireysel Yaratıcı Öneri Formunu doldurur ve yöneticisine teslim eder. Form detayı Şekil 3'te verilmiştir.

Kaizen Formu							Tarih:		
Öneri İçeriği(Kısa Açıklama)				Öneri Türü Yeni Öneri /Tekerar					
<b>A. Bireysel Yaratıcı Öneri (Kaizen)Detayları</b>									
A.1. Mevcut Durum ve Neden Olduğu Sorunlar / ÖNCE					A.2. Bireysel Yaratıcı Öneri (Kaizen) / SONRA				
<b>Açıklama</b>  Destekleyici Görsel va da Ek Açıklama (Bu alan yetersiz ise ya da ihtiyaç duyulursa, amir onayıyla, ek verilebilir.					<b>Açıklama</b>  Destekleyici Görsel va da Ek Açıklama (Bu alan yetersiz ise ya da ihtiyaç duyulursa, amir onayıyla, ek verilebilir.				
A.3. Önerinin Sağladığı Faydalar (Açıklama/Hesaplama)									
<b>B. Bireysel Yaratıcı Öneri (Kaizen) Sahibi</b>									
Adı-Soyadı Ünvanı			Sicil No /Departman				Çalışan İmzası/Tarih		
C.1 Hedef (Sadece 1 adet işaretlenecektir.)				Paylaşanlar Adı Soyadı	Sicil No	Oran	Dept.	İmza	
Proses, Güvenlik, Maliyet, Çevre, Kalite,Diğer				1. Öneri sahibi					
C.2 Proses/Maliyet Azaltım Detayları			C.3 Finans Dept. Onayı			2. Paylaşım %			
Zaman Azaltımı (saat/ay):				3. Paylaşım %					
Net Maliyet Azaltımı <sup>(1)</sup>				4. Paylaşım %					
(1) Önerinin gerçekleştirilmesi için gereken maliyet düşüldükten sonraki miktar (TL/ay):				5. Paylaşım %					
<small>(1)Net Puanın hesaplanması için maliyet azaltım bedelinin, bu form "Finans" departmanına onay alındıktan sonra finans Kontrolüne ve onay edilmiştir. Zaman kayıtları tutulmamaktadır.)</small>									
Kriterlere Göre Değerlendirme [puan]						Ara Toplam	Seviye Bazlı Artış/Azalış	Topla m Puan	
1. Pros es	2. Maliyet	3. Kalite	4. Güvenlik	5. Çevre	6. Diğer Bölümler e Etki	7. Orijinallik	8. Çaba	Tüm Öneriler	
<b>F. Onaylar Aşağıdaki imza rotası dahilinde tüm ilgililerden imza alınacaktır.</b>									
Takım Lideri/ Üzman	Şef/Müdür Yardımcısı	Müdür	K.Müdür/G.Müdür Yrd.	Genel Müdür		Başkan			
İmza Rotası: Toplam Puan (5) > 0 Takım Lideri/Üzman - Şef/Müdür Yardımcısı -Müdür 50 ≤ Toplam Puan (5) < 150 Takım Lideri/Üzman - Şef/Müdür Yardımcısı - Müdür -K.Müdür/G.Müdür Yrd. - Genel Müdür Toplam Puan (5) ≥ 150 Takım Lideri/Üzman - Şef/Müdür Yardımcısı - Müdür - K.Müdür/G.Müdür Yrd. - Genel Müdür- Başkan									

Şekil 3. İş sağlığı ve güvenliği kaizen formu

Çalışan formda, mevcut durumu ve neden olduğu sorunları, kaizen önerisini, bu önerinin sağlayacağı yararları ve önerinin hayata geçmesi için gerekli olan bütçeyi belirtir.

Kaizen formu doldurulurken, ‘Mevcut Durum ve Neden Olduğu Sorunlar / Önce’ ve ‘Bireysel Yaratıcı Öneri (Kaizen) / Sonra’ bölümlerinde yazı ve/veya destekleyici görseller kullanılabilir.

Formda ilgili alanlar yetersiz kalmadıkça ya da amir yönlendirmesi olmadıkça ek doküman iliŖtirilmez. Kaizen önerisi 1 sayfalık formda yazı ve/veya destekleyici görsel ile anlatılır. Ancak formu dolduran çalıŖanın yöneticisi, ek doküman kullanarak önerinin daha fazla açıklanmasına gerek duyarsa ek doküman iliŖtirilebilir.

Aynı departmandaki ya da farklı departmanlardaki diğer çalıŖanlarla birlikte gerçekleştirilen önerilere karşılık verilecek ödüllerin paylaşım oranları, Bireysel Yaratıcı Öneri(Kaizen) Formundaki ‘Ortak Öneriler için Paylaşım Oranları’ kısmında ilgili departman müdürleri tarafından belirlenerek yazılır.

Yukarıda belirtildiği Ŗekilde kaizen formunu dolduran çalıŖan, formu imzalayarak bir üst yöneticisine teslim eder. Yani iŖ akıŖı Ŗu Ŗekilde özetlenebilir; önerinin oluşturulması, formun doldurulması, formun yöneticiye teslim edilmesi.

Form, Ŗekil 3’ün F kısmında belirtilen sıra ile formu dolduran kiŖinin yöneticileri tarafından gözden geçirilir.

### ***Kaizen Sistemi Değerlendirme Yöntemi ve Ödüllendirilmesi***

Kaizen oluŖurma hedefi olan çalıŖanlar tarafından yazılan kaizenler, uygulaması tamamlandıktan sonra yetkili kiŖiler tarafından değerlendirmeye alınır.

Bu kaizenler Ŗekil 4’e göre puanlamaya alınır. Toplam puan hesaplandıktan sonra bireysel yaratıcı öneride (kaizen) bulunma sorumluluğuna bağlı olarak, ünvanlara göre puan artıŖ/azalıŖ oranları hesaba katılır.

#	Kriter	Açıklama	Birim	Puan			
				0	1	2	3
3	Kalite	Yapılan işin kalitesine etkisi	-	Etkisi yok.	Yapılan işin kalitesi yükseldi.	Hatalı türünün bir sonraki prosese/adıma geçmesi önlenildi.	Kalite kontrol/kontrol yapılmasına gerek kalmadı.
4	Güvenlik	İş sağlığı, iş güvenliği ve ergonomi etkisi	-	Etkisi yok.	Daha emniyetli bir çalışma ortamı sağlandı.	Emniyetsiz durum ortadan kalktı.	Kişisel dikkat ve bilinç olmadan da emniyetli iş yapılabilir hale geldi.
5	Çevre	Çevreye etkisi	-	Etkisi yok.	Az etki sağladı.	Çok etki sağladı.	Etki sağladı ve çevre ile ilgili faaliyetlerde iş yükünün azalmasını sağladı.
6	Diğer Bölümlere Etkisi	Diğer bölümlerde kullanılabilirliği	-	Etkisi yok.	Benzer parçalarda kullanılabilir.	Farklı proseslerde de olmak üzere şirket genelinde kullanılabilir.	Şirkette ve yan sanayilerde genişletilerek kullanılabilir.
7	Orjinallik	Yeni ya da tekrar öneri olması	-	Etkisi yok.	Daha önce aynı bölümde/diğer bölümlerde benzer öneriler gerçekleştirildi.	Şirkette şimdiye kadar hiç uygulanmamış bir öneri.	Kullanım ve içerik bakımından çok yaratıcı bir fikir.
8	Sarfedilen Çaba	Önerinin hayata geçirilmesi esnasında	-	Etkisi yok.	Çaba sarfetti.	Tüm zorluklara rağmen çok çaba sarfetti ve gerçekleştirdi.	Tüm zorluklara rağmen uzun süreli çaba sarfetti ve gerçekleştirdi.

Şekil 4. Kaizen sistemi değerlendirme yöntemi

Değerlendirmede kullanılacak puan artış/azalış oranı Şekil 5'e göre, kaizen sistemi ödül katsayısı ise Şekil 6'ya göre hesaplanır.

Seviye	Ünvan	Artış/Azalış
A	Operatör, Asistan, Teknisyen, Mühendis, Takım Lideri Adayı, Uzman Adayı, Diğer	+ 20%
B	Takım Lideri, Uzman	- %5
C	Şef, Müdür Yardımcısı	- %5

Şekil 5. Değerlendirmede kullanılacak puan artış/azalış oranı

Kriter	Ödül Katsayısı [TL/puan]				
	0	0,5	1	1,5	2
Toplam Puan [puan]	< 2	≥ 2 < 10	≥ 10 < 20	≥ 20 < 40	≥ 40

Şekil 6. Kaizen sistemi ödül katsayısı

Kaizenlere karşılık ödenecek ödül miktarı aşağıda verilen formüle göre, İnsan Kaynakları tarafından hesaplanmaktadır. Hesaplama formülü şu şekildedir;

$$\text{Ödül Miktarı(TL)} = \text{Toplam puan(puan)} * \text{Ödül Katsayısı(TL/puan)}$$

### **Hedef Takibi ve Raporlama**

Her sene Mart ayında, şirket hedeflerine bağlı olarak tüm departmanların detaylı kaizen hedefleri İnsan Kaynakları Departmanı tarafından yayınlanır.

Departmanlar bu hedefler doğrultusunda departman politika ve hedeflerini belirleyerek aylık olarak takip etmek ve gerçekleştirilmesini sağlamakla yükümlüdür.

Departmanlar aylık takiplerini kendi belirledikleri formlar ve raporlar üzerinden gerçekleştirerek yöneticileriyle paylaşırlar.

### **Uygulama Örnekleri**



Bu kısımda çalışanlar tarafından fikirleri verilmiş, yöneticileri tarafından değerlendirilip uygulamaya alınmış ve sonuç olarak iş sağlığı ve güvenliği risklerini azaltmış kaizen örneklerine yer verilmiştir.

Bu çalışmaların tamamı şirket içerisindeki sağlık, güvenlik ve ergonomi risklerini azaltmıştır. Çalışanların önerdiği ve yöneticileri tarafından uygun bulunarak fiziksel olarak hayata geçirilen tüm bu tedbirlerle daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı yaratılmıştır. Bunun yanı sıra, bir bölümde fiziksel olarak tamamlanmış bu iyileştirmelerin görülmesi ile diğer bölümlerin ve çalışanların yeni fikirler oluşturmalarına da yardımcı olmaktadır.


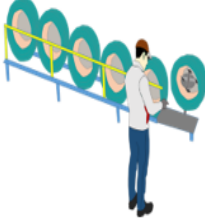
Uygulama örneklerinde de görüldüğü üzere bu iyileştirmeler risk değerlendirme sonuçlarına olumlu katkılar sağlamaktadır.

İnsan, makine, metod ve yönetsel tüm süreçler bu iyileştirmeler kapsamında değerlendirilebilir. Bu konu başlıklarında herhangi bir sınırlandırma yoktur.



Bu tarz iyileştirmelerin bazıları yatırım gerektiren iyileştirmeler ile bazıları ise yatırım gerektirmeden yönetsel manada iyileştirmelerle çözülebilmektedir.

Kaizen Öncesi	Kaizen Sonrası
 <p>ÜRETİM ESNASINDA OPRE. PARÇAYI PROSESTEN ZOR ALMAKTADIR.</p>	 <p>KALIP İÇİNE İTİCİ PİM YAPILARAK OPERATÖRÜN PROSESTEN PARÇAYI KOLAY ALABİLMESİ SAĞLANDI.</p>
<p><b>Problem</b></p> <p>Pres hattında üretimi olan bu proseste, parça proseste tam yapıştığından operatör parçayı almakta zorlanıyordu. Bu prosesteki zorluğu operatör her gün 521 defa, ayda 13546 defa yaşamaktadır. Hem güvenlik ve hem de ergonomik konularda problem teşkil etmektedir.</p>	<p><b>Sonuç</b></p> <p>Kalıp ve parça arasında boşluk vermek adına kalıp içine 2 adet itici pim yapılmıştır. Parçayı almak için Böylelikle çalışan kişinin prostesten parçayı, daha ergonomik ve emniyetli alması sağlanmıştır.</p>

Şekil 7. İş sağlığı ve güvenliği kaizen uygulama örneği 1

Kaizen Öncesi	Kaizen Sonrası
	
<p><b>Problem</b></p> <p>Sevkiyat bağlama ipi bittikten sonra değişimi esnasında operatör bağlama ipini bekleme alanı ile kullanım alanı arasında el ile taşımak durumundadır. Taşıma esnasında ipin operatörün ayağına düşme riski ve taşımaya bağlı ergonomik riskler oluşabilme ihtimali vardır.</p>	<p><b>Sonuç</b></p> <p>İp bekleme alanı ve ip değişim prosesinde iyileştirme yapılmış, bağlama alanı ilave bir alan açılarak ergonomik ve güvenli çalışma ortamı oluşturulmuştur. Bu şekilde taşıma frekansı ve mesafesi kısaltılmıştır.</p>

Şekil 8. İş sağlığı ve güvenliği kaizen uygulama örneği 2

Kaizen Öncesi							Kaizen Sonrası						
													
YÖNTEM	ZAP	A	B	C	D	SONUÇ	YÖNTEM	ZAP	A	B	C	D	SONUÇ
LMM2	3	4	2	4	2	36	LMM2	3	0,5	1	1	0	7,5
Problem							Sonuç						
Akü alanında towtruck akü değişim esnasında operatörün eli towtruck ile akü arasına sıkışabilir. Operatör aküyü çekme esnasında zorlandığından ergonomik değildir. Ergonomik risk analizi skoru 36'dır.							Akü alanındaki akü değişim arabası vidalı milden yapılarak daha güvenli ve ergonomik çalışma ortamı sağlanmıştır. Kaizen sonrası ergonomik risk analizi skoru 7,5 olmuştur. Aynı zamanda bu çalışma ile 2019/11534 numarası ile patent başvurusu yapılmıştır.						

Şekil 9. İş sağlığı ve güvenliği kaizen uygulama örneği 3

## SONUÇ

Bu uygulamanın iş sağlığı ve güvenliği kültürüne sağladığı katkılar iki temel başlık altında değerlendirilmiştir.

### ***Kaizen Sisteminin Çalışana Sağlayacağı Kazançlar***

Kaizen sisteminin çalışana sağlayacağı kazançlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

- Çalışanların, kendi işlerini ve iş ortamlarını kendi fikirleri ile geliştirebilmesine olanak sağlamaktadır.
- Kaizen önerileri doğrultusunda gerçekleştirilen iyileştirmeler ile çalışanların işlerinin kolaylaşmasına, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün geliştirilmesi için çalışanların problem çözme yeteneklerinin artmasına olanak verir.
- Çalışanlar, gerçekleşen kaizenleri ile çalışma arkadaşlarının da işlerinin daha güvenli hale gelmesini sağlar. Böylece çalışma arkadaşlarının takdirini kazanırlar.
- Çoğu zaman kaizen önerileri, bir personelin tek başına gerçekleştirebileceği faaliyetler değildir. Bu noktada takım çalışmaları devreye girdiğinden, çalışanların iş arkadaşlarıyla

sağlayacağı aktif etkileşim ile iletişimlerini güçlendirmelerine olanak sağlar.

- Kaizen önerisini hayata geçen bir çalışanın kendine güveni artar ve daha fazla inisiyatif kullanır. Bu şekilde çalışanların iş tatminlerinin artmasına katkıda bulunur.

### ***Kaizen Sisteminin İşyerine Sağlayacağı Kazançlar***

Kaizen sisteminin işyerine sağlayacağı kazançlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

- Kaizen önerileri ile iş sağlığı ve güvenliğinde, bunun yanı sıra 5S sistemi kapsamında da (toparlama, düzen, temizlik, standarlaştırma, disiplin) gelişme sağlanmış olur.
- Sağlık ve güvenlik açısından oluşabilecek riskler ortadan kaldırılabilir.
- Daha güvenli bir ortamda çalışma sağlanması, ürünlerinin daha yüksek kaliteli, daha yüksek performanslı ve daha düşük maliyetli olmasını sağlar.
- Kurum içindeki iletişimin etkinliğini arttırarak kurum içindeki aile ortamının geliştirilmesini sağlar.

İş sağlığı ve güvenliği yönetiminde kaizen yaklaşımı ile güvenlik, sağlık ve ergonomik risklerin önüne geçilmekte, aynı zamanda çalışanların güvenlik sisteminde aktif rol oynamalarına olanak sağlanmaktadır. Güvenlik kültürünün oluşmasını temelden sağlayan, çalışanın güvenlik kültürüne olan aidiyetini arttıran bir uygulama olmakla beraber yalın üretim ile çalışıp çalışmadığına bakılmaksızın birçok alanda uygulanabilir bir sistemdir.

### **KAYNAKÇA**

Bochum, H. W. (1993). *Lean Production* (Cilt 133). Brauwelt.

Bozdemir, E. ve Orhan, M. (2011). Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesinde Kaizen Maliyetleme Yönteminin Rolü ve Uygulanabilirliğine Yönelik Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 463-480.

Hacıhasanoğlu, T. (2014). Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesinde Kaizen Maliyetleme Yöntemi ve Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 47-63.

Kabadayı, E. (2002). İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme ile İlişkisi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 61-75.

Liker, J. K. ve Hoseus, M. (2008). *Toyota Kültürü ve Toyota Tarzının Ruhu*, Çev.

Lopez, A., Santos, J. F. ve Arbos, L. C. (2013). *Lean Manufacturing: Costing the Value Stream* (Cilt (113), 5). *Industrial Management ve Data Systems*.

Öğünç, H. ve Doğru, E. (2017). Kaizen Felsefesi ile Toplam Kalite Yönetiminin Verimlilik ve Maliyet Üzerin Etkisi. *Alanya Academic Review Journal*, 1-13.

Serin, G. ve Çuhadar, M. (2015). İş Güvenliğı ve Sağılı Yönetim Sistemi. *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 44-59.

Terzi, S. ve Atmaca, M. (2011). Yalın Üretim Sistemi Açısından Değer Akış Maliyetlemesinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), s. 449-466.

Woehrle, S. L. ve Abou-Shady, L. (2010). *Using dynamic Value Stream*.

Womack, J., Jones, D. ve Reos, D. (1990). *Dünyayı Değiştiren Makine*. (O. Kabak, Çev.) İstanbul: Panel Matbaacılık.



# **Türk Hava Yolları'nda Turnaround Yönetimi (TMAN) Projesi İçin Referans Model Geliştirilmesi**

**Hikmet Yılmaz**

*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
**(0000-0002-6349-2642)**

**Alper Canbaz**

*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
**(0000-0001-5806-3133)**

**Aziz Kemal Konyalıoğlu**

*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
**(0000-0002-2443-5063)**

**Tuğçe Beldek**

*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
**(0000-0001-5581-3541)**

**Hatice Camgöz-Akdağ**

*İstanbul Teknik Üniversitesi*  
**(0000-0002-9818-6012)**

## GİRİŖ

Uçak turnaround işlemleri; uçağın havaalanına inişinden bir sonraki uçuşa başlayana kadarki süreçte aynı uçak için planlanan işlemler bütünüdür. Uçak turnaround işlemleri, uçakta geliş ve gidiş olmak üzere tüm yolcu, mürettebat, yemek servisleri, kargo ve bagaj değişim aktivitelerini içermektedir. Uçaktaki turnaround aşamasında devam eden tüm işlemlerin doğru izlenerek, Operasyon Kontrol Merkezi'ne otomatik olarak ulaştırılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Ulaşımın otomatik hale getirilmesi, Operasyon Kontrol Merkezi'nin, uçuşun dakikliğine engel teşkil eden durumlarla hızla yüzleşerek çabuk karar almasına, tüm aktivitelerin sorumluluklarının kararlaştırılmasına ve performanslarının hesaplanmasına olanak sağlar. Söz konusu kontrol ve hesap aktiviteleri, güvenilir verilere ve gecikmelere yol açan manuel yollarla veya telefon iletişimleri ile gerçekleştirilmektedir. Veriler, insan faktörünün karışmasından ve uçuş hazırlıklarının izlenme gerekliliğinden dolayı daha şüpheli hal almıştır. Çalışmanın amacı, uçağın turnaround süreci boyunca, havayolu uçuşa hazırlanış süreç yönetiminin tasarlanması ve turnaround boyunca uçağın uçuşa hazırlanış sürecini yönetmeye ve izlemeye yarayan bir model oluşturulmasıdır. Taşınabilir hesaplama cihazları, portatif el cihazları ve kablosuz network teknolojisi her havayolunda gerçek zamanlı sistemlerde kullanılmaktadır. Çalışmada, Kritik Yol Metodu, Kaynak Kısıtlı Proje Planlama Problemi, Modelleme Teknikleri ve izleme sistemleri kullanılmıştır. Amaç, yer operasyonlarının verimliliğinin geliştirilmesidir. Bu modelin uygulamasının sonuçları gösteriyor ki gerçek zamanlı çalışma ile uçak operasyonlarından kaynaklanan gecikmelerde potansiyel azalmalar sağlanabilir ve uçağın yerde bekleme süresi optimize edilebilir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Havayolu şirketlerinde Operasyon Kontrol Merkezi'ndeki asıl hedef, genel olarak uçuş planına uymak ve zamanında kalkışları gerçekleştirmektir. Operasyon Kontrol Merkezi'nin diğer amaçları ise meydana gelebilecek gecikmeleri ve operasyonlarda karşılaşılabilecek herhangi iç veya dış engelleri asgariye indirmektir. Bu yüzden, tüm işlemlerin takip edilerek doğru görüntünün Operasyon Kontrol Merkezi'ne otomatikman ulaştırılmasının önemi kendini göstermektedir. Doğru görüntünün anında iletimi, uçuş zamanlamasında gecikme meydana getirebilecek engeller karşısında

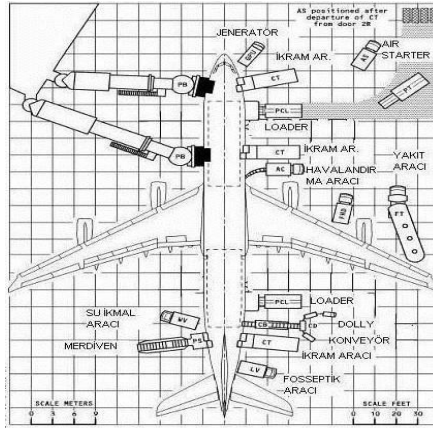
hızlı ve kesin kararlar alınmasını sağlar. Yapılan aktiviteler telefon görüşmeleri veya manuel yollarla gerçekleştirildiği için, araya giren insan faktörü verilerin güvenilirliğini zedeler ve şüpheye yol açar. Birçok yaklaşımda uçak turnaround işlemlerinde; Kritik Yol Metodu, Kaynak Kısıtlı Proje Planlama Problemi, Modelleme Teknikleri ve izleme sistemleri kullanılmıştır. Wu ve Caves (2004a), uçak turnaround yönetimindeki kesintilerde gerçek zamanlı karar destek mekanizması için kaynak kısıtlı proje planlama probleminin temel alınmasını önermişlerdir. Havaalanındaki kendine özgü bu süreçte, problemin çözümlerini yeniden değerlendirme eğilimi olan bu yaklaşım, ihtimallerin yeniden planlanabilmesini ve aktivitelerin yer değiştirme seçeneklerini içermektedir. Bu projede Deutsche Lufthansa AG. ile iş birliği içinde yürüttükleri çalışmanın sonuçlarını kullanmışlardır. Uçak turnaround işlemlerinin yönetimi, turnaround süreçlerinin Zamanlılık Performansı'nı (OTP) etkiler. Sonuç olarak, uçak turnaround işlemleri performansı havayolu operasyonlarının başarısında çok önemli rol oynar. Literatürde de performansın etkilendiğini gösteren gerçek örnekler mevcuttur, bunlardan biri Avrupa hava taşımacılığı pazarında başarıya ulaşmak için havaalanlarıyla iki operasyonel hedefe ulaşmak –yolcu sayısını artırmak ve tam zamanında turnarounda ulaşmak- için çalışan, düşük ücretli taşımacılık yapan Ryanair' da vuku bulmuştur, ACI- EUROPE (2000). Havayolu şirketlerinin ortalama OTP'si hava yolcularının seçim davranışlarını etkilemektedir (Suzuki, 2000).

Wu ve Caves (2004b), havaalanında uçak turnaround işlemlerinin verimliliğinin benzetimini yapmak için analitik modeller sunmuşlardır. Farklı uçak dakiklik performansları için senaryolar modellemişlerdir. Operasyonel belirsizliklerden kaynaklanan sistem maliyetlerini asgariye indirmek için, uçağın turnaround işlemleri sırasında yerde geçirdiği zaman için arabellekteki zamanlar kullanılarak planlama modeli sunmuşlardır. Gelen uçakların iniş zamanının dakiklik benzetimi, uçuş planlama operasyonlarının dakikliğinin belirsizlik hesaplarına göre rassal fonksiyonlarla yapılmıştır.

Wu (2010) uçak turnaround işlemleri sürecinin benzetimi için bir Markov Zinciri tipi model önermiştir. Önerilen modelin, kritik yol metodu modelleri ile karşılaştırıldığında büyük katkı sağladığı gözlemlenmektedir. Markov Zinciri modeli, uçak turnaround sürecinde oluşan kesilmenin modellenmesinde olduğu gibi yer hizmet aktiviteleri

arasında da stokastik ve dinamik geçiş davranışlarının benzetimine olanak sağlamaktadır. Dahası, Wu (2008), turnaround operasyonlarının sağlamlığını artırmak için, turnaround aktivitelerinin zamanlama verilerinin toplanmasından oluşan bir iskelet önermektedir. Bu iskelete dayanan ve taşınabilir el araçlarından faydalanılan bir gerçek zamanlı izleme sistemi uygulamaya konmuştur.

şekil 1’de transit ve turnaround esnasında aktivitelerin konumlarını gsteren bir çizim gsterilmektedir.



şekil 1. Transit ve Turnaround esnasında aktivitelerin konumları  
Kaynak: THY Yer Hizmetleri El Kitabı, 2011

Kullanılan Gerçek zamanlı uçak turnaround aracı (RATT) modeline örnek olarak, Virgin Atlantic’in kullandığı Avusturya sistemini, Londra Heathrow Havaalanı’nda uygulaması gsterilebilir. Turnaround srecinin ynetimi için önemli bir etkiye sahiptir. RATT 17 servis özömleri için bir yazılım programıdır ve çok sayıda yapılandırma uygulamasıyla kullanıcılarına kolaylık sağlamaktadır. Bu özelliklerine ek olarak Virgin Atlantic’in gereksinimleri doğrultusunda yeni özellikler eklenmiştir. RATT operasyonculara, gelen uçak ile ilgili uçağın ihtiyaçlarını detaylı bir şekilde ve kritik-zaman-yoluyla bildirmektedir. Ayrıca RATT sayesinde tamamlanan her srecinde her srecinde bildirilebilmektedir. Eğer bir işlem yapılması gereken zamanın gerisinden geliyorsa, RATT bütün işlemin zamanında bitmesi için çalışmaktadır. Çalışanlar uçakların yanından ayrılmadan ellerindeki cihazlarla gereken verileri girmektedirler. Kullanıcılar ayrıca gerçek

zamanlı olarak mesajları kontrol etme ve onaylamayı (örneğin; temizlik başladı, temizlik bitti, ikram yüklenmesi başladı, ikram yüklenmesi bitti vb.) yapmaktadırlar. Sistem ayrıca bir uçak için ayrıntılı gelir miktarını anlık göstermektedir (yüklenen kargo miktarı, özel yolcu ve yük miktarı vs). Sevkiyatçılar uçakta herhangi bir hasarlı kısmı veya hasarlı kargoyu anlık fotoğrafla gereken yerlere bildirebilmektedirler (Motorola Solutions, 2013). Böylece Virgin Atlantic, uygulamaya koyduğu RATT sistemiyle turnaround sürecinde önemli iyileştirmeler sağlamayı başarmıştır.

## **MEVCUT SİSTEM VE TURNAROUND SİSTEMİ**

### ***Mevcut Sistem***

Çeşitli uygulamalar (UHM, NETLINE, IBRIS vb.) ve uçak başında bulunan sorumlu Koordinatör aracılığı ile sefer ile ilgili datalar toplanmaktadır. Ancak tüm bu datalar tek bir şablonda toplanamamaktadır. Personel seferin yer operasyonları süresi ve süreçlerini manuel olarak takip edebilmektedir. Tüm birimlerden toplanan bilgiler bahsi geçen programlar ve koordinatör vasıtası ile derlenip, var ise aksaklıklar not edilmekte ve ilgili birimler uyarılarak operasyon sürdürülmektedir. Daha sonra kapı kapanışını takiben değerlendirme yapılmaktadır. Kapı kapandıktan sonra uçağın havalanması ile bilgiler toplanmış olur ve aksaklığın sebebi belirlenir. İşlemlerin gecikmesi söz konusu olduğunda ise uçakların zamanında kalkışlarına izin verilmemektedir, sadece değerlendirme aşamasında kalınmaktadır. Zamanındalık performansı havacılık alanında önemli bir rekabet alanıdır ve gecikmeler Türk Hava Yolları için de büyük kayıplara sebep olmaktadır.

Operasyon içerisindeki her bir süreç ile ilgili kesin, tutarlı ve sistemsel data tam olarak alınamamaktadır. Bazı süreçler mevcut sistemler aracılığı ile (ACARS vb. ) kesin data ile takip edilebilirken bazılarında ise bu mümkün olmamaktadır. Tüm bu bilgiler tek bir ekranda tek bir potada toplanmadığı için takip edilmesi oldukça zordur ve işgücü ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Her bir süreç tek tek takip edilip bir araya getirilmeye çalışılmaktadır. Yer operasyon süreçlerinin bazıları eş zamanlı yürümekte ve birbirilerini etkileyip tetikleyebilmektedir. Bir tanesindeki aksaklık bir sonraki ya da paralelindeki süreci olumsuz yönde etkilemektedir. Tamamlanmamış ya da tamamlanması gecikecek bir sürecin önceden görülmesinin operasyonun geri

kalanında nasıl bir etki yaratacağını genel çerçeveden görememek, bu konuda önlem almayı da zorlaŖtırmaktadır. Artmış olan sefer sayısı turnarounds giren sefer sayısını da artırmaktadır. Bu durumda kısalan yer operasyon süreleri operasyonun daha sıkı ve yakından takip edilmesini ve daha iyi bir koordinasyonu gerektirmektedir. Bu hacimdeki bir sürecin manuel takip edilebilmesi oldukça zor olmaktadır. Sürecin iyileŖtirilmesi adına Türk Hava Yolları'nın ihtiyaçlarına cevap verecek ve tamamen Türk Hava Yolları'nın belirleyeceği kısıtlar doğrultusunda yeni bir sistem arayışı gerekmektedir.

### ***Turnaround Sistemi***

Turnaround Yönetim Sistemi modülü, uçağın park ediŖinden tekrar kalkıŖa hazır hale getirileceği süre içerisindeki geçirdiği tüm aktivite aŖamalarını sistem üzerinde anlık olarak görmeyi ve analiz etmeyi amaçlar. Sistem, aldığı bileŖenlerle kullanıcı tarafından daha önceden belirlenen kısıtlara uyulup uyulmadığını, nerede eksiklikler olduğunu mikro düzeyde raporlamaktadır.

Turnaround Yönetim Sistemi, uçak üzerindeki ACARS vb. sistemlerden ve uçak baŖındaki görevlilerin kullandığı el cihazları üzerinden aldığı verileri anlık olarak server üzerinde paylaŖarak çalışmaktadır. Bu sistemde uçağın ACARS'ından gelen bilgilerle el cihazlarından gelen bilgiler eŖleŖtirilir ve kullanıcıya uçağın hangi iŖleminde aksama olduğu, operasyon sürecindeki gecikme nedeni ve süresi anlık olarak yansıtılır. Uçağın kapanıŖ mesajı çekilmeden çok öncesinde bile, uçağın durumunu görerek gecikme potansiyeli ile ilgili önlem alınmasını sağlar. Böylece zamanında ve yerinde gereken müdahalenin yapılması imkanı gerekli bölümlere sağlayacaktır.

Turnaround yönetim sisteminin hayata geçirilmesi ile birçok alanda avantajlara sahip olunacaktır. Bu uygulama ile en baŖta hareket kabiliyetinde artış beklenmekte olup, uygulamanın diğer baŖlıca faydaları Ŗöyle sıralanabilir.

- Manuel takip yerine otomasyona geçilerek operasyonel verimliliğin anlık izlenebilmesi,
- Uçak çevirme kabiliyetlerinin detaylı olarak incelenmesi,
- Gecikmelere karŖı daha erken önlem alınabilme imkanı,
- Performansların bilimsel olarak takibi,

- Sürekli kontrol ve uyarı sağlanması,
- İstasyonlara yönelik dinamik ve esnek turnaround sürelerinin belirlenmesinin sağlanması,
- İyileştirici çalışmalara olanak sağlanması,
- Gelecekteki taşıma anlaşmalarında daha detaylı anlaşmalara olanak sağlanması,
- Problemlerin hızlı çözümü için veritabanı oluşturacak datayı toplayabilmesi.

## REFERANS MODEL

Referans modeli, bir bileşendeki, sistemdeki, şirketteki ya da uygulamadaki üst katmanlarla alt katmanların birbirine etkileşimi olarak açıklanır. Bu etkileşim ise, bir ara yüz oluşturularak sağlanır. Referans modelinde bu ara yüz, birbirleriyle olan katman etkileşimlerinde, uygulamanın nasıl çalışacağını test ederek sonuçları görüntüler (Maldonado vd., 2009). Elde edilen verilerin sistem üzerinde işlenerek sonuca ulaştırılabilmesi, mevcut durum verilerinden elde edilecek olan referans modele bağlıdır. Bu model MS Project kullanılarak oluşturulmuş, öncesinde kısıtların belirlenebilmesi için farklı yöntemler kullanılmıştır. Anahtar performans göstergesi kısıtların belirlenmesi aşamasında, Türk Hava Yollarının daha önce yapmış olduğu ‘Zaman Etüdü Testleri’ne, Sanchez (2009) ve THY uzman görüşlerine başvurulmuştur. Turnaround sürecinde kısıtlar; Türk Hava Yolları bünyesindeki her uçak tipi için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Kısıtların oluşturulmasının ilk aşamasında süreçte yer alan tüm aktiviteler dikkate alınmıştır. Bu kısıtlar; ortalama kapasite, birim yükleme, birim boşaltma, otobüs kullanma katsayısı, tekerlekli sandalye bindirme, tekerlekli sandalye indirme, minimum turnaround süresi, yakıt yükleme, güvenlik kontrolü, ön yığın kapasitesi, ön konveyör/palet (ULD) kapasitesi, arka yığın kapasitesi, arka konveyör/palet (ULD) kapasitesi, kuyruk kompartıman kapasitesidir. Tablo 1, Airbus A319 uçak tipine ait kısıt değerlerini göstermektedir. Diğer uçak tiplerine ait kısıtlar, data girdi kısıtları tablosunda gösterilmiştir.

Turnaround sürecinde kısıtların belirlenmesi ve süreç işlem akışının tanımlanmasından sonra, standart işlem sürelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 1. Airbus A319 kısıtları

Uçak Tipi	A319
Ortalama Kapasite	140
Birim Yükleme	7,5
Birim Boşaltma	5,5
Otobüs Kullanma Katsayısı	0,8
Tekerlekli Sandalye Bindirme	60
Tekerlekli Sandalye İndirme	45
Minimum Turnaround Süresi	50
Yakıt Yükleme	11
Güvenlik Kontrolü	6
Ön Yığın Kapasitesi	2268,0
Ön Konveyör/Palet (ULD) Kapasitesi	x
Ön Konveyör/Palet (ULD) Kapasitesi	
Arka Yığın Kapasitesi	3021,0
Arka Konveyör/Palet (ULD) Kapasitesi	x
Arka Konveyör/Palet (ULD) Kapasitesi	
Kuyruk Kompartıman Kapasitesi	1497,0

Standart işlem süreleri, Türk Hava Yolları'nda yapılmıŖ olan testler, Sanchez'in (2009) akademik çalıŖması ve alanda yapılan incelemeler ile belirlenmiŖtir. Bu karmanın oluŖturulmasının sebebi, her uçuŖta çok fazla dıŖ faktör etkisi olduğundan örneklemin geniŖ tutulma gerekliliğidir.

Ŗekil 2 ve Ŗekil 4'te Türk Hava Yolları zaman etüdü formu örnekleri gösterilirken Ŗekil 3'te Metodoloji Ŗeması verilmiŖtir.

Alanda dar gövdeli uçaklarla yapılan zaman etütleri, kanat üstü ve kanat altı olmak üzere iki bölüm halinde ele alınmıŖtır. Toplam 28 aktivite ve 13 farklı uçuŖtan alınan verilere göre incelenmiŖtir. Bu incelemede, her faaliyet için körük ve otobüs işlemlerine göre ayrı ayrı süreler tutulmuŖ, ortalama faaliyet zamanı, maksimum faaliyet zamanı, minimum faaliyet zamanı belirlenerek zaman standartları oluŖurma aŖamasında kullanılmaya hazır hale getirilmiŖtir. Elde edilen bu veriler Tablo 8'de gösterilmiŖtir.



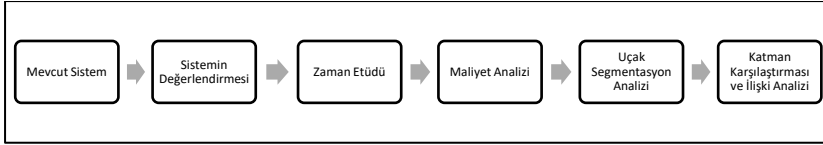
**TURKISH AIRLINES** Zaman Etüdü Formu 29.12.2013

ID: 1 REG: JGY GATE: 220 TRAINING:   
FROM: JED INB FLT: 97 ARR DATE: 01.10.2011 STA: 08:35:00 ATA: 08:57:00  
TO: LYS OTB FLT: 1807 DEP DATE: 01.10.2011 STD: 10:20:00 ATD: 10:25:00

**INTERIOR / TERMINAL OBSERVER**

ACTIVITY	START	END	TEMPO	
Passenger Bridge: Positioned	08:58:10			
Door Open	08:59:20			
Passenger Deplaned	08:59:25	09:01:35	%100,00	
Number	27			
Cabin Cleaning	09:09:40	09:35:20	%80,00	
Mini Transit	# Cleaning Staff: 6			
Galley Loading	Aft Gal. Load	09:31:00	09:38:45	%100,00
	Fwd Gal. Load	09:20:25	09:25:01	
	Aft Gal. Unlo.	09:29:30	09:38:45	%100,00
	Fwd Gal. Unlo.	09:18:05	09:25:01	
	Security Check	09:46:20	09:50:20	%100,00
	Announcement Instruction Time	09:50:45		
	Announcement Time	09:51:00		
	Passenger Boarded	09:53:15	10:12:05	%100,00
	Number	121		
	Door Closed	10:19:15		
Passenger Bridge: Positioned		10:19:20		

Şekil 2. Türk Hava Yolları zaman etüdü formu 1



Şekil 3. Türk Hava Yolları referans modeli için metodoloji akışı

**TURKISH AIRLINES** Zaman Etüdü Formu 29.12.2013

ID: 1 REG: JGY TRAINING:  GATE: 220  
FROM: JED INB FLIGHT: 97 ARR DATE: 01.10.2011 STD: 08:35:00 ATA: 08:57:00  
TO: LYS OTB FLIGHT: 1807 DEP DATE: 01.10.2011 STA: 10:20:00 ATD: 10:25:00

**FWD OBSERVER**

Checks On: 08:58:00

Passenger Bridge / Stairs	Boarded	Remained	Tempo	Towbar (Attached / Detached)	Boarded	Remained	Tempo
Approaching	09:00:00	10:20:00	10:21:00	%200,00	10:24:10	10:26:15	%100,00

Ground Power

Approaching	Boarded	Remained	Tempo	Stair Ecu.
09:01:15	10:21:00			<input type="checkbox"/>

Conditioned Air

Approaching	Boarded	Remained	Tempo	Stair Ecu.
09:35:00	09:38:00	10:15:00	10:15:00	<input type="checkbox"/>

Forward Catering Truck

Approaching	Boarded	Remained	Tempo
09:18:00	09:19:00	09:25:05	09:28:00

Forward Baggage (UNLOAD)

Approaching	First Bag Off	Last Bag Off	Remained	Tempo	Brps	Forward PRIORITY Baggage (UNLOAD)	Approaching	First Bag Off	Last Bag Off	Remained	Tempo	Brps	Priority Bag

Forward Baggage (LOAD)

Approaching	First Bag On	Last Bag On	Remained	Tempo	Brps	Forward PRIORITY Baggage (LOAD)	Approaching	First Bag On	Last Bag On	Remained	Tempo	Brps	Priority Bag
09:43:00	09:44:00	09:55:00	09:57:00	%100,00	150								

Şekil 4. Türk Hava Yolları zaman etüdü formu 2

Tablo 8. Dar gövdeli uçaklardan elde edilen faaliyet zamanları analizi

Alan	Aktivite	Aktivite Numarası	Körük				Otobüs						
			Ort.	min.	max.	70	90	Ort.	min.	max.	70	90	
Kanat Üstü	Yolcu indirme	A11	8,3	7,0	10,0	7,0	7,0	7,0	5,0	9,0	5,0	5,0	
	Hasta Yolcunun İndirilmesi	A12	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
	Güvenlik kontrolü & Ekip Toplantısı	A13	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
	Temizlik	A14	11,0	10,0	13,0	10,0	10,0	11,1	7,0	15,0	7,0	7,0	
	İkram	A15	17,8	13,0	22,0	13,0	13,0	17,4	9,0	25,0	9,0	9,0	
	Ekip Toplantısı/Ekipman Kontrol	A16	3,0	2,0	4,0	2,0	2,0	3,4	2,0	6,0	2,0	2,0	
	Uçak Güvenlik Araştırması	A17	5,3	4,0	6,0	4,0	4,0	5,9	5,0	8,0	5,0	5,0	
	Yolcu Bindirme	A18	22,3	17,0	29,0	17,0	17,0	19,7	11,0	30,0	11,0	11,0	
	Hasta Yolcunun Bindirilmesi	A19	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Fazla Bagaj ve Bebek Arabalarının Taşınması	A20	1,5	1,0	2,0	1,0	1,0	2,5	2,0	3,0	2,0	2,0	
	Kanat Altı	Merdiven/Köprünün Takılması	A21	1,3	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
		Bagaj Yükleme Bandının Bağlanması	A22	1,5	1,0	2,0	1,0	1,0	1,1	1,0	2,0	1,0	1,0
Uçak İçi Bagajların Boşaltılması		A23	3,5	3,0	4,0	3,0	3,0	4,5	3,0	6,0	3,0	3,0	
Konveyör ve Yükleycilerin Arkaya Bağlanması		A24	1,3	1,0	2,0	1,0	1,0	1,6	1,0	4,0	1,0	1,0	
Arka Tarafın Boşaltılması		A25	7,8	1,0	14,0	1,0	1,0	6,5	1,0	11,0	1,0	1,0	
Konveyör ve Yükleycilerin Öne Bağlanması		A26	1,7	1,0	2,0	1,0	1,0	1,7	1,0	3,0	1,0	1,0	
Ön Tarafın Boşaltılması		A27	4,8	1,0	7,0	1,0	1,0	4,6	1,0	10,0	1,0	1,0	
Atık Su Servisi		A28	1,5	1,0	2,0	1,0	1,0	1,3	1,0	2,0	1,0	1,0	
Temiz Su Servisi		A29	1,3	1,0	2,0	1,0	1,0	1,6	1,0	2,0	1,0	1,0	
Yakıt		A30	17,3	15,0	21,0	15,0	15,0	15,3	10,0	25,0	10,0	10,0	
Ön Tarafın Yüklmesi		A31	11,0	6,0	16,0	6,0	6,0	11,9	5,0	19,0	5,0	5,0	
Konveyör ve Yükleycilerin Arkaya Bağlanması		A32	1,7	1,0	2,0	1,0	1,0	1,3	1,0	3,0	1,0	1,0	
Arka Tarafın Kargo Yüklmesi		A33	12,0	9,0	16,0	9,0	9,0	11,3	6,0	16,0	6,0	6,0	
Bagajların Yüklmesi		A34	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,8	3,0	14,0	3,0	3,0	
Bagaj Ayırımının Ve Yerleştirilmesinin Yapılması		A35	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	2,0	4,0	2,0	2,0	
Yükleycilerin Kaldırılması ve Kapının Kapatılması		A36	1,8	1,0	2,0	1,0	1,0	1,8	1,0	3,0	1,0	1,0	
Bebek Arabası ve Fazla Bagajların Uçak İçine Yüklmesi		A37	#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
Uçak Yükleme Kapısının Kapatılması		A38	4,0	3,0	6,0	3,0	3,0	3,2	1,0	7,0	1,0	1,0	

Bu çalışmada referans model geliştirilmesi aşamasında, buraya kadarki süreçte tespit edilen zaman kısıtları, fiziki kısıtlar, faaliyet tanımlamaları, iş akışı ve tüm diğer veriler bir arada kullanılarak uçak turnaround sürecine gerçek zamanlı müdahaleye olanak sağlayabilecek izleme modeli geliştirilmiştir.

Temel performans göstergelerinin belirlenmesi için sınıflarına ayrılan uçak tipleri kendi kısıtlarına ait verileri oluşturmaktadır. Bu veriler excel dosyasındaki data sayfasından tanımlanmış ve bir bütün halinde Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tüm bu girdi işlemleri tamamlandıktan sonra, sistemi çalıştırmak için "Turnaround" sayfasında "RUN" butonu oluşturulmuştur. MS Project programında oluşturulmuş olan faaliyet akışı üzerinde çalışabilecek visual basic macro kodları "RUN" butonu üzerine yazılmış ve çalıştırma görevi bu butona atanmıştır.

Tablo 9. Data girdi kısıtları

Kısıt Adı	Uçak Tipi						
	B 737	B 777	A 319	A 320	A 321	A 330	A 340
Ortalama kapasite (kişi)	160	337	140	170	190	289	270
Birim yükleme (sn.)	7,5	6,0	7,5	7,5	8,0	6,0	6,0
Birim boşaltma (sn.)	5,5	5,0	5,5	5,5	6,5	5,0	5,0
Otobüs kullanma Katsayısı	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Tekerlekli sandalye bindirme (sn.)	60	60	60	60	60	60	60
Tekerlekli sandalye indirme (sn.)	45	45	45	45	45	45	45
Minimum turnaround süresi (dk.)	50	70	50	50	55	70	70
Yakıt yükleme (dk.)	11	52	11	11	14	35	35
Güvenlik kontrolü (dk.)	6	11	6	6	6	10	10
Ön yığın kapasitesi (kg.)	3.558	x	2.268	3.402	5.670	x	x
Ön konveyör/palet (uld) kapasitesi (kg.)	x	40.823	x	3.402	5.670	22.861	22.861
Ön konveyör/palet (uld) kapasitesi (con. / pal.)	x	24 con - 12 pal.	x	3	5	18 con - 9 pal.	18 con - 9 pal.
Arka yığın kapasites (kg.)	4849	x	3.021	2.426	5.670	x	x
Arka konveyör/palet (uld) kapasitesi (kg.)	x	31.751	x	2.268	5.670	18.507	18.507
Arka konveyör/palet (uld) kapasitesi (con. / pal.)		20 con - 10 pal.		4	5	12 con - 6 pal.	12 con - 6 pal.
Kuyruk kompartıman							

Girdiler anlık olarak değiştirilerek, program çalıştırıldığında anlık sonuçlar ve faaliyet akış analizi oluşturulabilmektedir.

Referans model girdi ekranının ana görüntüsü Şekil 5’te gösterilmiştir. Önceki bölümde anlatılan kriterlere göre girişler yapılarak RUN butonundan program çalıştırılmaktadır.

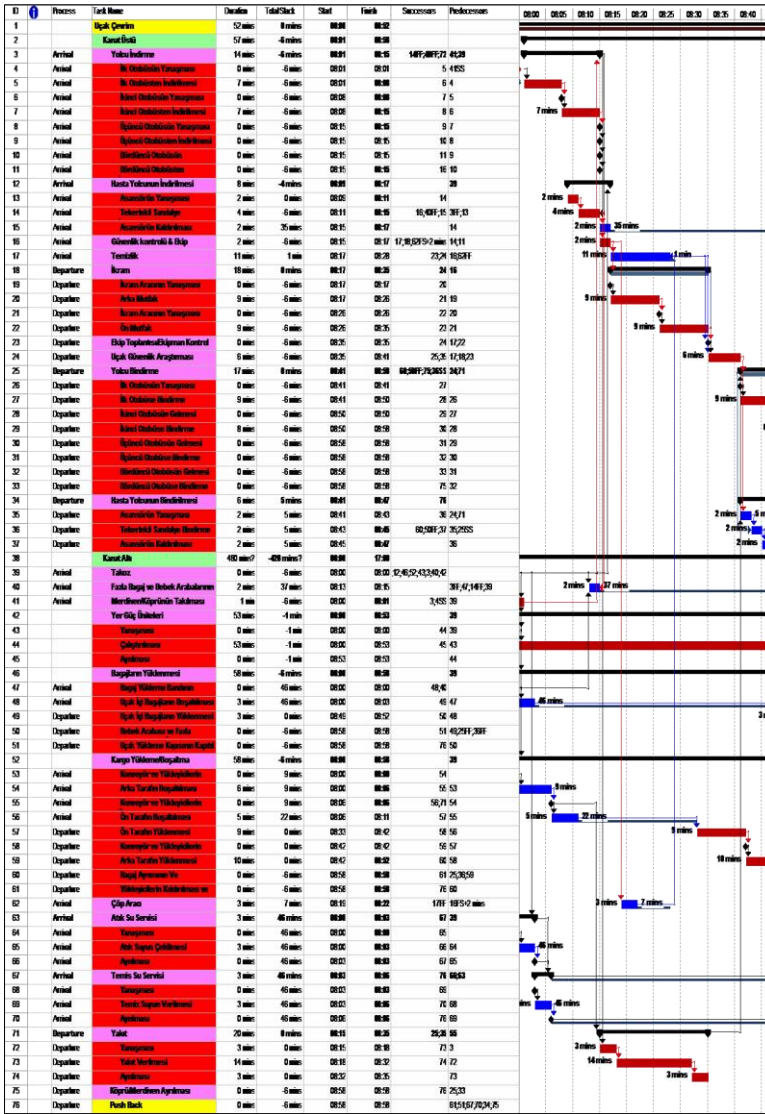
Uçak Tipi	B777	OPERASYON TİPİ	DEPARTURE	RUN	
Park Durumu	AIRBRIDGE				
GELEN YOLCU	330	İERLEKLİ SANDALYE	6		
GİDEN YOLCU	330	İKERLEKLİ SANDALYE	6		
YÜKLEME BİÇİMİ	ULD				
YİĞMA(BAGAJ)	BAGAJ	KARGO	PALET/KONTEYNİR	BAGAJ	KARGO
GELEN BAGAJ/KARGO	2.970	1.000	6	1	uld
GELEN BAGAJ/KARGO	1.485	800	4	1	uld
GELEN YİĞMA BAGAJ	495	250	495	250	kg
GİDEN BAGAJ/KARGO	2.970	800	6	1	uld
GİDEN BAGAJ/KARGO	1.485	500	4	1	uld
GİDEN YİĞMA BAGAJ	495	100	495	100	kg
YOLCU BAŞI BAGAJ	15	kg/pax			
DAKİKADA İNDİRME	150	kg/min			
DAKİKADA YÜKLEME	100	kg/min			
PALET/KONTEYNİR					
BOŞALTMA ZAMANI	1	min/uld			
YÜKLEME ZAMANI	1,5	min/uld			
OLTUK BAŞINA TEMİZLİ	0,3	min/seat			
EKİP KİŞİ SAYISI	5	mans			
OLCULARIN İNDİRME/B	1,5	min/pax			

Şekil 5. Referans model girdi ekranının ana görüntüsü

Referans model üzerinde girişler yapıp model çalıştırdıktan sonra MS Project üzerinde oluşan esas yol örnek görüntüsü Şekil 6’da gösterilmiştir.

## SONUÇ

Yapılan proje sonucunda geliştirilen referans model ile turnaround sürecinde tüm faaliyetler değerlendirmeye alınabilmekte ve oluşabilecek gecikmeleri giderebilmek adına zaman yönetiminin anlık olarak sağlanabilmesine zemin oluşturulmaktadır. Uçağın kalkış süresinde oluşmuş ya da oluşacak gecikmeler anlık olarak takip edilerek çözüm geliştirilmesi fırsatı elde edilebilmektedir. Örneğin; geç iniş yapan bir uçağın minimum gecikme ile kalkışının gerçekleştirilebilmesi için gerekli süreç yönetimi, geliştirilen model ile takip edilip yapılacak müdahale kararlarının verilmesine imkan sağlamaktadır.



Şekil 6. MS Project üzerinde oluşan örnek esas yol görüntüsü

Projede, turnaround sürecinin geliştirilmesi amacıyla Kritik Yol Metodu, Kaynak Kısıtlı Proje Planlama Problemi, Modelleme Teknikleri ve izleme sistemleri kullanılarak referans model oluşturulmasına karar verilmiştir. Daha sonra oluşturulmasına karar verilen referans model için ilk aşamada kısıtlar incelenmiş ve kısıt dataları oluşturulmuştur. Ardından turnaround sürecinde gerçekleşen

tüm faaliyet akışları analiz edilerek, faaliyetler arasındaki ilişkiler belirlenmiş, faaliyet akış tabloları oluşturulmuştur. Oluşturulan kısıtlar ve yapılan faaliyet akış analizleri referans modelde entegre edilip programlanarak, turnaround sürecini gerçek zamanlı izleme ve değerlendirme imkanı sağlanmıştır. Geliştirilen modelle, tüm havayolu şirketleri için çok kritik olan bu süreçte, Türk Hava Yolları'nın verimliliğini ciddi oranda artırması beklenmektedir.

Gelecek çalışmalarda uygulamaya konulması düşünülen girdiler belirtilerek veri analizi çalışmaları ile desteklenerek modelin geliştirilmesinde olanak sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Maldonado, J. A., Moner, D., Boscá, D., Fernández-Breis, J. T., Angulo, C. ve Robles, M. (2009). LinkEHR-Ed: A multi-reference model archetype editor based on formal semantics. *International journal of medical informatics*, 78(8), 559-570.

Motorola Solutions. (2013). Case study Virgin Atlantic. Londra.

Sanchez, D.R. (2009). Analysis Of Ground Handling Haracteristics Of Innovative Aircraft Configurations. *Department Of Automotive And Aeronautical Engineering*.

Suzuki, Y. (2000). The relationship between on-time performance and airline market share: a new approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36, 139–154.

Wu, C.-L. ve Caves, R.E. (2004a). Modeling and optimization of aircraft turnaround time at an airport. *Transportation Planning and Technology*, 27 (1), 47–66.

Wu, C.-L. ve Caves, R.E. (2004b). Modeling and simulation of aircraft turnaround operations at airports. *Transportation Planning and Technology*, 27(1), 25–46.

Wu, C.-L. (2008). Monitoring aircraft turnaround operations– framework development, application and implications for airline operations. *Transportation Planning and Technology*, 31(2), 215–228.

Wu, C.-L. (2010). Airline operations and delay management. England: Ashgate Publishing Limited.

THY Yer Hizmetleri El Kitabı. (2011). Uçak Hizmetleri ve Yükleme. Türk Hava Yolları Yer İşletme Başkanlığı.

# **Dayanıklı Çizelgeleme ve Operasyonel Belirsizliği Dikkate Alan Çizelge Eniyileme YaklaŖımları**

**Bülent Soykan**

*Old Dominion University, Norfolk, Amerika*  
**(0000-0002-7958-2650)**

**Serpil Erol**

*Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*  
**(0000-0001-5655-3665)**

## GİRİŖ

İŖletmeler, artan rekabet ortamında iŖletmeye rekabet avantajı sağlayabilecek çizelgeler oluŖturabilmek için planlama ve karar süreçlerini daha etkili ve etkin hale getirmek durumundadır. Birçok iŖletmenin operasyonları dinamik, belirsizliği yüksek ve birbirine bağımlı birçok faaliyetten oluŖur. Bu operasyonel ortamda maruz kalınan kısıtlar, doğal olarak izelge planlanma sürecini karmaŖık hale getirir. Dolayısıyla iŖletmeler bu karmaŖıklıęın üstesinden gelebilmek için yöneylem araŖtırması teknikleri esaslı karar destek sistemlerine ihtiyaç duyarlar.

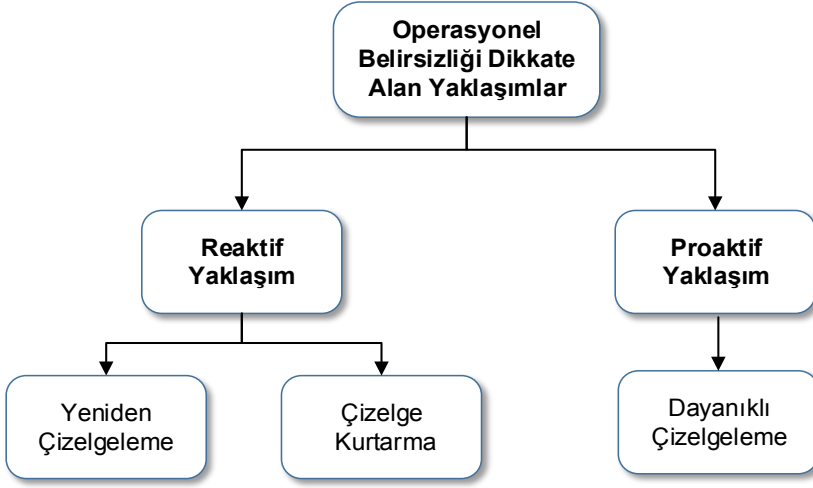
İŖletmelerin planlama departmanları tarafından kaynakların tahsisi ve çizelgelenmesini içeren karar problemleri ele alınırken genellikle operasyonel ortamın belirsizlik içermediği, deterministik olduğu varsayılır. Ancak, gerçek yaŖamda çizelgeler uygulamaya konulduğunda oluŖan beklenmedik olaylar, planlama aŖamasında verilen kararların tekrar gözden geçirilmesini gerekli kılar. Operasyonel ortamın deęiŖmesine neden olan bu tür olaylar, planların sürekli olarak gözden geçirilmesini gerektirir. Belirsizlik içeren operasyonel ortam, farklı tipte ve uzunlukta aksaklıkların meydana gelmesine ve bunun sonucunda da genellikle sürecin sürekliliği ve kalitesinde azalmaya neden olur. Aksaklıkların tüm bu olumsuz etkilerini sınırlandırmak için çizelgelerin planlanması veya uygulanması esnasında gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

Pratikte planlama aŖamasında oluŖturulan çizelgeler, operasyonel aŖamada oluŖan aksaklıklar sonucu, nadiren planlandığı gibi uygulanır. Dolayısıyla, izelgeleme problemlerinde operasyonel belirsizliğin planlama aŖamasında “proaktif” olarak veya çizelgelerin uygulanması aŖamasında “reaktif” olarak dikkate alınması gerekir. Operasyonel belirsizliği dikkate alan yaklaŖımlar, Ŗekil 1’de gösterildiği gibi sınıflandırılabilir.

### **Reaktif YaklaŖım**

Reaktif yaklaŖım veya reaktif çizelgeleme, planlama aŖamasında oluŖturulan çizelgelerin uygulanması esnasında aksaklık oluŖunca çizelgelerin tekrar gözden geçirilmesini içerir. Bu yaklaŖımda, genellikle uygulanan iki yöntem; yeniden çizelgeleme ve izelge kurtarmadır.





Şekil 1. Operasyonel belirsizliği dikkate alan çizelgeleme yaklaşımları.

Yeniden çizelgeleme, aksaklıklara tepki olarak çizelgelerin sıfırdan hazırlanmasını; çizelge kurtarma ise, orijinal çizelgenin onarılmasını içerir. Yeniden çizelgeleme yöntemiyle üretilen çözümün kalitesi, çizelge kurtarma yöntemiyle üretilene oranla çoğunlukla daha etkili olacaktır. Diğer taraftan, yeniden çizelgeleme uzun zaman aldığından çizelge kurtarma yöntemi pratikte daha fazla tercih edilmektedir. Bunun temel nedeni, çizelge kurtarma ile orijinal çizelgeye mümkün olduğu kadar bağımlı kalınması ve bu çizelgeye en kısa zamanda dönülmesinin sağlanabilmesidir. Literatürde çizelge kurtarma yöntemi için birçok sezgisel algoritma önerilmiştir.

Reaktif yaklaşımlardan hangisinin kullanılacağı ile ilgili uygulamadaki genel kural; eğer aksaklıklar küçük boyutlu ise, çizelge kurtarma yöntemi uygulanarak orijinal çizelgenin yeni duruma uyarlanması; eğer aksaklıklar büyük boyutlu ve kapsamlı ise, yeniden çizelgeleme yönteminin kullanılarak maliyet etkin bir çözümün bulunması şeklindedir.

### **Proaktif Yaklaşım**

Proaktif yaklaşım veya proaktif çizelgeleme, çizelgeler oluşturulurken belirsizliğin dikkate alınmasını içerir. Bu yaklaşım, gelecekte olabilecek muhtemel aksaklıkları dikkate aldığından, çizelge

oluŖturulurken muhtemel aksaklıkların çizelgenin performansı üzerine etkileri enazlamaya çalışılır. OluŖturulan çözüm eniyi maliyetli çözüm olmak zorunda değildir; ancak, belirsiz operasyonel ortamda iyi bir performans göstermesi beklenir. Proaktif yaklaşım için temel alınan yöntem, dayanıklı çizelgelemedir. Dayanıklı çizelgeleme yönteminde, sadece planlanan maliyetler değil aynı zamanda operasyonel maliyetlerin beklenen değeri de enazlanmaya çalışılır. Çizelgelerin uygulanması esnasında oluŖan aksaklıklar sonucu gerçekte operasyonel maliyetlerin artmaya başlaması, araŖtırmacıları gecikmeleri kontrol altına alabilmek amacıyla dayanıklı çizelgelemeye yönlendirmeye başlamıştır.

## **DAYANIKLI ÇİZELGELEME**

Çizelgelerin uygulanması esnasında oluŖabilecek aksaklıkların tamamen ortadan kaldırılması gerçekte değildir. Ancak, aksaklıkların ortaya çıkma yeri, zamanı ve olasılığı tahmin edilebilir ve bunun sonucu olarak olası olumsuz etkileri azaltılabilir. Planlanan çizelgenin aksamasına sebep olan gecikmelerin büyük çoğunluğunun, kötü hava koŖulları, arazi Ŗartları gibi dıŖ faktörlerden kaynaklandığı düşünülür. Ancak, gecikmelerin önemli bir kısmı planlanması gereken esas kaynakların yetersiz çizelgelemesinden kaynaklanmaktadır. Dayanıklı çizelgeleme yöntemi ile aksaklıklar karşısında daha az kırılgan, gerektiğinde yeniden çizelgenmesi veya onarılması (kurtarılması) kolay ve gerçekte operasyonel maliyetleri enazlayan çözümlerin üretilmesi amaçlanır.

### ***Dayanıklılığın Tanımı***

Literatürde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, tutarlı olarak kullanılmadığı için net bir “dayanıklılık (robustness)” tanımı yoktur. Salido vd. (2008), beklenmeyen olaylara dayanma kabiliyeti; Policella (2005), belirli bir derecede belirsizliğe karşı tolerans; Takeuchi ve Tomii (2005) ise, önemli değişiklikler yapmadan beklenmeyen problemlerle baş edebilme kabiliyeti olarak tanımlamıştır. Genellikle, çizelgelerin uygulanması esnasında oluŖabilecek aksaklıkları, çizelgelerin tasarımı aşamasında dikkate alan çizelgeler “dayanıklı” olarak adlandırılır. Dayanıklı çizelgelemede amaç; uygulama esnasında ortaya çıkabilecek beklenmedik olaylar karşısında kısıtları karşılayabilen ve eniyi çözüme yakın çözüm üretebilen çizelgeler

tasarlanmasıdır. Burada ortaya çıkan en büyük soru; “çizelgenin dayanıklılığının nasıl ölçüleceğidir.”

Çizelgelerin dayanıklılığı, genellikle birbirinden bağımsız iki özellikle karakterize edilir. Birincisi, küçük aksaklıkları sönmüleyebilme ve bununla birlikte uygulanabilir kalabilme yeteneği olarak tanımlanan “istikrar”; ikincisi ise, büyük aksaklıklar karşısında kolaylıkla yeniden çizelgelenebilme veya onarıma yeteneği olarak ifade edilen “esneklik”tir. Çizelgelerin dayanıklılık performansının ölçümü ise söz konusu iki dayanıklılık özelliği esas alınarak öncül (çizelgelerin oluşturulması esnasında) ve sonsal (çizelgelerin uygulanmasından sonra ortaya çıkabilecek) kriterler kullanılarak değerlendirilmesini içerir.

Herhangi bir çizelgenin “dayanıklı” olarak kabul edilebilmesi için çözümün uygulanması esnasında “istikrarlı” olması ve/veya aksaklıklara karşı yeterli derecede “esneklik” sağlayabilmesi gerekir. Dayanıklılık için temel olan bu ölçütler aşağıda detaylandırılmıştır.

*İstikrar:* Küçük aksaklıklardan kaynaklanan gecikmeleri yeniden çizelgeleme veya çizelge kurtarma işlemine gerek kalmadan sönmüleyebilme kabiliyetidir. İstikrar ile küçük aksaklıkların gecikme yayılımına neden olmadan çizelgenin diğer noktalarında daha uzun gecikmelere yol açması önlenmiş olunur.

*Esneklik:* Büyük aksaklıklardan kaynaklanan gecikmeler oluştuğunda yeniden çizelgeleme veya çizelge kurtarma işleminin kolaylıkla uygulanabilmesi kabiliyetidir. Örneğin; personel çizelgelemede herhangi bir ekibin geç kalan bir uçuş nedeniyle gecikmesi durumunda, ekip çizelgesindeki esneklik sayesinde ekip çizelgelerini kolaylıkla tekrar oluşturabilecek ve orijinal ekip çizelgesine en kısa sürede dönülebilecektir. Böylece, onarılması daha kolay olan esnek çizelgeler ile uçuş gecikmeleri ve iptallerinden kaynaklanan ekonomik kayıplar önlenmiş olunur.

### **Dayanıklılık Konseptleri**

Kontrol edilemeyen birçok faktör çizelgeleri stokastik yapıdaki aksaklıklara karşı hassas kılar ve gecikmelerin yaşanması kaçınılmaz olur. Gerçekleştirilmesi gereken görevlerin birbiriyle bağlantılı yapısı nedeniyle, yaşanan aksaklıklar müteakip görevleri de etkileyerek gecikmelerin olumsuz etkisini daha da artırır ve bu da operasyonel

maliyetlerin planlanan maliyetlerin çok üzerine çıkmasına sebep olur. Bu nedenle; son yıllarda dayanıklı çizelgelemeye olan ilgi giderek artmaktadır. Ancak, dayanıklı çizelgelemedeki en büyük zorluk, çizelgelerin dayanıklılığını artıracak ve aynı zamanda hesaplama zorluğu olmayan bir “dayanıklılık konsepti” nin ortaya konmasıdır. Çizelgeleme problemleri ile ilgili literatürde önerilen dayanıklılık konseptleri aşağıda özetlenmiştir:

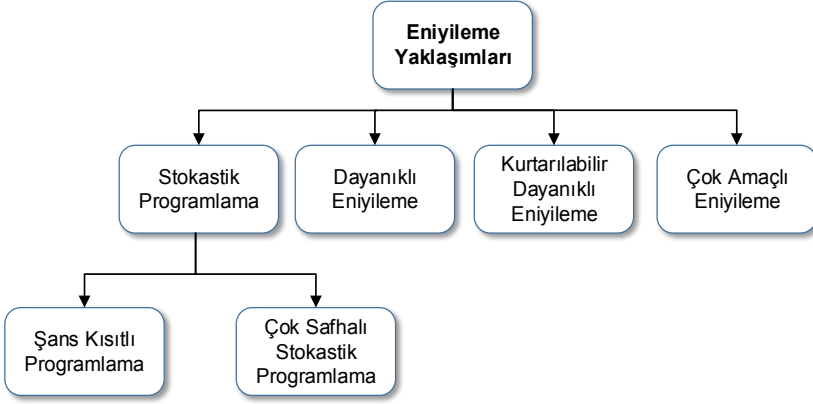
- *Beklenen gecikmelerin enazlanması:* Geçmiş veriler ve/veya benzetim sonucu elde edilen verilerden faydalanarak beklenen gecikmelerin enazlanmasına çalışılır.
- *Beklenen operasyonel maliyetlerin enazlanması:* Çizelgelere dayanıklılık kriterinin eklenmesi sonucu oluşması beklenen ilave maliyetler enazlanmaya çalışılır.
- *Gecikmelerin tecrit edilmesi:* Çizelgelerin alt çizelgelere bölünerek aksaklıklar sonucu oluşabilecek gecikme yayılımı etkisinin sadece alt çizelge ile sınırlı kalması ve diğer çizelgelerin etkilenmemesi amaçlanır.
- *Kaynak değiştirme imkânlarının artırılması:* Müsait olan başka bir kaynağın (platform, personel vb.) aksayan çizelgeye kaydırılması, pratikte sıklıkla kullanılan bir çizelge kurtarma yöntemidir.

## ENİYİLEME YAKLAŞIMLARI

Literatürde çizelgeleme problemlerinin uygulaması esnasında aksaklıklara sebep olabilecek belirsizlikleri planlama aşamasında dikkate alarak modelleyen birçok matematiksel eniyileme yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımlar stokastik programlama, dayanıklı eniyileme, kurtarılabılır dayanıklı eniyileme ve çok amaçlı eniyileme olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir. Şekil 2’de gösterimi sunulan eniyileme yaklaşımları ile ilgili detaylı bilgi aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.

### **Stokastik Programlama**

Stokastik programlama (stochastic programming), belirsizlikleri çeşitli olasılıklı değerler ile ifade ederek dikkate alır. Olması muhtemel her bir olay ise bir senaryo olarak değerlendirilir. Stokastik programlama modellerinin çoğunda senaryoların belirli olasılık dağılımları vardır.



Şekil 2. Eniyileme yaklaşımları

Stokastik programlamanın çözümünde temel yaklaşım, problemin olasılıklı bir yapıdan deterministik bir yapıya dönüştürülerek bilinen yöntemlerle çözülmesidir. Genel olarak, İki-Safhalı Telafi Fonksiyonlu Stokastik Programlama (Two-Stage Stochastic Programming with Recourse Function) ve Şans Kısıtlı Programlama (Chance Constrained Programming) olmak üzere temel iki çözüm yaklaşımı vardır.

İki-safhalı Telafi Fonksiyonlu Stokastik Programlama, iki safha karar içerir. Birinci safha karar, senaryolardan bağımsızdır; ancak, her bir olası senaryo için ikinci safha bir karar vardır. İkinci safha kararları, tam ve kesin veri bilindikten sonra alınır ve genellikle daha maliyetlidir. Çözümde öncelikle birinci safhada belirsiz olmayan değişkenler ile başlangıç çözümü bulunur ve müteakiben ikinci safhada her yeni rassal veri ortaya çıktıkça problemin tekrar çözülmesi gerekir. Amaç fonksiyonu, stokastik yapıdaki ikinci safha maliyetin beklenen değeri ile deterministik yapıdaki birinci safha maliyetin toplamından oluşur. Bu yaklaşım, dayanıklı çizelgeleme problemlerinde genellikle aşağıdaki şekilde uygulanır:

- Birinci safhada, hiçbir aksaklık dikkate alınmadan olurlu bir çizelge oluşturulur.
- İkinci safhada ise, stokastik yapıdaki aksaklıklar içeren senaryolar çizelgeye eklenir ve bunlar dikkate alınarak eniyileme yapılır.

- Yeni bir aksaklık içeren her bir senaryo, yeni bir eniyileme probleminin ortaya çıkmasına neden olur. Dolayısıyla, genel eniyileme probleminin boyutu devamlı büyür.

Şans Kısıtlı Programlamada ise, rassal değişkenlerin tüm mümkün değerleri için kısıtları sağlayan çözüm yerine senaryoların çoğu için kısıtları sağlayan bir çözüm bulunmaya çalışılır. Matematiksel modelde yer alan belirli kısıtlar, verilen bir olasılıkla karşılanır.

Her iki yöntemde de mümkün senaryoların belirli olasılık dağılımlara sahip olduğu varsayılır. Stokastik programlama yaklaşımının temel eksiklikleri, rassal değişkenlerin olasılık dağılımlarına ihtiyaç duyması ve hesaplama zorluğu olmasıdır. Bu yaklaşımda, beklenen çıktı üzerinden eniyileme yerine belirli olasılık değerleri kullanılarak eniyileme yapılır. Stokastik programlamanın, matematiksel eniyileme bakış açısıyla dayanıklı çizeleme problemleri için en tatmin edici çözüm yaklaşımı olduğu söylenebilir. Ancak, gerçek yaşam problemlerinin formülasyonları pratikte çözülebilir değildir ve çoğunlukla çözümdeki en temel zorluk, amaç fonksiyonunun beklenen değerinin hesaplanmasıdır.

### ***Dayanıklı Eniyileme***

Dayanıklı eniyileme (robust optimization), ilk olarak Soyster (1973) tarafından ortaya atılmış ve dayanıklılık kavramı, doğrusal programlamaya uygulanmıştır. Önerilen yaklaşımda normalde sabit olarak alınan bazı girdi parametre değerleri bir olası değerler kümesine ait değişken olarak kabul edilmiştir. Problemin kısıtları karşılayan herhangi bir çözümü, bu kümede yer alan girdi parametre değerlerinin tüm kombinasyonları için olurlu olmasını gerektirir. Dolayısıyla, elde edilen çözüm, tüm girdi parametre değerleri için uygun çözümü garanti eder. Ayrıca, girdi parametre değerlerinin olasılık dağılımlarının bilinmesine gerek yoktur ve ortalama bir değer yerine ortaya çıkabilecek tüm olası durumlar (senaryoları) dikkate alınır.

Soyster (1973) tarafından önerilen bu yaklaşımın temel eksikliği, olası tüm girdi parametre değerleri için uygun olan eniyi çözüm bulunmaya çalışıldığından aşırı derecede tutucu olması ve dayanıklılık uğruna çok fazla nominal problemdeki eniyi değerden (optimaliteden) ödün vermesidir. Ancak, gerçek yaşam uygulamalarında, çoğunlukla girdi parametre değerleri çok geniş yelpazede ve birbirinden aşırı derecede farklıdır. Bu durumlarda çözüm uzaylarının kesişmesi çok zordur ve

dolayısıyla çözüm bulunması imkânsız hale gelebilir. Bu eksikliğin giderilmesi için El Ghaoui ve Lebret (1997), Ben-Tal ve Nemirovski (1998) ile Ben-Tal ve Nemirovski (1999) tarafından çok aşırı değer içeren girdi parametre değerlerine çözümde yer vermeyen daha az tutucu yaklaşımlar önerilmiştir. Ben-Tal ve Nemirovski (1998) ile Ben-Tal ve Nemirovski (1999) elipsoid belirsizlikleri dikkate alan ve çözümü konik karesel programlama gerektiren daha az tutucu modeller önermiştir. Bu yaklaşımın en büyük eksikliği ise, çözüm uzayı dışbükey olmasına rağmen doğrusal olmayan model yapısı ve hesaplama zorluğudur.

Aşırı tutucu çözümler üretilmesi eksikliğinin giderilmesi için diğer bir yaklaşım da Bertsimas ve Sim (2004) tarafından önerilmiştir. Bu yaklaşımda çözüm olurlu kaldığı sürece değiştirilebilen ve belirsiz katsayı adedini sınırlandıran bir parametrenin kullanılması önerilmiştir. Çalışmada, elde edilen dayanıklı çizelgeleme formülasyonlarının her zaman doğrusal kaldığı ve hesaplama zorluğu olmadan çözülebildiği ifade edilmiştir. Fischetti ve Monaci (2009) tarafından önerilen diğer bir yaklaşımda ise, dayanıksızlığın (non-robustness) enazlanması amaçlanmış ve dayanıksızlığın azaltılarak maliyetleri artırmasının önüne geçmek için amaç fonksiyonu değeri bir katsayı ile sınırlandırılmıştır.

Dayanıklı eniyileme, finans, stok kontrol vb. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Finans sektöründe özellikle portföy eniyilemede uzun bir süredir uygulanmaktadır. Tütüncü ve Koenig (2004) tarafından dayanıklı portföy teorisine yönelik yapılan çalışmada, fonların değişik yatırım araçlarına eniyi şekilde tahsisi problemi için bir dayanıklı eniyileme yaklaşımı önerilmiştir. Ayrıca, nokta tahminler yerine gerçek pazar verilerine dayalı “dayanıklı etkili sınırlar” hesaplanmış ve ilave maliyetler olmasına rağmen kötü durum senaryolarında dayanıklı portföylerin ciddi kazançlar sağladığı rapor edilmiştir.

Stokastik programlama ile yakından ilişkili olan dayanıklı eniyileme yaklaşık 45 yıl önce Soyster (1973) tarafından fikir olarak ortaya atılmasına rağmen, gerçek yaşam problemlerine uygulanması açısından henüz yeterli olgunlukta değildir. Ancak, yine de dayanıklı eniyilemeyi güçlü kılan özellikler vardır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Belirsizlik altında eniyileme konsepti olarak verilerin tamamının veya bir kısmının kesin olarak bilinmediği durumlarda iyi çözümler arayan yöntemler içerir.
- Girdi parametre değerlerine ait olasılık dağılımlarının bilinmesine gerek yoktur.
- Olasılık dağılım değerlerine ihtiyaç duyulmadığı için hesaplama zorluğu yoktur.
- Dikkate alınan senaryolar çerçevesinde ortalamalar yerine senaryolara dayalı dayanıklı çözümler üretir.

### ***Kurtarılabilir Dayanıklı Eniyileme***

Dayanıklılık ve kurtarma kavramlarını tek bir yapıda birleŖtiren “kurtarılabilir dayanıklılık (recoverable robustness)” yaklaşımı Liebchen vd. (2007) tarafından önerilmiştir. Bu yaklaşım, çizelge planlama aşamasında sınırlı adımda kurtarılabilir bir çözümün bulunmasını içerir. Liebchen vd. (2007), bu yaklaşım ile dayanıklı eniyilemenin bir karşılaştırmasını yapmış ve dayanıklı eniyilemenin tüm aksaklıklar karşısında çalışması öngörülen aşırı tutucu çözümler ürettiği ifade edilmiştir. Kurtarılabilir dayanıklılık yaklaşımın en temel özelliği, aksaklık esnasında çizelge kurtarma işlemi yapılması ve orijinal çizelgenin değişmesi gerektiğinin baştan kabul edilmesidir.

Bu çalışmada, yaklaşımın etkinliğini göstermek için zaman çizelgeleme (timetabling) problemi kullanılmıştır. Ele alınan bu problem için sınırlı kurtarma imkânları bulunan belirli sayıda aksaklık senaryosunun her birinde uygulanabilir olarak kalması için genel bir çerçeve ortaya konmuştur. Bu yaklaşım, Liebchen vd. (2009) tarafından demiryolu çizelgeleme problemlerine uygulanmış ve tek bir aksaklık ile ilgilenilmiştir. Yapılan uygulamada, sınırlı sayıda aşamada kurtarılabilir bir eniyi sonucun bulunması amaçlanmıştır. Bu yaklaşımın en büyük dezavantajı, oluşabilecek sadece tek bir aksaklığı dikkate almasıdır. Ancak, gerçek durumda birden fazla aksaklık ardı sıra oluşabilmektedir. Bu durumda da elde edilecek çözümler tatmin edici olmayacaktır. Cicerone vd. (2009) tarafından ise, tek bir kurtarma durumundan ziyade birçok kurtarma aşamasının oluşturulmasını içeren bir kurtarılabilir dayanıklılık yaklaşımı önerilmiştir.

### ***Çok Amaçlı Eniyileme***

Çok amaçlı eniyileme, birbiri ile çelişen birden fazla amaç fonksiyonu değerinin kısıtları da gözetererek eşzamanlı olarak eniyilenmesi süreci



olarak tanımlanabilir. Bu eniyileme yaklaşımında, amaçların tümünü eş zamanlı olarak sağlayan tek bir çözümün bulunması her zaman mümkün değildir. Bu durumda, amaç fonksiyonlarının tümünden veya bazılarından kabul edilebilir düzeyde verilecek ödünler ile alternatif çözümler oluşturulur. Alternatif çözümlerin her birisi çözüm kümesindeki diğer herhangi bir çözüm tarafından bastırılmamış olmalıdır. Çok amaçlı eniyileme sonucu elde edilen her bir çözüm Pareto-eniyi çözüm, alternatif çözüm kümesi ise Pareto-eniyi çözüm kümesi olarak adlandırılır.

Genel olarak, çok amaçlı eniyileme problemi  $n$  adet karar değişkeni ( $x$ ),  $k$  adet amaç fonksiyonu ( $z(x)$ ) ve  $m$  adet kısıt içeren problemlerdir. Amaç fonksiyonları ve kısıtlar, karar değişkeninin bir fonksiyonudur. Örnek çok amaçlı doğrusal programlama modeli aşağıda verilmiştir (1).

$$enk z = \begin{cases} z_1(x) = c_1x \\ z_2(x) = c_2x \\ \vdots \\ z_k(x) = c_kx \end{cases} \quad (1)$$

$$k. a. \mathbf{Ax} \geq \mathbf{b}$$

$$x \geq 0$$

Yukarıdaki modelde  $\mathbf{A}$ ,  $m \times n$  boyutlu bir matris;  $\mathbf{b}$  ise,  $m$  boyutlu bir vektördür. Amaç fonksiyonlarında yer alan maliyet katsayıları  $c_1, c_2, \dots, c_k$  ve karar değişkeni  $x$  ise,  $n$  boyutlu vektörlerdir.

Çok amaçlı eniyileme problemlerinin çözümü için literatürde birçok skalerleştirme (amaç birleştirme) yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır: ağırlıklı toplam,  $\varepsilon$ -kısıt, konik skalerleştirme, Tchebycheff yöntemi ve hibrid yöntemlerdir (Ehrgott, 2005). Literatürde en sık başvurulan ağırlıklı toplam yönteminde, amaçların ağırlıklı doğrusal toplamını içerecek şekilde tüm amaç fonksiyonları tek bir fonksiyon haline dönüştürülür. Bu yöntemde, eniyilenecek her bir amaç için skaler bir ağırlık belirlenir ve hepsi tek bir amaç fonksiyonunda birleştirilir. Doğrusal çok amaçlı eniyileme probleminin ağırlıklı toplam yöntemi ile formülasyonu aşağıda verilmiştir (2).

$$\begin{aligned}
 \text{enk } z &= \lambda_1 c_1 x + \lambda_2 c_2 x + \dots + \lambda_k c_k x \\
 \text{k. a. } \mathbf{Ax} &\geq \mathbf{b} \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k &= 1 \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k x &\geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

Burada;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ , ağırlıkları temsil etmektedir ve negatif olmayan değerler alan bu ağırlıkların toplamı 1'e eşittir. Elde edilen çözüm belirlenen ağırlık değerlerine bağımlı olacağından bu ağırlıkların belirlenmesi, bu çözümün kalitesi açısından kritik bir süreçtir. Bu yöntem ile etkin tüm çözümlerin belirlenmesi her zaman mümkün değildir (Ehrgott, 2005).

Bu yöntemin yanı sıra çok amaçlı eniyileme problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem ise,  $\varepsilon$ -kısıt yöntemidir. Bu yöntemde, amaç fonksiyonlarından bir tanesi muhafaza edilirken diğerleri kısıt haline dönüştürülür. Doğrusal çok amaçlı eniyileme probleminin  $\varepsilon$ -kısıt yöntemi ile formülasyonu aşağıda verilmiştir (3).

$$\begin{aligned}
 \text{enk } z &= c_1 x \\
 \text{k. a. } \mathbf{Ax} &\geq \mathbf{b} \\
 c_2 x &\leq \varepsilon_2 \\
 c_3 x &\leq \varepsilon_3 \\
 &\vdots \\
 c_k x &\leq \varepsilon_k \\
 x &\geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

Bu yöntemin, ağırlıklı toplam yöntemine nazaran üç önemli avantajı vardır. Birincisi, elde edilen çözüm kümesinin daha geniş olması; ikincisi ağırlıklı toplam yönteminde amaç fonksiyonlarının ölçeklendirilmesi (scaling) gerekirken bu yöntemde bu tür bir işleme gerek olmaması; üçüncüsü ise, ağırlıklı toplam yönteminin tamsayı ve karışık tamsayı programlama problemlerini desteklememesine rağmen bu yöntemde böyle bir sınırlılık olmamasıdır (Ehrgott, 2005). Bunlara ilave olarak,  $\varepsilon$ -kısıt yönteminde farklı  $\varepsilon$  değerleri ile etkili

çözümler üretilmesi kontrol edilebilirken, ağırlıklı toplam yönteminde farklı ağırlık değerleri ile bunun gerçekleştirilmesi çok kolay değildir.

### ***Eniyileme Yaklaşımlarının Karşılaştırılması***

Dayanıklı eniyileme kapsamında “dayanıklılık”, girdi parametrelerinin tüm mümkün değerleri için olurlu bir çözümün üretilmesini ifade eder. Stokastik programlama ise, “dayanıklılık” terimini dayanıklı eniyileme yaklaşımından farklı olarak ele alır. Stokastik programlama belirsizliğe daha az tutucu yaklaşıp. Girdi parametre değerleri belirli olasılıklar ile dikkate alınır ve amaç fonksiyonu değerinin beklenen değeri enazlanmaya çalışılır. Herhangi bir kısıtın ihlali, genellikle amaç fonksiyonuna konulan bir ceza değeri ile engellenmeye çalışılır veya bazı kısıtlara bir olasılık değeri atanarak şans kısıtı olarak ele alınır.

Dayanıklı eniyileme, stokastik programlamanın bir dalı olarak da değerlendirilmesine rağmen, dayanıklı eniyilemede rassal değişkenlerin olasılık dağılımlarının bilinmesine gerek yoktur. Dayanıklı eniyilemenin diğer bir avantajı ise, hesaplama kolaylığı olmasıdır. Ayrıca, belirsizlik içeren veriler girdi olarak alınmasına rağmen üretilen sonuçlar kesinlikle belirsizlik içermez. Dayanıklı eniyileme ile en kötü senaryoları dikkate alan aşırı korumacı bir yaklaşımın uygulanması çok zor ve maliyetlidir. Örneğin, oluşma ihtimali düşük bir gecikme için en kötü senaryonun dikkate alınarak uygulanması çoğu durumda gereksizdir. Bu nedenle, dayanıklı eniyileme yaklaşımları pratikte çok sık uygulanmamaktadır.

## **SONUÇ**

Artan rekabet ortamında işletmeler tarafından çizelge oluşturulması amacıyla kullanılan mevcut karar destek sistemleri, kullanılan kaynaklardan azami derecede faydalanacak şekilde sıkışık çizelgeler oluştururlar. Çünkü işletmeler açısından her türlü kaynağın âtil geçirdiği her ilave zaman, kayıp anlamına gelir. Ancak, bu durum her bir kaynağı kritik hale getirir ve herhangi bir kaynağın eksikliği durumunda bu kaynağa bağımlı olan bütün faaliyetlerin ve görevlerin aksamasına neden olur. Bu nedenle, çizelgelerin planlanan maliyetleri düşük olmasına rağmen herhangi bir aksaklık durumunda operasyonel maliyetler çok daha fazla olacaktır. Bu çalışmada, dayanıklı çizelgeleme ve operasyonel belirsizliği dikkate alan çizelge eniyileme yaklaşımlarına yönelik yapılan literatür taramasının sonuçlarına yer

verilmiŖtir. Sunulan dayanıklı modelleme ve eniyileme yaklaŖımları ulaŖtırma, sağlık, askeri vb. birçok alanda yer alan kaynak planlama ve çizelgeleme problemlerine uygulanabilir niteliktedir.

## KAYNAKÇA

Ben-Tal A. ve Nemirovski A. (1998). Robust Convex Optimization, *Mathematics of Operations Research*, 23, 769-805.

Ben-Tal A. ve Nemirovski A. (1999). Robust solutions to uncertain programs, *Operations Research Letters*, 25, 1-13.

Bertsimas D. ve Sim M. (2004). The Price of Robustness, *Operations Research*, 52(1), 35-53.

Cicerone, S., D'Angelo, G., Di Stefano, G., Frigioni, D., Navarra, A., Schachtebeck, M. ve Schöbel, A. (2009). Recoverable robustness in shunting and timetabling, *Robust and online large-scale optimization*, 28-60, Springer Berlin Heidelberg.

Ehrgott, M. (2005). *Multicriteria Optimization*, 2'nci Basım, Springer-Verlag.

El Ghaoui, L. ve H. Lebret (1997). Robust solutions to least-squares problems with uncertain data, *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 18(4), 1035-1064.

Fischetti, M. ve Monaci, M. (2009). Light robustness, *Robust and online large-scale optimization*, 61-84, Springer Berlin Heidelberg.

Liebchen, C., M. Lubbecke, R. H. Mohring, S. Stiller (2007). Recoverable robustness, Teknik Rapor, ARRIVAL-TR-0066, *Algorithms for robust and online railway optimization: Improving the validity and reliability of large scale systems ARRIVAL-Project*.

Liebchen, C., M.E. Lubbecke, R.H. Mohring, S. Stiller (2009). The Concept of Recoverable Robustness, Linear Programming, and Railway Applications, *Robust and Online Large-Scale Optimization*, 1-27.

Policella, N. (2005). Scheduling with uncertainty: A proactive approach using Partial Order Schedules, *AI Communications*, 18(2), 165-167.

Salido, M. A., Barber, F. ve Ingolotti, L. (2008). Robustness in railway transportation scheduling. In *Intelligent Control and Automation, 2008. WCICA 2008. 7th World Congress*, 2880-2885.

Soyster, A. L. (1973). Technical Note—Convex Programming with Set-Inclusive Constraints and Applications to Inexact Linear Programming. *Operations Research*, 21(5), 1154-1157.

Takeuchi, Y. ve Tomii, N. (2005). Robustness indices for train rescheduling, *1st International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis*, Delft/Hollanda.

Tütüncü, R. H. ve Koenig, M. (2004). Robust asset allocation, *Annals of Operations Research*, 132(1-4), 157-187.

**Sürekli Kısıtsız Optimizasyon  
Problemlerinde Parçacık Sürü  
Optimizasyonu Algoritması  
Parametrelerinin Tam Faktöriyel Deney  
Tasarımı ile Seçilmesi**

**Serkan Mutlu**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-2809-2555)*

**Banu Güner**

*Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye  
(0000-0001-7929-8126)*

## GİRİŞ

Bilim ve mühendisliğin birçok alanında çeşitli optimizasyon problemleri ile karşılaşmaktadır. Bu problemlerin çözümünde genel olarak iki farklı yöntem kullanılmaktadır. İlki klasik yaklaşımlar olarak ifade edilen matematiksel optimizasyon yöntemleridir. Doğrusal programlama ve doğrusal olmayan programlama olarak iki ana sınıfa ayrılan bu yöntemlerin, problem boyutu büyüdükçe karmaşıklık derecesi artmakta ve makul sürede çözüm elde etmek zorlaşmaktadır. İkincisi doğadaki farklı türlerin davranışlarından veya farklı doğal olgulardan etkilenecek ortaya çıkan sezgisel ve metasezgisel yöntemlerdir. Buluşsal yöntemler olarak ifade edilen bu yöntemler belirli bir prosedürü takip ettiğinden, problem karmaşıklığa dahi çözüm süresinin artmaması, birçok bilim ve mühendislik probleminin çözümünde tercih edilmesini sağlamaktadır. Yöntemler arası temel farklar Tablo 1’de sunulmaktadır.

*Tablo 1. Matematiksel en iyileme yöntemleri ile buluşsal yöntemler arasındaki temel farklar*

	<b>Matematiksel En İyileme Yöntemleri</b>	<b>Buluşsal Yöntemler</b>
En İyi Sonuç	Garanti eder.	Garanti etmez fakat yakın sonuçlar verir.
Çözüm Süresi	Problem karmaşıklıkça yükselir.	Problem karmaşıklığa dahi kabul edilebilir düzeydedir.
Değişkenlik	Probleme özgüdür, problem değiştiğinde komple değişmelidir.	Belirli bir prosedür vardır, problem değiştiğinde çok az bir kısmı değişir.

### **Sürü Zekası Algoritmaları**

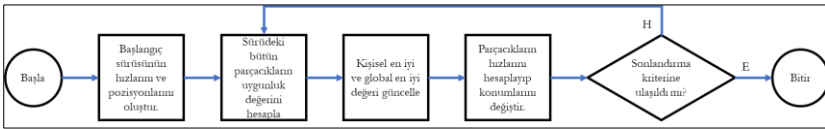
Karınca, arı, eşek arısı, termit, balık ve kuş gibi türlerin ortaklaşa davranışlarından ilham alan algoritmalar Sürü Zekası Algoritmaları olarak adlandırılmaktadır (Phan vd., 2020). Sürü Zekası, bu türlerin yiyecek, güvenlik gibi ihtiyaçlardan doğan rekabeti sonucu ortaya çıkan sosyal davranışlarından kaynaklanmıştır. Sürü Zekası temelli algoritmalarındaki parçacıklar basit ve sade birer ajandırlar ve dolaylı yoldan iletişim kurarak, karar alanında hareket ederler. Literatürde sürekli ve kombinatoriyel optimizasyon problemlerinde sıklıkla

kullanılan sürü zekası algoritmaları, Karınca Kolonisi Optimizasyonu ve Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritmalarıdır (Meghana ve Jaya, 2018).

### **Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması**

Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization, PSO) Algoritması Reynolds (1987) tarafından keşfedilmiş ve Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından hareket eden balık ve böceklerden esinlenerek geliştirilmiştir. Sürü halinde hareket eden hayvanların yiyecek ve güvenlik gibi durumlarda, çoğu zaman rastgele sergiledikleri hareketlerin, amaçlarına daha kolay ulaşmalarını sağladığı görülmüştür. PSO bireyler arasındaki sosyal bilgi paylaşımını esas almaktadır. Her bireye bir Parçacık (Particle) denir ve parçacıklardan oluşan popülasyona ise sürü (Swarm) denir. Her bir parçacık kendi pozisyonunu, bir önceki tecrübesinden yararlanarak sürüdeki en iyi pozisyona doğru ayarlar. PSO, temel olarak sürüde bulunan bireylerin pozisyonunun, sürünün en iyi pozisyona sahip olan bireyine yaklaştırılmasına dayanır. Bu yaklaşma hızı rastgele gelişen durumdur ve çoğu zaman sürü içinde bulunan bireyler yeni hareketlerinde bir önceki konumdan daha iyi konuma gelirler. Bu süreç hedefe ulaşmaya kadar devam eder.

Temel olarak PSO algoritması, Şekil 1’de akış şemasında görüldüğü gibi, her bir jenerasyonda sürüdeki parçacıkların hızlarının değişmesi ve buna bağlı olarak konumlarının değişerek çözüm uzayının akıllı bir şekilde aranmasına dayanır.



Şekil 1. Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması akış şeması

### **Parçacık Sürü Optimizasyonu Modeli**

Temel model,  $D$  boyutlu arama uzayında uçuşan  $N$  adet parçacıktan oluşur. Her parçacık  $i$ , birer aday çözümdür ve çözüm uzayında bir vektör olan  $x_i$  ile gösterilmektedir. Her bir parçacığın kendi konumu ve bir hızı vardır. Optimizasyon, parçacıklar arasındaki iş birliğinden



yararlanır. Bazı parçacıkların başarısı, akranlarının davranışlarını etkileyecektir.

Her bir parçacık  $x_i$  pozisyonunu, izleyen iki faktöre göre küresel optimum duruma doğru değiştirir:

- Kendi başına ziyaret edilen en iyi konum ( $P_{best_i}$ )  $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iD})$ .
- Bütün tarafından ziyaret edilen en iyi konum ( $G_{best}$ )  $P_G = (P_{G1}, P_{G2}, \dots, P_{GD})$ .

Vektör  $(P_G - x_i)$  parçacığın mevcut konumu ile arama uzayının en iyi pozisyonu arasındaki farktır. Temel PSO modelini tanımlayabilmek için aşağıda verilen notasyon kullanılmaktadır:

*Notasyon:*

- $v_i(t)$   $t$ . zamanda  $i$ . parçacığın hızı
- $w$  atalet ağırlığı
- $\rho_1, \rho_2$   $[0,1]$  aralığında değişen rassal değişkenler
- $P_i$   $i$ . parçacığın ulaşabildiği en iyi koordinatlar
- $P_G$  tüm parçacıkların ulaşabildiği en iyi koordinatlar
- $x_i(t)$   $t$ . zamanda  $i$ . parçacığın konumu
- $C_1$  bireysel öğrenme faktörü
- $C_2$  sosyal öğrenme faktörü

Parçacıklar, yani ajanlar, her bir jenerasyonda konumlarını güncelleyerek çözüm uzayını zeki bir şekilde aramaktadırlar. Parçacıkların çözüm uzayındaki konumlarının değişimi hız vektörü sayesinde olmaktadır. Dolayısıyla her bir jenerasyonda her bir parçacığın hız fonksiyonu Eşitlik (1)'de verildiği gibidir (Shi vd., 1998).

$$v_i(t) = w \times v_i(t-1) + \rho_1 \times C_1 \times (P_i - x_i(t-1)) + \rho_2 \times C_2 \times (P_G - x_i(t-1)) \quad (1)$$

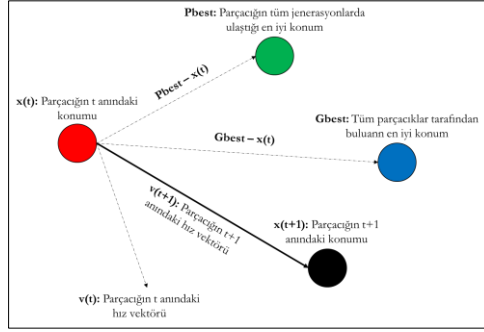
Eşitlik (1) ile verilen hız fonksiyonunda, her bir parçacık her bir jenerasyonda üç durum göz önünde bulundurularak hızını güncellemektedir. Bunlar:

1. Bir önceki hız vektörü,
2. Kişisel en iyi pozisyonu,

3. Tüm parçacıklar tarafından bulunan küresel en iyi pozisyonu. Her bir parçacık hız fonksiyonu kullanılarak Eşitlik (2) ile verilen konum değişim fonksiyonu ile konumunu değiştirmektedir.

$$x_i(t) = x_i(t - 1) + v_i(t) \quad (2)$$

Temel PSO modelinde hız ve konum değişimi Şekil 2'deki gibi görselleştirilmiştir. PSO algoritması, parçacıkların her bir jenerasyonda bu değişimi ile çözüm uzayının aranmasına dayanır.



Şekil 2. Parçacık Sürü Optimizasyonu hız ve pozisyon değişimi

Temel PSO modeli ile Şekil 1'de verilen PSO akış diyagramından Şekil 3 ile verilen PSO sözde kodu elde edilir. Bu sözde kod bu çalışma kapsamında ele alınan PSO algoritmasını tarif eder.

1	Başlangıç sürüsünü oluştur
2	<b>Döngü</b> $t = 1: mj$
3	<b>Döngü</b> $t = 1: sb$
4	<b>Eğer</b> $f(x_{id}(t)) < f(P_i(t))$ ise
5	$P_i(t) = x_{id}(t)$
6	$f(P_G(t)) = \text{enk}_i(f(P_i(t)))$
7	<b>Döngü</b> $d = 1: db$
8	$v_{id}(t + 1) = w \times v_{id}(t) + \rho_1 \times C_1 \times (P_i - x_{id}(t)) + \rho_2 \times C_2 \times (P_G - x_{id}(t))$
9	$x_{id}(t + 1) = x_i(t) + v_{id}(t + 1)$
10	<b>Eğer</b> $v_{id}(t + 1) > v_{enb}$ ise $v_{id}(t + 1) = v_{enb}$
11	<b>Değilse eğer</b> $v_{id}(t + 1) < v_{enk}$ ise $v_{id}(t + 1) = v_{enk}$
12	<b>Eğer</b> $x_{id}(t + 1) > x_{enb}$ ise $x_{id}(t + 1) = x_{enb}$
13	<b>Değilse eğer</b> $x_{id}(t + 1) < x_{enk}$ ise $x_{id}(t + 1) = x_{enk}$

Şekil 3. Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması sözde kodu

Parçacık sürü optimizasyonunda başlangıçta tanımlanması gereken 5 ayrı parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin yanlış seçimi sonucu, algoritma güçlü yönlerine rağmen kötü arama özelliğine sahip bir algoritma haline gelmektedir. Literatürdeki birçok çalışmada bu parametreler belirli aralıklarda rastgele seçilmektedir (Delice vd., 2017; Tawhid ve Dsouza, 2018; Ting vd., 2014). Bu durum birçok çalışma sonucunun nispeten kötü olmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada, Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritmasının temel parametreleri olan jenerasyon sayısı, parçacık sayısı, atalet ağırlığı, bireysel öğrenme faktörü ve sosyal öğrenme faktörünün kısıtsız sürekli optimizasyon problemlerinde en iyi değerlerine ulaşmak amaçlanmaktadır. Bu kapsamda tam faktöriyel deney tasarımı yapılmış ve tepki yüzeyi metodolojisi kullanılarak en iyi parametre değerlerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

Çalışma sırasıyla, PSO algoritması için literatürde bulunan diğer parametre seçim çalışmalarının gözden geçirilmesi, metodolojinin sunularak kullanılan test fonksiyonlarının açıklanması, deneysel sonuçların açıklanması, bulunan sonuçlar ve diğer çalışmalar için öneriler ile devam etmektedir.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması ilk olarak Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiştir. Shi ve Eberhart (1998) tarafından hız fonksiyonu güncellenerek şu an birçok çalışmada kullanılan formuna gelmiştir. Günümüzde optimizasyon problemlerinde (Baghel vd., 2012; Chen vd., 2018), makine öğrenmesi çalışmalarında (Nakane vd., 2020; Tawhid ve Dsouza, 2018) ve birçok mühendislik çalışmalarında (Elbes vd., 2019) çokça tercih edilen bir algoritmadır.

PSO, popülasyon büyüklüğü, jenerasyon sayısı, atalet ağırlığı, bireysel ve sosyal öğrenme faktörü olmak üzere beş adet parametreye sahiptir. Bu parametrelerin algoritmaya başlamadan önce tanımlanması gerekmektedir. Yanlış parametre tercihi çözüm uzayının yanlış aranmasına, yanlış sonuçlar bulunmasına yol açacaktır. Bu sebeple parametrelerin akıllı bir şekilde seçilmesi kritik rol oynamaktadır. Literatürde PSO algoritma parametrelerinin seçimi için çeşitli analizler yapılmış ve yeni yöntemler geliştirilmiştir (Jiang vd., 2007; Rezaee Jordehi ve Jasni, 2013; Sun vd., 2015; Trelea, 2003; Zhang vd., 2014).

Fakat halen sürekli kısıtsız optimizasyon problemlerinde en iyi PSO parametrelerinin hangileri olduğu bilinmemektedir. PSO parametrelerinin seçiminde Deney Tasarımı ile Tepki Yüzeyi Metodolojisi kullanan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada sürekli kısıtsız optimizasyon problemleri için en iyi PSO parametreleri Deney Tasarımı ve Tepki Yüzeyi Metodolojisi ile seçilmektedir.

## METODOLOJİ

PSO algoritmasında bulunan jenerasyon sayısı, parçacık sayısı, atalet ağırlığı, bireysel öğrenme faktörü ve sosyal öğrenme faktörünün kısıtsız sürekli optimizasyon problemlerine yönelik en iyi değerleri tam faktöriyel deney tasarımı ile seçilmektedir.

### ***Sürekli Kısıtsız Optimizasyon Problemleri***

Sürekli optimizasyon problemleri  $f(x)$  amaç fonksiyonu,  $g_i(x)$  her bir  $i$  kısıdı için bir eşitsizlik fonksiyonu,  $h_j(x)$  her bir  $j$  kısıdı için bir eşitlik fonksiyonu olduğunda standart olarak Eşitlik (3) – (5)'de verildiği gibidir (Tang vd., 2016).

$$EnK f(x) \quad (3)$$

*kısıtları altında;*

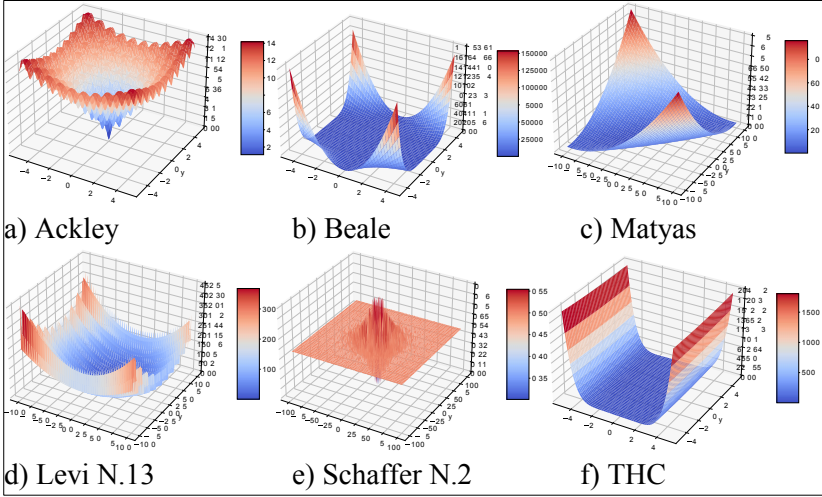
$$g_i(x) \leq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$h_j(x) = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Eşitlik (4)'teki  $m$  eşitsizlik kısıdı sayısı sıfır ve Eşitlik (5)'teki  $n$  eşitlik kısıdı sayısı sıfır olduğunda sürekli optimizasyon problemi, sürekli kısıtsız optimizasyon problemine dönüşür (Tawhid ve Ali, 2017). Dolayısıyla yalnızca Eşitlik (3) yer aldığı bu problemler sürekli kısıtsız optimizasyon problemleri olarak ele alınır. Bu çalışma kapsamında ele alınan sürekli kısıtsız optimizasyon problemleri Ackley, Beale, Matyas, Levi N.13, Schaffer N.2 ve Three Hump Camel olmak üzere toplamda altı adettir. Bu fonksiyonların denklemleri ve optimum sonuçları Tablo 2'de, gösterimleri Şekil 4'te verildiği gibidir.

Tablo 2. Çalışma kapsamında kullanılan sürekli kısıtsız test fonksiyonları ve en küçük sonuçları

Fonksiyon Adı	Amaç Fonksiyonu	En Küçük Sonuç
Ackley	$f(x, y) = -20 \exp[-0.2\sqrt{0.5(x^2 + y^2)}] - \exp[0.5(\cos 2\pi x + \cos 2\pi y)] + e + 20$	$f(0,0) = 0$
Beale	$f(x, y) = (1.5 - x + xy)^2 + (2.25 - x + xy^2)^2$	$f(3,0.5) = 0$
Matyas	$f(x, y) = 0.26(x^2 + y^2) - 0.48xy$	$f(0,0) = 0$
Levi N.13	$f(x, y) = \sin^2 3\pi x + (x - 1)^2(1 + \sin^2 3\pi y) + (y - 1)^2(1 + \sin^2 2\pi y)$	$f(1,1) = 0$
Schaffer N.2	$f(x, y) = 0.5 + \frac{\sin^2(x^2 - y^2) - 0.5}{[1 + 0.001(x^2 + y^2)]^2}$	$f(0,0) = 0$
Three Hump Camel	$f(x, y) = 2x^2 - 1.05x^4 + \frac{x^6}{6} + xy + y^2$	$f(0,0) = 0$



Şekil 4. Çalışma kapsamında tercih edilen altı adet sürekli kısıtsız optimizasyon problemi grafikleri

## **Tam Faktöriyel Deney Tasarımı ve Tepki Yüzeyi Metodolojisi**

Deney tasarımı, sonuç değişkeni üzerinde etkili olan faktörlerin ve faktör seviyelerinin etkisinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir (Durakovic, 2017). Bir sonuç değişkeni üzerinde etkili olabilecek faktörlerin listesi çıkartıldığında, tüm faktörlerin bu sonuç değişkeni üzerinde etkisinin olabileceği düşünülüyorsa, tüm faktörlerin etkisinin araştırıldığı Tam Faktöriyel Deney Tasarımı (TFDT) yapılır (Fisher, 1938). Fakat TFDT’de faktör sayısı veya faktör seviyeleri arttıkça yapılacak deney sayısı da artacaktır. TFDT’de faktör sayısının  $f^s$  olduğu düşünüldüğünde, her bir faktörün bir alt ve bir üst seviyesi var ise yapılması gereken deney sayısı  $2^{f^s}$  ile ifade edilir. Buradaki faktör seviye sayısı her bir faktör için üçe çıkartılır ise yapılması gereken deneme sayısı  $3^{f^s}$  ile ifade edilir. Örnek olarak, 10 faktörün etkisinin araştırıldığı bir TFDT’de her bir faktör için iki seviye var ise toplamda 1024 adet deneme, üç seviye var ise 59049 deneme yapılma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, TFDT yapılırken faktör sayısının ve faktör seviyesi sayısının olabildiğince etkin seçilmesi kritik önem arz etmektedir. Alt seviyenin -1 ve üst seviyenin +1 olduğu düşünülen bir 3 faktörlü TFDT’de tüm denemeler Tablo 3’te verildiği gibi olacaktır.

*Tablo 3. Örnek bir 3 faktörlü 2 seviyeli TFDT*

Deneme	Faktör 1 $A_1$	Faktör 2 $A_2$	Faktör 3 $A_3$	Sonuç
1	-1	-1	-1	$S_1$
2	-1	-1	+1	$S_2$
3	-1	+1	-1	$S_3$
4	-1	+1	+1	$S_4$
5	+1	-1	-1	$S_5$
6	+1	-1	+1	$S_6$
7	+1	+1	-1	$S_7$
8	+1	+1	+1	$S_8$

Tablo 3 ile verilen TFDT’ye göre her bir faktörün etkisi ve birbirleri ile olan etkileşimleri Eşitlik (6) – (11) ile verildiği gibidir.

$$E_{A_1} = \frac{S_1+S_2+S_3+S_4}{4} - \frac{S_5+S_6+S_7+S_8}{4} \quad (6)$$

$$E_{A_2} = \frac{S_1+S_2+S_5+S_6}{4} - \frac{S_3+S_4+S_7+S_8}{4} \quad (7)$$

$$E_{A_3} = \frac{S_1+S_3+S_5+S_7}{4} - \frac{S_2+S_4+S_6+S_8}{4} \quad (8)$$

$$E_{A_1A_2} = \frac{S_1+S_2+S_7+S_8}{4} - \frac{S_3+S_4+S_5+S_6}{4} \quad (9)$$

$$E_{A_1A_3} = \frac{S_1+S_3+S_6+S_8}{4} - \frac{S_2+S_4+S_5+S_7}{4} \quad (10)$$

$$E_{A_2A_3} = \frac{S_1+S_4+S_5+S_8}{4} - \frac{S_2+S_3+S_6+S_7}{4} \quad (11)$$

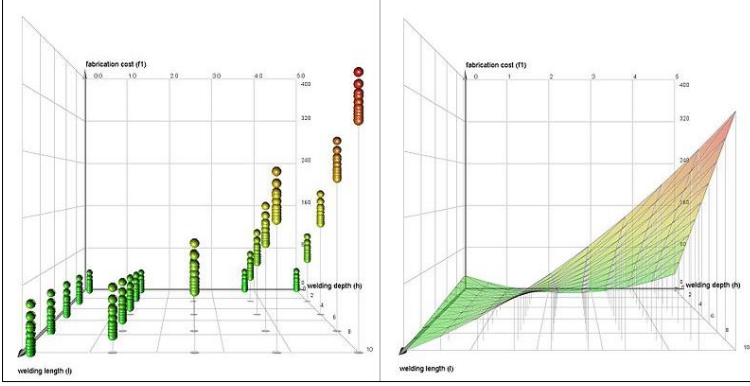
Hesaplanan tüm etki değerlerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance - ANOVA) ile deney üzerindeki etkisi hesaplanır. Varyans Analizi istatistiksel bir metottur. Varyans Analizi, iki veya daha fazla örneklem ortalamaları arasında farkın önemli olup olmadığını test eder. Dolayısıyla  $H_0$  hipotezi tüm faktör ve faktör etkileşimlerinin (etkilerin) deney üzerinde etkisinin olmadığı iken  $H_1$  hipotezi tüm faktör ve faktör etkileşimlerinin (etkilerin) deney üzerinde etkisinin olduğu yönündedir. ANOVA ile  $H_0$  hipotezinin doğruluğu test edilir. Klasik bir ANOVA tablosu Tablo 4 ile verildiği gibidir. Burada en son  $F$  tablosundan bulunan  $p$  olasılık değerlerinin belirlenen güven düzeyinden düşük olması o etkinin deney üzerinde etkili olduğunu ortaya çıkartmaktadır.

Tablo 4. TFDT için ANOVA tablosu

Etki	$df$	$SS_h$	$MS$	$F$	Olasılık
$E_1$	$d_1$	$SS_1$	$MS_1 = \frac{SS_1}{d_1}$	$\frac{MS_1}{MS_e}$	$p_1$
...	...	...	...	...	...
$E_n$	$d_n$	$SS_n$	$MS_n = \frac{SS_n}{d_n}$	$\frac{MS_n}{MS_e}$	$p_n$
Hata	$d_e$	$SS_e$	$MS_e = \frac{SS_e}{d_e}$		
Toplam	$N$	$SS_d$			

Yapılan deney tasarımı sonucunda herhangi bir etkinin deney üzerinde anlamlı etkisinin bulunması sonucunda Tepki Yüzeyi Metodolojisi (Response Surface Methodology - RSM) adı verilen yöntem ile en iyi parametre değerleri bulunur. RSM, faktörler ve sonuç değerleri

arasında optimal bir yanıt elde etmek için kullanılır. İlk olarak 1951 yılında George EP Box ve KB Wilson tarafından tanıtılmıştır (Khuri ve Mukhopadhyay, 2010). Temel olarak TFDT ile RSM arasındaki fark Ŗekil 5 ile verildiği gibidir (Wikipedia, 2021). TFDT’de her bir faktör seviyelerinde denemeler yapılırken, RSM’de yapılan bu denemeler bir tepki yüzeyine dönüŖtürülür ve en iyi parametre değerleri araştırılır.



Ŗekil 5. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı ile Tepki Yüzeyi Metodolojisi arasındaki farklılıklar; sol – TFDT, sağ – RSM (Wikipedia, 2021)

Bu çalışmada PSO algoritması parametrelerinin sürekli kısıtsız optimizasyon problemleri için seçiminde TFDT ile faktör etkileri araştırılmış ve RSM ile optimal parametre değerlerine ulaşılmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR

Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritmasında bulunan beş temel parametre, parçacık sayısı, jenerasyon sayısı, atalet ağırlığı, bireysel öğrenme faktörü ve sosyal öğrenme faktörü deney tasarımı faktörlerini oluşturmaktadır. Önceden etkisiz olduğu düşünölen bir faktör olmadığı için tam faktöriyel deney tasarımı yapılmıştır. Denemeler rastgele sırada beşer kez her bir fonksiyon için tekrarlanmıştır. Faktörler ve faktör seviyeleri Tablo 5’te verilmiştir. Her bir fonksiyon için 576 farklı deneme, her bir deneme için beş tekrar yani her bir fonksiyon için 2880, toplamda 17280 adet deneme Python ortamında gerçekleştirilmiştir.



*Tablo 5. Sürekli kısıtsız optimizasyon problemlerinde PSO algoritması parametrelerinin seçimi için kullanılan faktör (parametre) ve seviyeleri*

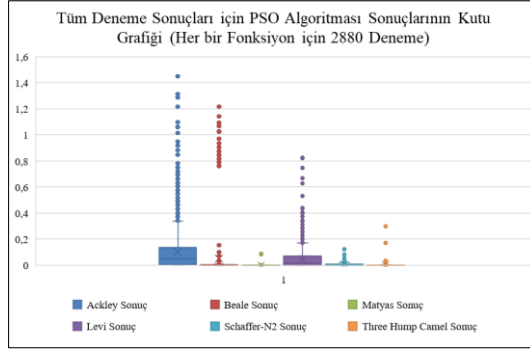
Parametre	Seviye
Parçacık Sayısı	25, 50, 100 Kesikli
Jenerasyon Sayısı	25, 50, 100 Kesikli
Atalet Ağırlığı	0.5, 1.0, 1.5, 2.0 Sürekli
Sosyal Öğrenme Faktörü	0.5, 1.0, 1.5, 2.0 Sürekli
Bireysel Öğrenme Faktörü	0.5, 1.0, 1.5, 2.0 Sürekli

Örnek oluşturması için ilk beş deneme tasarımı ve deneme sonucu Tablo 6'da paylaşılmıştır.

*Tablo 6. Sürekli kısıtsız optimizasyon problemlerinde PSO parametrelerinin seçimi için TFDT'de ilk beş deneme tasarımı ve deneme sonuçları*

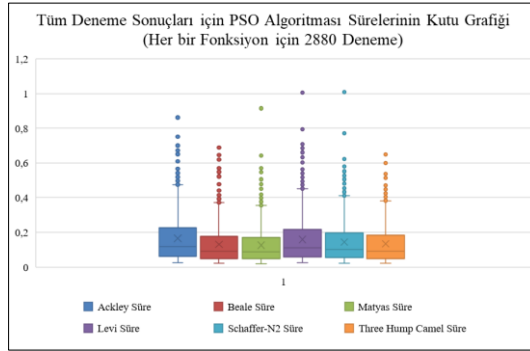
	#1	#2	#3	#4	#5
Parçacık Sayısı	50	100	25	25	50
Jenerasyon Sayısı	50	50	100	100	100
Atalet Ağırlığı	1	2	2	1.5	1
Bireysel Öğrenme Faktörü	1	1	1.5	1	0.5
Sosyal Öğrenme Faktörü	1	0.5	1	2	2
Ackley	0.0422	0.1103	0.0849	0.0000	0.0556
Beale	0.0003	0.0000	0.0198	0.0000	0.0009
Matyas	0.0001	0.0001	0.0012	0.0000	0.0000
Levi N.13	0.0236	0.1266	0.2449	0.0000	0.0006
Schaffer N.2	0.0000	0.0132	0.0197	0.0000	0.0001
Three Hump Camel	0.0003	0.0010	0.0014	0.0000	0.0007

Tüm denemelerin Kutu Grafiği Şekil 6'da sunulmuştur. Grafiğe bakıldığında Beale, Matyas, Schaffer N.2 ve Three Hump Camel fonksiyonlarında ortalama olarak sifıra oldukça yakın sonuçlar bulunduğu, Ackley ve Levi N.13 fonksiyonlarında ise ortalama olarak (0 - 0,1) arasında sonuçlar bulunduğu görülmektedir. Hem değişkenlik hem de ortalama çözüm sonuçları olarak Matyas fonksiyonu için diğer fonksiyonlara göre her defasında sifıra oldukça yakın sonuçlar bulunmuştur. Bu çalışmada değişkenliğin nedenlerinin PSO parametrelerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmıştır.



Şekil 6. Tüm denemeler için PSO sonuçlarına ait kutu grafiği

Her bir deneme için çözüm sürelerinin Kutu Grafiği Şekil 9’da verildiği gibidir. Grafiğe bakıldığında her bir fonksiyon için ortalama çözüm sürelerinin 0,1 ile 0,2 saniye aralığında olduğu görülmektedir. Her bir fonksiyon için çözüm sürelerinin yaklaşık olarak eşit çıkması PSO algoritmasının, optimizasyon probleminin büyüklüğü, çeşidi ne olursa olsun hep kısa sürelerde sonuç verdiği kanıtı niteliğindedir.



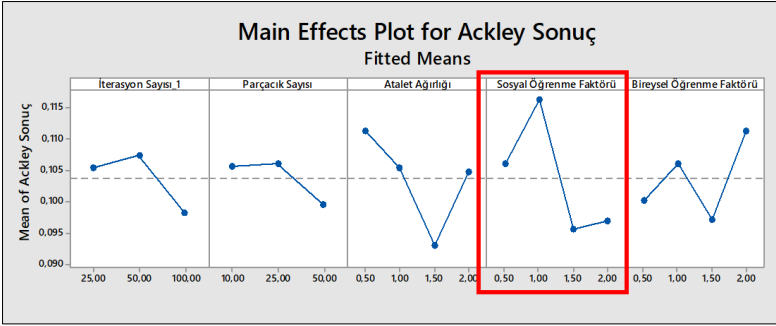
Şekil 7. Tüm denemeler için PSO çözüm sürelerinin kutu grafiği

Her bir faktörün ve faktör etkileşimlerinin çözüm sonuçları üzerindeki etkisini görmek için her bir fonksiyona yönelik Minitab 17 ile ANOVA yapılmıştır. Örnek olarak Ackley sonuçları için elde edilen ANOVA sonuçları Tablo 7’de sunulmaktadır. Tablo 7’deki ANOVA sonuçlarına bakıldığında Sosyal Öğrenme Faktörü’nün, Atalet Ağırlığı – Sosyal Öğrenme Faktörü – Bireysel Öğrenme Faktörü etkileşiminin ve tüm faktörlerin etkileşimin çözüm sonuçları üzerinde etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 7. Ackley fonksiyonu için ANOVA sonucu (JS: Jenerasyon Sayısı, PS: Parçacık Sayısı, AA: Atalet Ağırlığı, SÖF: Sosyal Öğrenme Faktörü, BÖF: Bireysel Öğrenme Faktörü)

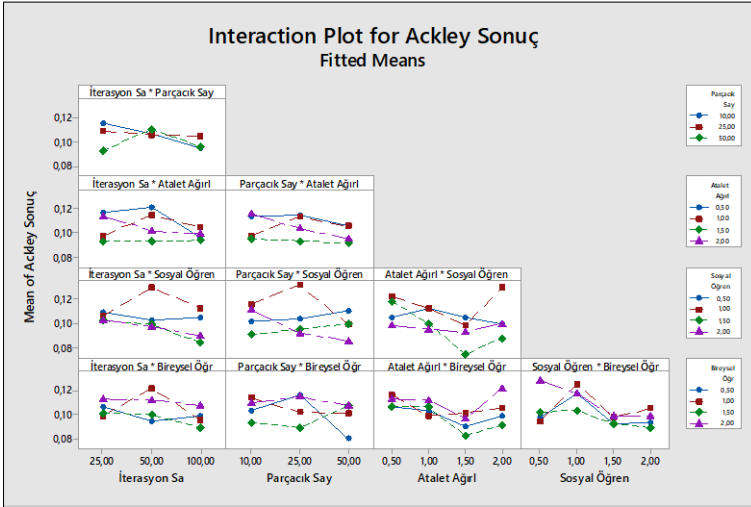
Etkileşim Tipi	Etkileşimler	p Değeri
1-Yönlü Etkileşim	JS	0,372
	PS	0,572
	AA	0,137
	SÖF	<b>0,036</b>
	BÖF	0,623
2-Yönlü Etkileşim	İS*PS	0,465
	İS*AA	0,595
	İS*SÖF	0,640
	İS*BÖF	0,653
	PS*AA	0,805
	PS*SÖF	0,185
	PS*BÖF	0,158
	AA*SÖF	0,561
	AA*BÖF	0,956
	SÖF*BÖF	0,792
3-Yönlü Etkileşim	İS*PS*AA	0,716
	İS*PS*SÖF	0,661
	İS*PS*BÖF	0,103
	İS*AA*SÖF	0,652
	İS*AA*BÖF	0,312
	İS*SÖF*BÖF	0,931
	PS*AA*SÖF	0,476
	PS*A*BÖF	0,383
	PS*SÖF*BÖF	0,652
	AA*SÖF*BÖF	<b>0,026</b>
4-Yönlü Etkileşim	İS*PS*AA*SÖF	0,581
	İS*PS*AA*BÖF	0,394
	İS*PS*SÖF*BÖF	0,571
	İS*AA*SÖF*BÖF	0,314
	PS*AA*SÖF*BÖF	0,518
5-Yönlü Etkileşim	İS*PS*AA*SÖF*BÖF	<b>0,039</b>

Ackley fonksiyonu sonuçları için tekli etkiler Şekil 8’de verildiği gibidir. Bu grafiğe bakıldığında Sosyal Öğrenme Faktörünün Ackley fonksiyonu için 1.50 ile 2.00 aralığında seçilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Fakat ANOVA sonucunda üçlü ve beşli etkilerin model üzerinde etkili olduğu sonucu çıktığı için tekli etkilere bakılarak parametre seçimi yapmak yanlış olacaktır.



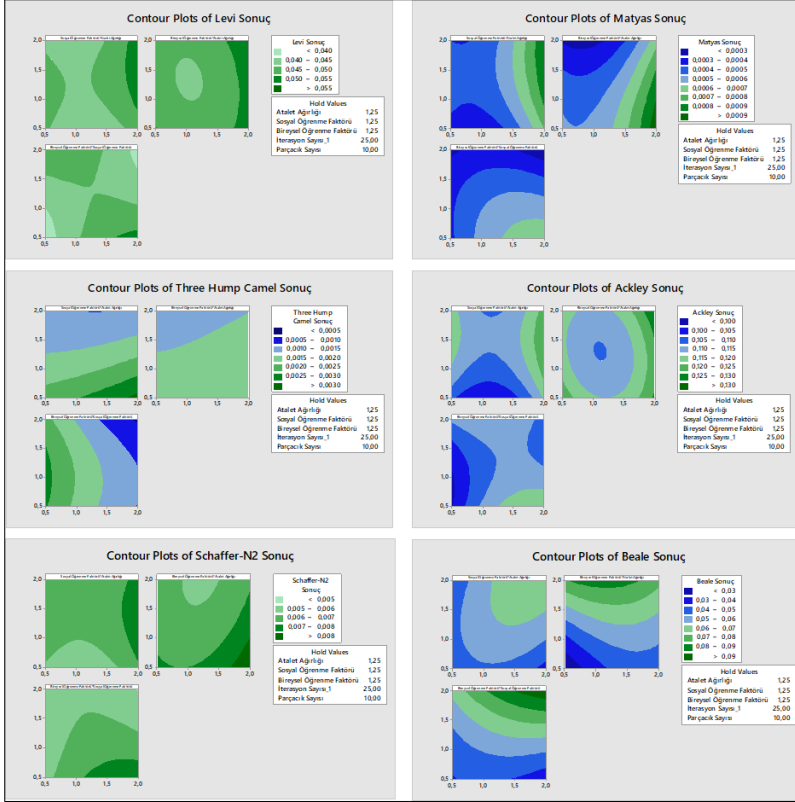
Şekil 8. Ackley fonksiyonu için PSO parametrelerinin tekli etkileri

Ackley fonksiyonu sonuçları için tüm etkileşimler grafiği Şekil 9’da görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında PSO parametrelerine doğrudan karar verilmesi çok güçtür. Bu sebeple bu aşamadan sonra, RSM yöntemi ile PSO parametrelerine karar verme aşamasına geçilmiştir.



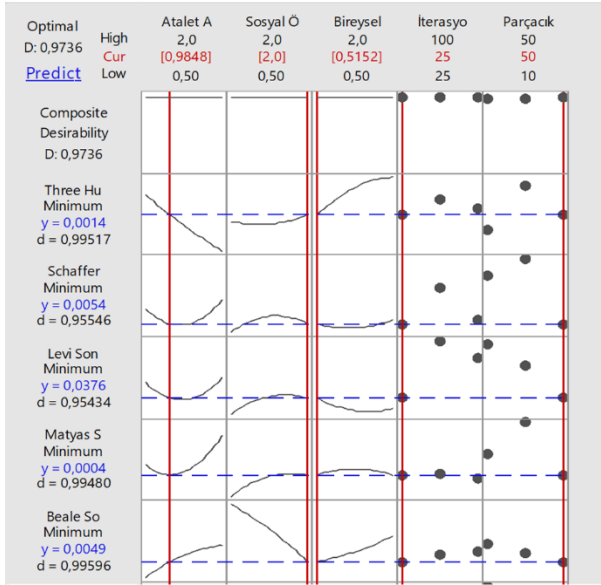
Şekil 9. Ackley fonksiyonu için PSO parametrelerinin kesişim etkileri

Oluşturulan TFDT ile RSM yapılarak sürekli kısıtsız optimizasyon problemleri için en iyi PSO parametrelerinin seçimi sağlanmıştır. Tüm fonksiyonlar için elde edilen Tepki Yüzeyleri Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Tüm fonksiyonlar için PSO parametrelerinin tepki yüzeyleri

Elde edilen Tepki Yüzeylerinden tüm fonksiyon sonuçlarını en küçükleyecek PSO parametreleri Minitab 17'de bulunan Response Surface Optimizer ile belirlenmiştir. Response Surface Optimizer sonucu Şekil 11'de verildiği gibidir. Grafiğe bakıldığında atalet ağırlığı 0.9848, sosyal öğrenme faktörü 2.0, bireysel öğrenme faktörü 0.5152, jenerasyon sayısı 25 ve parçacık sayısı 50 alındığında tüm fonksiyonlar için en düşük sonuçların bulunduğu görülmüştür.



Ŗekil 11. Tüm fonksiyonlar için en iyi PSO parametrelerinin Respose Optimizer ile seçim sonuçları

## SONUÇ

Çalışma kapsamında Sürekli Optimizasyon Problemlerinde En İyi Parçacık Sürü Optimizasyonu parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda Sürekli Optimizasyon Problemlerinde Kullanılabilecek Parçacık Sürü Optimizasyonu Parametreleri değerleri izleyen şekilde önerilmektedir;

- Parçacık Sayısı 50
- Jenerasyon Sayısı 25
- Atalet Ağırlığı 0,9848
- Sosyal Öğrenme Faktörü 2,00
- Bireysel Öğrenme Faktörü 0,5152

Sonraki çalışmalarda;

- Farklı Sürekli Optimizasyon Problemleri de ele alınarak en iyi parametre değerleri araştırılabilir.
- Kombinatoriyel Optimizasyon Problemleri için En İyi Parçacık Sürü Optimizasyonu Parametre değerleri Deney Tasarımı yardımıyla bulunabilir.

- Farklı problemler için geliştirilen farklı metasezgisel algoritmalar, kendi aralarında karşılaştırmalar yapılırken deney tasarımı da işin içine dahil edilerek, en iyi parametreler ışığında karşılaştırmalar yapılabilir.
- Çözüm süreleri de dahil edilerek, yüksek işlem gücü gerektiren problemlerin çözümü için parametre tahminleri yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Baghel, M., Agrawal, S. ve Silakari, S. (2012). Survey of Metaheuristic Algorithms for Combinatorial Optimization. *International Journal of Computer Applications*, 58(19), 21–31. <https://doi.org/10.5120/9391-3813>
- Chen, W.-N. ve Tan, D.-Z. (2018). Set-based discrete particle swarm optimization and its applications: a survey. *Frontiers of Computer Science*, 12(2), 203–216. <https://doi.org/10.1007/s11704-018-7155-4>
- Delice, Y., Kızılkaya Aydoğan, E., Özcan, U. ve İlkay, M. S. (2017). A modified particle swarm optimization algorithm to mixed-model two-sided assembly line balancing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(1), 23–36. <https://doi.org/10.1007/s10845-014-0959-7>
- Durakovic, B. (2017). Design of experiments application, concepts, examples: State of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. <https://doi.org/10.21533/pen.v5i3.145>
- Elbes, M., Alzubi, S., Kanan, T., Al-Fuqaha, A. ve Hawashin, B. (2019). A survey on particle swarm optimization with emphasis on engineering and network applications. *Evolutionary Intelligence*, 12(2), 113–129. <https://doi.org/10.1007/s12065-019-00210-z>
- Fisher, R. A. (1938). The Design and Analysis of Factorial Experiments. *Nature*, 142(3585), 90–92. <https://doi.org/10.1038/142090a0>
- Jiang, M., Luo, Y. P. ve Yang, S. Y. (2007). Stochastic convergence analysis and parameter selection of the standard particle swarm optimization algorithm. *Information Processing Letters*, 102(1), 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.ipl.2006.10.005>
- Kennedy, J. ve Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*, 4, 1942–1948. <https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968>

- Khuri, A. I. ve Mukhopadhyay, S. (2010). Response surface methodology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(2), 128–149. <https://doi.org/10.1002/wics.73>
- Meghana, L. ve Jaya, R. (2018). Swarm Intelligence Algorithms - A Survey. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(2), 184–188. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i2.184188>
- Nakane, T., Bold, N., Sun, H., Lu, X., Akashi, T. ve Zhang, C. (2020). Application of evolutionary and swarm optimization in computer vision: a literature survey. *IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications*, 12(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s41074-020-00065-9>
- Phan, H. D., Ellis, K., Barca, J. C. ve Dorin, A. (2020). A survey of dynamic parameter setting methods for nature-inspired swarm intelligence algorithms. *Neural Computing and Applications*, 32(2), 567–588. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04229-2>
- Reynolds, C. W. (1987). Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 21(4), 25–34. <https://doi.org/10.1145/37402.37406>
- Rezaee Jordehi, A. ve Jasni, J. (2013). Parameter selection in particle swarm optimisation: A survey. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2013.782348>
- Shi, Y. ve Eberhart, R. (1998). A modified particle swarm optimizer. *1998 IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No.98TH8360)*, 69–73. <https://doi.org/10.1109/ICEC.1998.699146>
- Sun, J., Wu, X., Palade, V., Fang, W. ve Shi, Y. (2015). Random drift particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection. *Machine Learning*, 101(1–3), 345–376. <https://doi.org/10.1007/s10994-015-5522-z>
- Tang, D., Yang, J., Dong, S. ve Liu, Z. (2016). A lévy flight-based shuffled frog-leaping algorithm and its applications for continuous optimization problems. *Applied Soft Computing*, 49, 641–662. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.09.002>
- Tawhid, M. A. ve Ali, A. F. (2017). Multi-directional bat algorithm for solving unconstrained optimization problems. *OPSEARCH*, 54(4), 684–705. <https://doi.org/10.1007/s12597-017-0302-0>



Tawhid, M. A. ve Dsouza, K. B. (2018). Hybrid binary bat enhanced particle swarm optimization algorithm for solving feature selection problems. *Applied Computing and Informatics*, 16(1/2), 117–136. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.04.001>

Ting, C.-J., Wu, K.-C. ve Chou, H. (2014). Particle swarm optimization algorithm for the berth allocation problem. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1543–1550. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.08.051>

Trelea, I. C. (2003). The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection. *Information Processing Letters*, 85(6), 317–325. [https://doi.org/10.1016/S0020-0190\(02\)00447-7](https://doi.org/10.1016/S0020-0190(02)00447-7)

Wikipedia. (2021). *Response Surface Methodology*.

Zhang, W., Ma, D., Wei, J. ve Liang, H. (2014). A parameter selection strategy for particle swarm optimization based on particle positions. *Expert Systems with Applications*, 41(7), 3576–3584. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.061>

# Endüstri 4.0'ın İnŖaat Projelerindeki İŖ Sağlığı ve Güvenliği Sorunlarına Katkısı

**Begüm Erten**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-7148-6402)

**Gözde Sezgin Tunçay**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-0348-0540)

**M. Yekcan Mahmutoğlu**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-3215-0997)

## GİRİŞ

İnsanlık tarihinde üç aşamalı sanayi devrimi yaşanmıştır. İnsanoğlu 18. yüzyıla kadar kendi kas güçlerini kullanarak üretim yapmış, hammadde artışı ve ekonominin canlanmasıyla tüketim artmaya başlamış ve 18. yüzyılın sonunda, buharla çalışan ilk makine ile “Buhar Devrimi” insan emeğini buhar gücüyle değiştirmiş ve Endüstri 1.0 ortaya çıkmıştır. 20. yüzyılın başında elektrik enerjisi ile ölçekli üretim gerçekleştirmeye başlamış ve seri bant üretim mantığı otomobillerde kullanılmaya başlanarak “Elektrik Devrimi” gerçekleşmiştir. Böylelikle Endüstri 2.0 dünyaya hakim olmuştur. 20. yüzyılın sonlarında ise bilgisayarın hayatımıza girmesiyle “Bilgi Devrimi” diye adlandırılan Endüstri 3.0 hayatımıza girmiştir. İlk olarak, Nisan 2013’te Hannover Endüstri Fuarı’nda ortaya atılmış olan “Endüstri 4.0” kavramı ise üretimde insan faktörünün yerini yapay zekaya bırakması olarak tanımlanmıştır.

Endüstri 4.0’ın en önemli hedefi düşünülen, inisiyatif kullanabilen aynı zamanda yorulmayan ve daha az enerjiye ihtiyaç duyan robotların birbirleriyle haberleşerek, veri analizleri yaparak ihtiyaçlar doğrultusunda daha kaliteli ve verimli bir üretim yapmasıdır. Bu sayede hızlı, etkin ve verimli üretim yapılabilecek, sistemlerdeki aksaklıklar ve arızalar en kısa sürede tespit edilebilecek, onarılabilecek ve böylelikle zaman ve işgücü kaybının önüne geçilecektir.

“Endüstri 4.0” kavramında Almanya kendi ulusal stratejisini önerdiğinden diğer ülkeler de kendi endüstriyel gelişme stratejilerini ortaya koymuştur. ABD hükümeti “Endüstriyel İnternet Projesi”ni, Fransa “Yeni Endüstriyel Fransa Stratejisi”ni, İngiliz hükümeti “İngiliz Sanayi 2050 Stratejisi”ni ve Japonya da “İmalatın Yeniden Canlandırılması Stratejisi”ni, Çin ise “Çin Malı 2025 Stratejisi”ni ortaya koymuştur (Li ve Yang, 2017).

İnşaat sektörünün gelişimine bakıldığında, kürek, kazma, çapa ve el aletleriyle yaşanan dönem İnşaat 1.0; vinç, dozer ve benzeri iş makinalarıyla yaşanan dönem İnşaat 2.0; BIM, Revit gibi yazılımların kullanıldığı, bilgi teknolojilerinin öne çıktığı dönem İnşaat 3.0; internet, kablosuz sensörler, lazerler, robotlar, kısacası yapay zekanın kullanıldığı ileri teknolojinin yaşanacağı yeni çağ İnşaat 4.0 olarak tanımlanmaktadır (Kafadar, 2020).

GeliŖmiŖ ölkelerdeki inŖaat piyasası için iŖgücü eksikliği önemli bir sorundur. Az geliŖmiŖ ve geliŖmekte olan ölkelerin çoğunda ise ucuz iŖgücü ve yüksek iŖsizlik oranı göz önüne alındığında inŖaat faaliyetleri daha çok el ile kontrol edilen (manuel) sistemlerle yürütölmektedir. Bu durum Endüstri 4.0'ın geliŖmemiŖ ölkelerde daha az benimsemesinin en önemli nedeni olmuŖtur.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin inŖaat sektörüne uygulanmasıyla gelecekteki Ŗantiyelerde; teknolojiler, makine ve ekipman boyutlarındaki küçölmeler ve geliŖmiŖ iletiŖim teknolojisi ile sürekli olarak Ŗekillenecek sensörler, özellikle giyilebilir cihazlarda kullanıldığında, çalıŖanlara zamanında tehlike uyarıları sağlayabilecek, kiŖisel koruyucu donanımlar için akıllı kumaŖlar kullanıldığında kimyasalların varlığını tespit edilebilecek ve iŖçinin sağlığı izlenebilecek, giyilebilir cihazların kullanımı, özellikle hareket eden trafikten ve ilgili egzoz dumanlarından kaynaklanan ek tehlikelerle karŖı karŖıya kalan karayolu inŖaat iŖçileri için uygun olacak ve iŖçilere ve sürücölere güvenlik ve erken uyarı sağlanabilecek, CAD modelleri artık sadece planlama aŖamalarında değil, aynı zamanda yapım süreci boyunca ve ötesinde daha yaygın kullanılacaktır (Turner vd., 2020).

Endüstriyel süreçlerle birlikte artan iŖlem hızı, akıllı araçlar, daha küçük sensörler ve daha düşük veri depolama sayesinde, makinelerin ve ürünlerin birbirleriyle iletiŖim kurması ve öğrenmesi sağlanmalı ve inŖaat sektörü Endüstri 4.0'ın uygulanmasının tüm zorluklarına rağmen entegre olabilmelidir.

## LİTERATÖR TARAMASI

İnŖaat sektöründe iŖ sağlığı ve güvenliği (İSG) çalıŖmalarının projelerin baŖlangıç aŖamalarından itibaren göz önüne alınması önem taŖımaktadır. Böylece proaktif yaklaŖımı benimseyerek oluşabilecek zararların önüne geçilebilecektir. Asgard ve Jorgensen (2019) Ŗantiyelerde her yıl ciddi sonuçların yaŖandığı ve ölümcöl çok sayıda yaŖanan kazanın aslında projelerin erken aŖamalarında, proje baŖlamadan önce tespit edilerek önlenebileceğini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda sağlık ve güvenlik koŖullarının incelenmesi kapsamında Norveç'te bölgesel güvenlik temsilcileri ile görüŖmeler yapmıŖlardır. Sonuçta proje yönetiminin ilk aŖamalarında sağlık ve güvenlik konularının ele alınması gerektiği belirtilmiŖtir. Ancak bu noktada

doğru tespitlerin yapılmasında; yeterlilikler, önceliklendirme ve sonuçların öngörülebilirliği konularında sorunların bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle eğitim kurumlarının, kamu otoritelerinin, inşaat sektör paydaşlarının sorumluluk alması gerektiği ifade edilmiştir (Asgard ve Jorgensen, 2019). İnşaat projelerinde yürütülen multidisipliner çalışmalarda, sahada farklı kalifiye ve farkındalıkta çalışanların, tekniklerin, teknolojilerin ve gereksinimlerin yer aldığı faaliyetler yürütülmektedir. İnşaat proje aşamalarının ve çalışma sahalarının kendilerine özgü tehlike ve riskleri bulunmaktadır. Bu durum ise özellikle nitelikli, İSG bilinci yüksek çalışan istihdamı ve yasal düzenlemelerin yeterli düzeye gelmesinde sorumluluk alması gereken paydaşların desteğinin önemini göstermektedir. Endroyo vd. (2015) İnşaat sektöründe yaşanan iş kazası sayılarının azaltılması ve bilinç düzeyinin artırılması için mesleki eğitimlerden lisansüstü eğitimlere kadar her kademe eğitim/öğretim çalışmalarında İSG eğitimlerinin önemine dikkat çekilmiştir. Bu doğrultuda inşaat çalışmalarındaki İSG konularına ilişkin endüstri temelli İSG eğitim modeli sunulmuştur. Bu kapsamda 2011-2013 yılları arasında Semarang Eyaleti, İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencilerine yarı deneysel bir çalışma yapılarak İSG eğitim programı hazırlanmış ve uygulanmıştır. Anket, test ve gözlem yoluyla elde edilen veriler uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Bilişsel, duyuşsal, psikomotor sistemlerin kullanıldığı endüstri temelli İSG eğitim modelinin olumlu sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuçta, iş kazalarını önlemede önemli aşamalardan birisinin eğitim-öğretim olduğu belirtilmiştir (Endroyo vd., 2015). Eğitim ve farkındalık çalışmalarının arttırılması ve bu noktada yenilikçi yaklaşımların benimsenerek Endüstri 4.0 teknolojilerinden yararlanılması (arttırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik vb.) büyük ölçüde fark yaratacaktır. Bu sayede çalışma sahasındaki tehlike ve riskler çalışma sahasına girmeden önce uygulamalı eğitimler ile görülebilecektir. Sonuçta ise iş kazalarına ve kayıplara yol açabilecek durumlar için önceden önleme politikaları geliştirilebilecektir. İSG yönetim sistemlerinin kurulması inşaat projeleri açısından her aşamada büyük öneme sahiptir. Yoon vd. (2013), İSG yönetim sistemi kurulmasının inşaat sektöründeki iş kazalarının önüne geçmede olumlu katkı sağlayacağını belirtmektedir. Bu doğrultuda 2006-2011 yılları arasında İSG yönetim sistemi sertifikasına sahip Kore'deki ilk 100 inşaat şirketi arasında bir analiz gerçekleştirilmiştir. İSG yönetim sistemi kurulması ile incelenen inşaat

firmalarında kaza oranının %67 ve ölümlü kazaların %10,3 oranında azaldığı belirlenmiştir. Saha içerisinde İSG açısından kişiler arasında farkındalık düzeylerinin farklı olduğu göz önüne alınarak kazaların yaşanmaması için, bir İSG yönetim sisteminin sağlayacağı katkı ortaya koyulmuştur (Yoon vd., 2013). İnşaat çalışmalarında iş kazaları, ekonomik kayıplar, maliyet sorunları gibi durumlar proje sürelerinin uzamasına da neden olmaktadır. İnşaat sektöründe yaşanan iş kazaları sonucu oluşan zaman, maliyet ve insan sağlığı açısından kayıplar göz önüne alındığında İSG ile tam entegrasyonun sağlanmasının kilit rol oynadığı yadsınamaz bir gerçektir. Ancak yapılan araştırmalar inşaat sektöründe özellikle politik, çevresel, sosyal, teknolojik, ekonomik ve yasal yönlerden farklı sorunlar bulunduğunu vurgulamaktadır (Alaloul vd., 2020). Bu durum inşaat sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarının geleneksel yaklaşımların yerini almasını zorlaştırdığını göstermektedir. Lee vd. (2020), inşaat sektöründe yaşanan kayıplar ve bu kayıplar sonucunda oluşan ekonomik zararlar nedeniyle çalışmaların güvenli bir şekilde yürütülebilmesinin önemli sorunların başında geldiğine dikkat çekmektedir. Bu nedenle kişilerin sürekli takibini yapabilecek otonom sistemlerin gerekli olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda inşaat işçilerinin günlük iş faaliyetleri arasında güvenlik ve sağlık konularında karşılaşılabilecekleri tehlike ve risklerden haberdar olmalarının zorlaştığı vurgulanmaktadır. Çalışmalarında ses tabanlı bir sistem ile ön bilgilendirmelerin saha içerisinde yapılması yanı sıra ses tabanlı olay tespiti sağlanabilmesi için araştırma yapılmıştır. Sonuçta ise otomatik bir güvenlik gözetim sistemini iş kazası verilerine entegre etmek için bilgi tabanı, ses tabanlı olay tespitini önemli ölçüde iyileştirdiği belirlenmiştir (Lee vd., 2020). İnşaat çalışmaları sırasında vinç, forklift vb. iş ekipmanlarının kullanımı gibi özellikle operatör hatalarının önlenmesini gerektiren çalışmalar da yer almaktadır. Farklı disiplinlerde ve proseslerde yürütülen çalışmalarda Endüstri 4.0 uygulamaları ile çalışmaların koordinasyonu kolaylaşacaktır. Lee vd. (2019), Endüstriyel uygulamalarda proses güvenliğinin sağlanabilmesi için bir süreç yönetimi ve risk yönetimi benimsenmesinin önemini vurgulamakta, ve bu aşamada Endüstri 4.0 ile gelen dijitalleşme sürecinin katkılarını araştırmaktadır. Çalışmada dijitalleşme, dijital ikizler ve bağlı gelişmeler incelenerek özellikle operatörlerin yürüttüğü proseslere yönelik sunduğu operatör eğitim simülatörü (OTS), proses güvenliği kazalarının nedenlerini ele alan önemli bir dijital ikiz biçimidir.

Gelişmiş operatör yeterliliği ve iyileştirilmiş prosedürler, proses güvenliği olayları riskini önemli ölçüde azaltabilir. Endüstri 4.0 konsepti dahilinde proses tehlike analizini iyileştirmek için bir OTS den yararlanılmasının avantaj sağlayacağı tespit edilmiştir (Lee J. vd., 2019). Abukhashabah vd. (2019), Cidde şehrinde 300 inşaat çalışanı arasında iş kazalarının nedenlerini belirlemek amacı ile gerçekleştirdiği anket çalışmasına yer vermektedir. Çalışma sonucunda Cidde şehrindeki şantiyelerde yaşanan iş kazalarının %80 oranında farkındalık ve deneyim eksikliği, %60 oranında makine hataları, %30 oranında eğitim eksikliği, %25 kişisel koruyucu donanım (KKD) eksikliği ve %16 oranında ise İSG denetimlerini yapacak görevlilerin eksikliği olarak belirtilmektedir (Abukhashabah vd., 2019). Bu durum nitelikli çalışanların yetiştirilmesi, güvensiz davranışların ve güvensiz durumların önlenmesi, projelerde maddi kayıpların önlenmesi, süre uzatımlarının önüne geçilmesi, çalışmaların aksamadan devam edebilmesi vb. birçok açıdan yenilikçi yaklaşımlara ve teknolojilere entegrasyonu zorunlu kılmaktadır.

Lau vd. (2019), inşaat sektöründe Endüstri 4.0 çerçevesinde gerekli olan dönüşümleri vurgulamanın yanı sıra yeni gelişmelerin benimsenmesindeki sorunların temeline detaylı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu kapsamda, inşaat firmalarının, sektörün zorluklarına ek olarak yüksek maliyetler nedeniyle yatırım yapmaktan çekindikleri (Oesterreich ve Teuteberg, 2016), Anuar ve Abidin, 2015, (Lau vd., 2019), teknik ekipman yatırımları ve eğitim ücretleri de dahil olmak üzere yapılan yatırımların geri dönüşlerinin belirsizlikleri (Lau vd., 2019, Autodesk, 2017), inşaat projelerinin doğasından gelen karmaşık saha çalışmaları gibi sorunların yer aldığı vurgulanmaktadır. İnşaat projeleri iş kazalarının ve proje kayıplarının oldukça yüksek oranlarda yaşandığı sektörler arasında olması; yapılacak yatırımların teşvik edilmesi, farkındalık düzeylerinin arttırılması, yapılacak yeniliklerin sağlayacağı katkıların yaygınlaştırılabilmesi için yasal bağlayıcılıkların önemini ortaya çıkarmaktadır. Adeyemo ve Smallwood (2017), inşaat projelerindeki performansın işçilerin ve toplumun korunması yönünde İSG mevzuatlarını geliştirerek mümkün olabileceğini belirtmektedir. Nijerya'da gerçekleştirdikleri çalışmada inşaat sektöründe çalışanlar arasında anket çalışmaları ve istatistiksel değerlendirmelerin yanı sıra mevzuat araştırmaları yapmışlardır. İnşaat çalışmalarında İSG açısından mevzuatlardaki düzenlemelerin

geliştirilmesinin kazaların önlenmesindeki önemi vurgulanmaktadır. Mevzuatların bağlayıcı olmaması durumunda işverenlerin özellikle de proje maliyetleri nedeniyle İSG'den taviz verebileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle İSG kültürünün oluşturulması ve iş kazalarının önlenmesi için sektörel sorunlara spesifik yaklaşımlar ile bağlayıcı mevzuat düzenlemeleri gerektiği belirtilmektedir (Adeyemo ve Smallwood, 2017).

Literatür çalışmaları Endüstri 4.0'a birçok sektörde olduğu gibi inŖaat sektörü gibi iş kazalarının sıkça yaşandığı bir alanda İSG ile birlikte entegrasyonunun önemini göstermektedir. Bu durum Endüstri 4.0, İnŖaat 4.0 ve İSG 4.0 entegrasyonunu bütün halinde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

## **İNŖAAT SEKTÖRÜNDE YAŞANAN SORUNLAR VE PROJELERİN BAŞARISIZLIK NEDENLERİ**

İNŖaat sektöründe gerçekleştirilen projelerin başarısız olmalarının temel nedenleri; iletişim kopuklukları, maliyet aşımı, süre, planlama eksikliği ve iş takibinin verimli yapılamaması olarak sıralanmaktadır. Bu nedenlerin çözülebilmesi için planlama aşamasında yazılımların devreye girmesi, maliyetlerin takibi için yeni yazılımlar üretilebilmesi, iş takibinin verimli gerçekleştirilebilmesi için Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) uygulamalarının sektörde yaygınlaşması gerekmektedir. Bu ise Endüstri 4.0'ın inŖaat sektörüne entegrasyonuyla gerçekleşebilmektedir.

Projelerin başarısızlık ile sonuçlanma nedenlerine ilişkin yapılan bir diğer çalışma, "Association of Project Managers'da" başarısızlık nedenleri Ŗu şekilde sıralanmıştır (Kafadar, 2021)

1. Paydaşlar arasındaki iletişim kopuklukları (%55)
2. Planlama eksikliği (%37)
3. Yanlış kilometre taşları, ara teslim tarihlerinin belirlenmesi (%36)
4. Kalite kontrol eksiklikleri (%31)
5. Kontrolde çıkan maliyetler (%27)
6. Kaynak koordinasyonundaki yetersizlikler (%24)
7. Yönetimden kaynaklanan zafiyet (%23)
8. İlerlemenin yönetilememesi, işin iyi takip edilmemesi (%17)



9. Tedarikçilerin beceri yetersizliği (%16)

10. Tedarikçilerin kaynak yetersizliği (%10)

## **SAHADAKİ ÖRNEKLER**

İnşaat sektöründe sahadaki iş güvenliği zafiyetlerini yorumlamak amacıyla 2008-2016 yılları arasında Marmara Bölgesi'ndeki şantiyelerde meydana gelen iş kazaları incelenmiştir.

2008 yılında 120 çalışanı olan bir şantiyede beton dökümü sırasında kalıp iskelesinin çökmesi sonucu 4 işçi yüksekten düşüp yaralanmıştır. Kurulan iskelelerin standartlara aykırı olması, kurulum sırasında denetlenmemesi, iskelenin statik hesaplarının yapılmamış olması, kalıbı kuran ekibin yeterli donanımda olmaması iskelenin dengesi için yeterli sayıda ve uygun ankraj yapılmamış olması kazaya sebebiyet vermiştir.

2010 yılında bina inşaatında beton kalıbı yapılırken, bir işçi düşmeyi önleyici kişisel koruyuculardan paraşüt tipi emniyet kemeri verilmemesi, kemeri takmak için yaşam hattının yerleştirilmemesi ve güvenlik ağları kurulmaması sonucu ağır yaralanmıştır. Olay saatinde, ortamın karanlık olması, çalışma ortamında yeterli ışıklandırma olmaması, yetersiz denetim, gözetim ve koordinasyon kazaya sebep olmuştur.

2011 yılında tünel inşaatında kalıp açma işi sırasında bir işçi 5 m yüksekliğindeki platformdan aşağıya düşmüştür. Güvenlik kemerinin vücut tipi emniyet kemeri yerine bel tipi emniyet kemeri olması, üzerinde çalışılan platformda korkuluk bulunmaması, işçilere çalıştıkları alanlar ve yaptıkları işin özelliklerine uygun tarzda eğitim verilmemesi, kazazedenin ölümüne sebep olmuştur.

2012 yılında bir otel inşaatında kule vinç kullanan operatörün kule vinç merdiveninden çıkmayarak kat arasına kalas koyarak kule vince geçmesi sonucu kule vinç sarsıntısıyla kalas hareket etmiş, havanın da yağışlı olması nedeniyle tahta kalasın üzerinin kaygan olması sonucu operatör sekizinci kattan düşerek hayatını kaybetmiştir.

2013 yılında bina çatısında çalışan bir işçi, yeterli eğitimin özellikle kişisel koruyucu donanımların kullanımı eğitiminin verilmemesi ve kişisel koruyucuların kullanılmaması, vardiya değişikliği yapılırken

mesleki eğitimlerin tamamlanmaması ve iŖ alanında herhangi bir uyarı ve ikaz levhasının bulunmaması sonucu çatıdan dūŖerek hayatını kaybetmiŖtir.

2014 yılında ticari bina Ŗantiyesinde malzeme dūŖmesini engelleyecek güvenlik ağlarının belirli kat aralıklarında bulunmaması ve malzeme istiflemelerinin yüksek katta yapılması nedeniyle yüksek kattan seramik malzemesi dūŖmesi sonucu bir iŖçi ağır yaralanmıŖ, geçirdiği ameliyat sonrası hayata dđnmüŖtür.

2015 yılında konut inŖaatında bir iŖçi 4. kat merdiven boŖluđundan dūŖerek hayatını kaybetmiŖtir. Can kaybının yaŖandıđı bu kazaya, merdiven boŖluklarından korkuluk olmaması, uyarı ve bilgilendirme levhalarının eksikliği, iŖilere gerekli eğitimin dđzenli olarak verilmemesi neden olmuŖtur.

2016 yılında bir metro Ŗantiyesinin demir doğrama ve kaynak atölyesinde demir kesme makinasında gerekli koruyucunun bulunmaması, makine üzerinde kullanım talimatının olmaması, makinanın iŖ güvenliği kurallarına uygun olarak kullanımıyla ilgili yeterli eğitimin verilmemiŖ olması, kiŖisel koruyucu donanım eksikliği, bir demir iŖisinin parmağı kopmasıyla sonuçlanan kazaya sebebiyet vermiŖtir.

İnŖaat Ŗantiyelerinden verilmiŖ örneklerde de görüldüğü üzere, ölüme bile sebebiyet veren kazaların çoğunun çalıŖanlara yaptıkları iŖin özelliklerine uygun tarzda eğitim verilmemesi, yetersiz denetim, gözetim ve koordinasyon, iŖ ekipmanı kullanım hataları olduğu gözlemlenmiŖtir. İnŖaat sektöründe İSG'nin Endüstri 4.0 ile entegrasyonunda sanal gerçeklik eğitimi, akıllı baretler ve birçok İnŖaat 4.0 uygulaması bu kazaları büyük ölçüde azaltacaktır.

## **UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

İnŖaat 4.0 bileŖenlerinden veri analitiği ve yapay zeka kullanımı, yapı bilgi modellemesi, 3D yazıcılar ve akıllı baret kullanımı ile ilgili uygulama örnekleri açıklanmıŖtır.

### ***Veri Analitiği ve Yapay Zeka Kullanımı***

Asadi vd., inŖaat sektöründeki gecikme faktörlerini belirleyebilmek için bir yazılım kullanmıŖlardır. WEKA adlı yazılım ile beraber,

gecikme nedenleri 49 başlık altında toplanmıştır. İnşaattaki gecikmelerin arka planını, tarihçesini ve gecikme faktörlerini ortaya koymak için bir literatür taraması gerçekleştirilmiş, bu bilgiler daha sonra Katar'daki inşaat projelerindeki gecikme faktörlerini araştırmak için bir anket formu tasarlamak ve yürütmek için kullanılmış ve yüklenici şirketteki hedeflenen katılımcılara uygulanmıştır. Anketten elde edilen en yüksek gecikme faktörleri, WEKA yazılımını kullanarak bir tahmin modeli oluşturmak için aynı şirket için devam eden bir mega projeden toplanan ikincil verilerle birleştirilmiştir (Asadi vd, 2015).

Çalışmada ortaya koyulan 49 maddeden İSG açısından en dikkat çeken maddeler “beklenmedik hava koşulları” ve “güvenlik prosedürlerinin uygulanması” olmuştur. Katar özelinde düşünüldüğünde hava sıcaklıkları, işçi sağlığı açısından çalışmaya engel olabilecek şartlarda olmaktadır. Bu durum inşaatın planlanan tamamlanma süresini geciktirmekte ve ekonomik anlamda da şirketleri zarara uğratmaktadır. İnşaat 4.0 ile beraber; hava durumu göz önünde bulundurularak, önemli bir gecikme faktörü olarak belirlenip, gerekli İSG önlemleri ile beraber daha sonraki projelerde bu durumun yaşanmaması için önlemler alınabileceği düşünülmektedir.

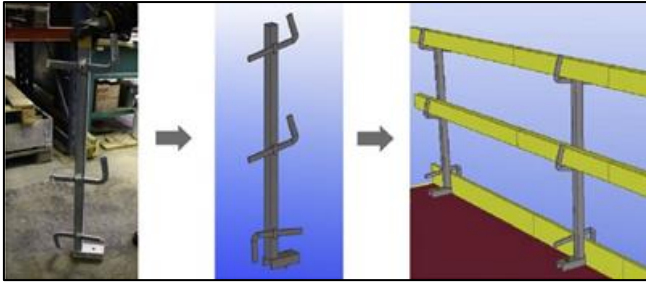
### **Yapı Bilgi Modellemesi**

Bugüne kadar emniyet süreçlerinin modellemesi ve planlamasında yalnızca sınırlı otomasyondan yararlanılmıştır. Zhang vd. yaptıkları çalışmada; bir inşaat projesinin planlama aşamasında inşaat programında bilinmeyen potansiyel düşme tehlikelerinin nasıl tespit edilip ortadan kaldırılabileceğini araştırmışlardır. Bu çalışmada; Finlandiya'da bir ofis ve bir konut binası projesi kullanılarak, düşme önleyici sistemlerin manuel ve otomatikleştirilmiş güvenlik modellemesinin karşılaştırması gerçekleştirilmiştir (Zhang vd, 2015).

ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu'na (2012) göre yüksekten düşme şantiyelerde büyük bir güvenlik riski olarak kalsa da, düşme koruma planı tipik olarak mevcut projelerin çoğunda inşaat başlayana kadar oluşturulmamaktadır (BLS, 2012; Sulankivi vd., 2013). Etkili güvenlik planlamasının önündeki en büyük engellerden biri, geleneksel güvenlik planlamasının bir şantiyedeki güvenlik ekipmanı ihtiyaçlarını anlamak için hala büyük ölçüde kağıt tabanlı 2B çizimlere ve programlara dayanmakta olmasıdır (Chantawit vd., 2005). Bu tür manuel düşme tehlikesi tanımlaması bazı eksiklikler içermektedir. Profesyonel iş

güvenliği mühendislerinin, potansiyel güvenlik tehlikelerini tespit etmesini ve güvenlik ekipmanını deneyimlerine göre belirlemesini gerektirmektedir. Güvenlik sorunlarının çoğu, bina planlarında gösterilmeyen kısmen tamamlanmış kısımlarında olmaktadır. İnŖaat projelerinin dinamik yapısı, güvenlik ihtiyaçlarında değişikliklere neden olmaktadır. Statik çizimlere dayalı olarak farklı inŖaat aŖamalarında potansiyel düşme tehlikelerini belirlemek zor olmaktadır. İnŖaat programı hava durumu, malzeme teslimi gibi çeŖitli koŖullara göre değişebilmektedir, bu durum güvenlik planında da değişikliğe yol açmaktadır. Her zaman çizelgesi değişikliğinde güvenlik planını güncellemek zaman alıcı olmakta ve yoğun emek gerektirmektedir. İnsanların daha düşük bir seviyeye düşmesine ve ayak yaralanmasına neden olan küçük delikler daha riskli olmaktadır. Bu delikler kağıt tabanlı planlarda neredeyse hiç çizilmemekte ve bu nedenle uzmanlar tarafından bile asla tespit edilememektedir. Ŗantiye koŖullarının karmaŖıklığını ve dinamikliğini ele alırken, güvenlik tehlikelerini daha kolay tanıma ve çözüme görevinde BIM tabanlı teknolojiler daha az çabayla daha güvenli inŖaatlara yol açabilmektedir (Ku ve Mills, 2010).

GeliŖtirilen BIM tabanlı teknoloji ile korumasız döŖeme kenarları tespit edilmiş ve gerekli korkuluk sistemi otomatik olarak kurulmuŖtur. DöŖemedeki boşluklar tespit edilerek, görsel olarak planlanıp önlem alınmıştır. GeliŖtirilen sistem hem tasarım hem de planlama aŖamalarındaki tehlikeleri ortadan kaldırarak, güvenlik ekipmanlarının doğru yerde ve zamanda kuruluma hazır olmasını sağlayarak planlama sürecinde karar vericilere yardımcı olmuŖtur.



Ŗekil 1. Proje için modellenmiş güvenlik korkuluk ekipmanı  
Kaynak: Zhang vd, 2015.

### **3D Yazıcılar**

Geleneksel bina yapım tekniklerine kıyasla 3D baskı teknolojileri, sınırsız geometrik şekillerde bina inşaa edilmesine olanak sağlamaktadır.

Hager vd., 2016 yılında yaptıkları çalışmada, yakın gelecekte inşaat endüstrisinde devrim yaratabilecek bir teknik olarak Kontur Zanaatına işaret eden iki tür teknoloji tanımlanmıştır. İlk 3D yazıcı 1984'te icat edilmiş ve son on yılda, 3D baskı en hızlı büyüyen teknolojilerden biri haline gelmiştir. İlk kullanıldığı yıllarda çok pahalı bir teknoloji olan 3D baskı, son yıllarda günlük yaşamda yer almaya başlamış ve tıp, otomotiv ve havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılmıştır (Hager vd., 2016).

Baskı malzemesinin ve 3D teknolojisinin iyileştirilmesi, tüm endüstri sektörlerinden tüm dünyadaki birçok şirketin hedefi haline geldi. 2014 yılında, ilk evin basılmasıyla yapı teknolojisinde yeni bir sayfa açılarak inşaat sektöründe gerçek bir devrim başlatmıştır. Bu teknolojinin özellikle inşaat sektöründe maliyet ve zamanın azaltılması, çevre kirliliğinin en aza indirilmesi ve şantiyelerde yaralanma ve ölümlerin azaltılması gibi sayısız avantajından bahsedilebilmektedir.

Contour Crafting (Kontur Zanaatı) teknolojisi yapı endüstrisinde kullanılan en umut verici 3D baskı teknolojisi olarak bilinmektedir. Bu teknolojiye malzeme aşamalı olarak katman katman dökülmekte, ancak tüm süreç yerinde gerçekleşmektedir. Bu teknik, tüm evi doğrudan yerinde basabilecek 3D yazıcı kullanarak inşaat sürecinin otomasyonuna büyük bir fırsat vermektedir. En önemli avantajları ise çoğunlukla makine tarafından gerçekleştirilecek olan işlemin daha güvenli olması ve iş güvenliği unsurları açısından fayda sağlaması, uygun malzeme kullanımı ve yazıcının doğru parametreleri ile maliyet ve zamanı azaltmasıdır. 3D baskı, sınırsız mimari esneklik ve en yüksek hassasiyetle büyük geometrik şekiller oluşturulmasına da izin verecektir. Contour Crafting (Kontur Zanaatı) teknolojisinin gerçekleştirilmesinin mevcut örneği Andy Rudenko'nun bahçesinde RepRap 3D baskı projesindeki teknoloji ve yazılım kullanılarak bir kale inşa edilmesidir (Şekil 2a ve 2b). Bir yazıcıda kullanılan malzeme, çimento ve kum karışımı olup, ayrı ayrı basılan ve binaya monte edilen kuleler hariç tüm bina tek seferde basılmıştır (3D Print Canal House, 2016).



*Ŗekil 2. (a) Yerinde basılan ilk yapı; (b) yazdırma ilerlemesi  
Kaynak: 3D Print Canal House, 2016.*

İnŖaat sektöründe 3D baskının öncü kullanımının birkaç örneğinin kısa bir açıklaması sunulmuŖtur (Amsterdam'daki Kanal Evi, WinSun Ŗirketi ve Skanska Ŗirketi tarafından gerçekteŖtirilen bina için baskı uygulaması).

#### *Amsterdam'da Kanal Evi*

2014 yılında Hollandalı tasarım Ŗirketi Dus Architects, yapı elemanlarını dev bir yazıcıyla basarak bir ev inşa etmeye karar vermiŖ ve Avrupa'da tamamen 3D baskı teknolojisi ile gerçekteŖtirilecek ilk proje olan 3D print Canal House adlı proje Amsterdam'da gerçekteŖtirilmiŖtir. Evin bileŖenleri dev bir 3D yazıcı tarafından basılmıŖtır. Dus Architects mimarları, evin bileŖenlerini doğrudan sahaya yazdırarak, bina atıklarını tamamen ortadan kaldırmayı ve nakliye maliyetlerini en aza indirmeyi hedef almıŖlardır. Yazıcının hareketliliğ-i, dünyanın her yerine taŖınabilme avantajı sağlamakla birlikte malzemenin nakliye maliyeti ve bir Ŗantiyede depolanması maliyetini ortadan kaldırmıŖtır (3D Print Canal House, 2016)

#### *WinSun Ŗirket Binaları*

WinSun Dekorasyon Tasarım Mühendisliğ-i Firması, 3 boyutlu baskı teknolojisinde kullanıma uygun beton ve benzeri malzemeler üzerinde çalıŖan bir Çinli kuruluŖtur. 2014 yılında 3D teknolojisiyle prefabrikte elemanlar olarak basılan ve monte edilen yapı bileŖenlerinden evler inşa etmeyi baŖarmıŖlardır. Yapı bileŖenleri yazıcı tarafından altı metre yüksekliğinde, 10 metre genişliğinde ve 40 metre uzunluğ-unda olarak bir fabrikada yazdırılıp, baskıdan sonra Ŗantiyeye taŖınmıŖ ve tüm konstrüksiyonu oluŖturmak için bir araya getirilmiŖtir. Daha sonra bina duvarlarına pencereler ve kapılar takılmıŖtır (Ŗekil 3a). Çatı kurulduktan sonra ince iŖler yapılmıŖ ve bina tamamlanmıŖtır. İkinci

şekilde görülmekte olan bina, Çinli firmanın 2014 yılında basılan ilk evden bir yıl sonra aynı tekniği kullanarak yaptığı dünyadaki 3 boyutlu olarak basılmış en yüksek yapıdır (WinSun, 2016).



Şekil 3. (a) Bir WinSun şirketi tarafından 2014 yılında basılan ilk ev;  
(b) 3D olarak basılmış beş katlı bina  
Kaynak: WinSun, 2016.

### **Akıllı Baretler**

Kaiserslautern Üniversitesi ve Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi tarafından; on farklı sensör, görsel ve dokunsal geribildirim mekanizması ve Bluetooth bağlantısından oluşan bir akıllı baret geliştirilmiştir. Şantiye personeli, sahada çeşitli tehlikeli unsurlar ve olaylarla karşılaşmaktadır. Şantiye personelinin hem anlık geribildirimlerini alabilmek hem de kişisel güvenliğini daha iyi anlamaya yardımcı olmak için nesnelerin internetinden ve akıllı giyilebilir teknolojilerden yararlanmaya çalışılmıştır. Akıllı baret, dokunsal ve görsel ipuçları aracılığıyla zamanında geri bildirim sağlamak ve çalışanın akıllı telefonuna Bluetooth aracılığıyla bağlandıktan sonra tesis içi personelin geri kalanıyla ve ayrıca bir web sunucusuyla kablosuz ağ üzerinden iletişim kurabilmektedir (Aliyev vd., 2020).



Şekil 4. a.b. Yönlü kırmızı LED ve kafa derisi haptik geri bildirim ile ön ve arka engel uyarısı. c. karanlık ortamda otomatik el feneri  
Kaynak: Aliyev vd., 2020

Akıllı baretler; hem kullanıcıyı izleyerek onunla iletişime geçebilmek hem de çevresel faktörler hakkında farkındalık sağlamak için kullanılabilir. Kullanıcı açısından işlevselliği incelendiğinde; kullanıcının fiziksel durumu hakkında bilgi sağlanabilmekte ve aktivite tanıma işlevlerini uygulamak için kullanılabilir. Kişinin kaskı doğru takıp takmadığını kontrol etmekte ve kask bir yüzeye yerleştirildiğinde veya duvara asıldığında yanlış durumları ortadan kaldırmaktadır. Özellikle tehlikeli ortamlarda personelin sağlık koşulları hakkında (vücut sıcaklığı) kritik bilgiler verebilmektedir. Çevresel açıdan işlevselliği incelendiğinde; atmosfer farkındalığı sağlayarak, nem, gaz direnci, sıcaklık, hava basıncı gibi dış unsurlar hakkında bilgi sağlayabilmektedir. Dikkat dağınıklığı olduğunda, kullanıcıyı çevreleyen engellerin tespit edilmesini ve uzun süre UV ışınlarına maruz kalındığında uyarı sağlamaktadır.

## SONUÇ

İnşaat sektörü açısından proje süreçlerinde yaşanan kayıpların ve belirsizliklerin ya da karmaşık iş süreçlerinin yarattığı zorluklar bulunduğu görülmüştür. Politik, ekonomik, çevresel, hukuksal ve teknik açıdan yaşanan sorunların yanı sıra yaşanan iş kazaları nedeniyle ölüm, yaralanma, maddi zarar, zaman uzatımları gibi sonuçlar ile karşılaşılabilir. İSG çalışmaları sadece çalışan sağlığı değil aynı zamanda işyeri ve faaliyetlerin de güvenliğini sağlamayı hedeflemektedir. İnşaat çalışmalarında yaşanan kaza nedenleri açısından farkındalık ve eğitim eksikliği, makine hataları, çalışma ortamındaki faaliyetlerden kaynaklı kazaların önemli bir paya sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenlerin çalışma sahalarında yüksekten düşme, malzeme düşmesi, şantiye içi trafik kazaları gibi iş kazaları ile sonuçlandığı belirlenmiştir. İş kazaları açısından ölüm ve yaralanma oranlarında her yıl SGK verilerinde ilk sıralarda yer alan inşaat sektöründe yaşanan maliyet, zaman, iş gücü ve iş günü kayıplarını önlemede İSG kilit rol oynamaktadır. Tablo 1’de, çalışma kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmaları ve saha gözlemleri doğrultusunda inşaat proje yürütüm süreçlerine İSG perspektifi ile bir çerçeve sunulmaktadır.



Tablo 1. İnşaat proje yürütüm aşamalarındaki faaliyetlerin İSG bakışı ile değerlendirilmesi

	Proje Hazırlık	Saha Çalışması	Teslime Hazırlık
KKD kullanımı	✓	✓	✓
Mesleki eğitim	✓	✓	✓
Proje süresi	✓	✓	
İş ekipmanları kullanımı		✓	
Elektriksel tehlikeler		✓	✓
Kimyasal tehlikeler		✓	✓
Yangın		✓	✓
Patlayıcı madde		✓	✓
Taşıma ve kaldırma işleri, taşıma araçları		✓	
İskele çökmesi		✓	✓
Uzuv sıkışması		✓	
Malzeme düşmesi		✓	✓
Yapı kısmının çökmesi		✓	✓
Kule vinç ve iş makineleri		✓	✓
Kazı ve tahkimat işleri		✓	✓
Şantiye içi trafik kazaları		✓	
Yüksekte çalışma		✓	
Hava koşulları		✓	✓
Sabotaj		✓	✓
İletişim kopuklukları	✓	✓	✓
Kaynak koordinasyonu	✓	✓	✓
Saha denetimi	✓	✓	✓
Kapalı alan çalışma		✓	
Kaynak/beceri yetersizliği	✓	✓	
Maliyet aşımı	✓	✓	
Süre ve planlama eksikliği	✓	✓	
İş takibi verimsizliği	✓	✓	
Kalite kontrol		✓	
Yönetim kaynakları	✓	✓	
Projenin güvencesi	✓	✓	✓
İhale ve sözleşme	✓	✓	✓

Elde edilen sonuçlar, inşaat projelerinin tüm aşamalarında İSG'nin ayrılmaz bir parça olduğunu göstermektedir. Proje yönetiminde ön plana çıkan konular İSG çalışmalarının da kapsamındadır. İSG

açısından önem taşıyan inŖaat proje süreçlerinde; çevresel etkiler, teknolojik geliŖmeler, çalıŖma ortamı, proje türü, çalıŖanların demografik koŖulları, iletiŖim ve koordinasyon, kaynakların doğru dağılımı, zaman kayıplarının önlenmesi gibi birçok faktör dikkate alınmaktadır.

Endüstri 4.0 ile birlikte İSG ile iliŖkili olarak tehlikeli iŖlerde yeni teknik ve teknolojilerin kullanılması, yenilikçi eğitim metotları, sürekli saha takibi, iletiŖim, veri güvenliği, ekipman kontrolleri gibi birçok alanda yararlanılmaktadır. Bu nedenle proje yönetimi, risk yönetimi ve İSG yönetimi çerçevesinde projeler başlamadan önce faaliyetlere uygun değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Yürütölen faaliyetlerde ve çalıŖan niteliklerinin geliŖtirilmesinde geleneksel yaklaŖımların benimsenmesi, yatırımların maliyetleri arttırabileceği algısı ile daha büyük kayıpların ön görölememesi proje süreçlerinde çok yönlü zararlara neden olmaktadır. Bu Ŗekilde proje süreçlerinde verimlilik, sürdürülebilirlik, güvenlik ve güvenilirlik artacaktır. Bu noktada Endüstri 4.0 ile gelen yeniliklere yapılacak yatırımları teŖvik eden politikaların geliŖtirilmesi ve bu alanda farkındalıkların arttırılması önem taşımaktadır. Bu kapsamda İnŖaat 4.0 ve İSG 4.0 entegrasyonu kaçınılmaz olmaktadır. Proaktif yaklaŖımlar benimsenerek teknik ve teknolojik geliŖmelere, nitelikli çalıŖan istihdamına, sağlıklı ve güvenli çalıŖma ortamlarına ulaŖmak için Endüstri 4.0'ın temel bileŖenlerini sektör sorunlarını çözümlenici Ŗekilde uyarlamak sadece Ŗirketler için değil sağlayacağı geliŖmeler ile ölkeler için de önemli bir fark oluŖturacaktır. Bu nedenlerle geliŖimlerin desteklenmesi, süreçlerin hızlandırılması ve kontrolünün sağlanması için yasal düzenlemelerin de adaptasyonu önemlidir. Bu kapsamda İSG politikalarında benimsenen yaklaŖımın yasalara doğru orantılı yansması ve bu politikalar açısından bağlayıcı yasal düzenlemelerin teknolojik ve bilimsel geliŖmelere uyarlanabilmesi de gerekmektedir. Aksi durumda Endüstri 4.0, İnŖaat 4.0 ve İSG 4.0 entegrasyonunda iŖverenler ve sektörel yönelim hızlarına bağlı bir süreç yürütölecektir. Bu durum yenilikçi yaklaŖımlara entegrasyonu yavaŖlatabilecek bir unsurdur. Yapılan literatür çalıŖmaları ve saha araŖtırmaları da ölkelerin politikalarına, bakıŖ açılarına, ekonomik gücüne, sektörel alışkanlıklarına göre bir yönelim gösterdiğini desteklemektedir. Bu nedenle spesifik çalıŖmalar sunulabilmekte ancak yaygın etki oluŖturacak düzeyde faaliyetler görölememektedir. Ek

olarak proje türü (bina, kanal, tünel, karayolu vb.) de dikkate alınarak tehlike ve risk yönetimi benimsenmesi, ihtiyaçlara uygun spesifik çözümlerin sunulması önem taşımaktadır. Bu noktada inşaat sektöründe çalışmaların sağlıklı ve güvenli bir şekilde yürütülmesinden sorumlu her kademe çalışanın gerekli teknik bilgi ve donanımına sahip olması da göz ardı edilmemesi gereken konular arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada inşaat sektöründe Endüstri 4.0 entegrasyon sorunlarına dikkat çekilmektedir. Endüstri 4.0 süreçlerine adaptasyonun gerekliliğine ve sağlanacak olumlu sonuçlara dikkat çekilmektedir. Bu kapsamda yapılan tüm literatür ve saha araştırmaları, yaşanan ya da yaşanabilecek tüm kayıplarda etkili rol oynayan İSG yönetim bakış açısı ile değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonucunda Endüstri 4.0, İnşaat 4.0 ve İSG 4.0 konularına bütüncül yaklaşımın kaçınılmaz olduğu vurgulanmaktadır. Bu kapsamda dikkate alınması ve geliştirilmesi gereken hususlara ilişkin öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Teknolojik gelişmelere entegrasyonda multidisipliner yaklaşımlar benimsenmelidir.
- Sahalarda yenilikçi yaklaşımları teşvik edebilmek için farkındalık çalışmaları artırılmalıdır.
- Yenilikçi yaklaşımlara entegrasyon yasalar ile desteklenmelidir.
- Çalışmalar projeye başlamadan önce planlanmalı ve bir süreç yönetimi benimsenmelidir.

## KAYNAKÇA

Abukhashabah, E., Summan, E. ve Balkhyour, M. (2019). Causes of occupational accidents and injuries in construction Industry in Jeddah City, *Journal of King Abdulaziz University The Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture*, 28(1), 105–116. Doi: <http://dx.doi.org/10.4197/met.28-1.9>

Adeyemo, O. ve Smallwood, J. (2017). Impact of occupational health and safety legislation on performance improvement in the Nigerian construction industry, *Creative Construction Conference Procedia Engineering*, 196, 785–791. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.008>

Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A. ve Kennedy, I. B. (2020). Industrial revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders, *Ain Shams Engineering Journal*, 11, 225–230. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.010>

Aliyev, A., Zhou, B., Hevesi, P., Hirsch, M. ve Lukowicz, P. (2020). HeadgearX: a connected smart helmet for construction sites, *UbiComp-ISWC '20: Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 184–187. Doi: <https://doi.org/10.1145/3410530.3414326>

Anuar, K.F. ve Abidin, M.H.I.Z. (2015). The challenges in implementing building information model (BIM) for SME's contractor in the construction industry, *Infrastructure University Kuala Lumpur Research Journal*, 3(1), 40-49.

Asadi, A., Alsubaey, M. ve Makatsoris, C. (2015). A machine learning approach for predicting delays in construction logistics, *International Journal of Advanced Logistics*, 4 (2), 115-130. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/2287108X.2015.1059920>

Asgard, T. ve Jorgensen, L. (2019). Health and safety in early phases of project management in construction, *International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies, Procedia Computer Science*, 164, 343–349. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.192>

Autodesk, *Strategic Industry Foresight: The Digitalization of Infrastructure*, (2017).

Chantawit, D., Hadicusumo, B.H.W. ve Charoenngam, C. (2005). 4D CAD-safety: Visualizing project scheduling and safety planning, *Construction Innovation*, 5(2), 99– 114. Doi: <https://doi.org/10.1108/14714170510815203>

Endroyo, B., Yuwono, B. E., Mardapi, D. ve Soenarto, (2015). Model of learning/training of occupational safety ve health (OSH) based on industry in the construction industry, *The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5) Procedia Engineering*, 125, 83 – 88. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.013>

Hager, I., Golonka, A. ve Putanowicz, R. (2016). 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? *Procedia Engineering*, 151, 292-299. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.357>

Kafadar, C. (2020). *Ŗantiye Dergisi*, 383, 28-29, <https://www.santiye.com.tr/edergi/383/28/>

Kafadar, C. (2021). *Ŗantiye Dergisi*, 385, 44-45, <https://www.santiye.com.tr/edergi/385/44/>

Ku, K. ve Mills, T. (2010). Research needs for building information modeling for construction safety, *International Proceedings of Associated Schools of Construction 45nd Annual Conference*. Corpus ID: 29682199

Lau, N. S., Aminudin, E., Zakaria, R., Saar, C. C., Abidin, N. I., Roslan, A. F., Hamid, Z. A., Zain, M. Z. M., Lou, E. ve Shaharuddin, A. B. (2019). Revolutionizing the future of the construction industry: strategizing and redefining challenges, *WIT Transactions on The Built Environment*, 192, 105-115. Doi: <https://doi.org/10.2495/bim190101>

Lee, J., Cameron, I. ve Hassall, M. (2019). Improving process safety: What roles for digitalization and industry 4.0?, *Process Safety and Environmental Protection*, 132, 325–339. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.10.021>

Lee, Y. C., Shariatfar, M., Rashidi, A. ve Lee, H. W. (2020). Evidence-driven sound detection for prenotification and identification of construction safety hazards and accidents, *Automation in Construction*, 113, 103127. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103127>

Li, J. ve Yang, H. (2017). A research on development of construction industrialization based on BIM technology under the background of industry 4.0, *13th Global Congress on Manufacturing and Management (GCM 2016)*, 100, 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710002046>

Oesterreich, T. D. ve Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry*, 83, 121–139. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>

Sulankivi, K., Zhang, S., Teizer, J., Eastman, C.M., Kiviniemi, M., Romo, I. ve Granholm, L. (2013). Utilization of BIM-based automated safety checking in construction planning, *CIB World Congress*, 1-11.

Turner, C.J., Oyekan, J., Lampros, S. ve Griffin, D. (2020). Utilizing industry 4.0 on the construction site: challenges and opportunities, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 746–756. Doi: <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3002197>

U.S. Bureau of Labor Statistics (2012). Census of Fatal Occupational Injuries Summary, <http://www.bls.gov/news.release/cfoi.nr0.htm> (Erişim tarihi: 02.03.2021)

Yingchuang Building Technique (WinSun) (2016). [www.yhbm.com](http://www.yhbm.com)

Yoon, S. J., Lin, H.K., Chen, G., Yi, S., Choi, J. ve Rui, Z. (2013). Effect of occupational health and safety management system on work-related accident rate and differences of occupational health and safety management system awareness between managers in South Korea's construction industry, *Safety and Health at Work*, 4, 201-209. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2013.10.002>

Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C.M. ve Teizer, J. (2015). BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning, *Safety Science*, 72, 31-45. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001>

3D print canal house, (2016). <http://3dprintcanalhouse.com/construction-technique> (EriŖim tarihi: 02.03.2021).

# Rafineri İnŖaatındaki Boru TaŖıma Hatları Üzerindeki Elle Kablo Çekme Prosesinin OWAS Yöntemi ile Analizi

**Hakan Erdoğan**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0001-8351-7969)

**Mustafa Yağımli**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-4113-8308)

## GİRİŖ

Ergonomi çeŖitli bilimleri ve bilgi alanlarını disiplinlerarası bir yolla kullanan bir tekniktir. Ergonomik yaklaŖımlarla, sadece iŖ kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi değil çalıŖanların ruhsal ve fiziksel iyilik hallerinin korunması ve geliŖtirilmesi için çalıŖma ortamında ve Ŗartlarında iyileŖtirme yapılması, çalıŖanlara uygun hale getirilmesi sağlanabilir. Böylece hem çalıŖanların iŖ sağlığı ve güvenliği sağlanır hem de performansları artırılabilir.

Bir alıŖma prosesinin ve ortamının ergonomik olabilmesi için beŖ ölçüt dikkate alınmalıdır:

1. *Yapılabilirlik:* alıŖmanın gerektirdiği iŖlemlerin ve yüklenmelerin kiŖinin biyolojik yeteneklerinin sınırları içerisinde olması gerekmektedir.
2. *Dayanılabilirlik:* Yapılabilirlik ölçütünün zaman boyutuyla iliŖkilendirilmiŖ biçimidir. Bir alıŖma sisteminin ergonomik olabilmesi için, o çalıŖma sisteminin kiŖiden beklediği yetenek düzeyinin, performans sınırları içerisinde olması gerekmektedir.
3. *Kabul edilebilirlik:* alıŖma sistemindeki koŖulların toplumsal değer yargılarına uygun ve çalıŖanlar tarafından kabul edilebilir olması gerekmektedir.
4. *HoŖnutluk:* Yapılan alıŖmanın çalıŖanın hoŖuna gitmesi gerekmekte, bunun için de öncelikle kiŖinin yeteneklerine uygun olması ve beklentilerini karŖılaması gerekmektedir.
5. *Kendini gerekleŖtirebilirlik:* alıŖmanın kiŖinin kendisini geliŖtirmesine katkıda bulunması gerekmektedir (Turan, 2007).

*Kas İskelet Sistemi (KİS);* kaslar, lifler, bağlar, sinirler, diskler ve kan damarlarını etkileyen yaralanma ve rahatsızlıklardır. KİS rahatsızlıkları sonucu ortaya çıkan rahatsızlıklar çok yönlü ve farklı olabilmektedir (Van der Beek ve Frings-Dressen, 1998). Sürekli tekrarlanan veya yanlış postürler, aşırı güç kullanımı iŖ sağlığı ve güvenliği açısından KİS'in ana sebeplerini oluŖturmaktadır. Yapılan araŖtırmalara göre KİS'in geliŖmesinde iŖ ile ilgili önemli risk etmenlerinin; fiziksel (Winkel ve Mathiassen,1994), psikososyal /organizasyonel (Bongers vd., 1993) ve kiŖisel etkenlere bağlı olarak geliŖtięi ifade edilmektedir (Armstrong vd., 1993).



KİS rahatsızlarının azaltılması ergonomik risk değerlendirmelerinin metodolojilerden birisinin veya birkaçının birlikte kullanılarak elde edilen sonuçlara göre iyileştirme ve düzeltici faaliyetlerin yapılması ile sağlanabilir. Rafineri inşaatında özellikle farklı yükseltilerde ve uygun olmayan çalışma ortamlarında yanlış postürlere bağlı çalışanlarda KİS rahatsızlıklarına bağlı geçici iş göremezliğin yüksek oranda olduğu iş yeri sağlık birimi tarafından tespit edilmiştir. Bu kapsamda çalışmamızda rafineri inşaatındaki boru taşıma hatları üzerindeki elle kablo çekme prosesinin OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System) yöntemi ile analizi yapılmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

OWAS yöntemiyle yapılan birçok çalışma sonucunda hatalı postürlerin düzeltilmesi ve çalıştırma ortamında düzenlemeler yapılması konusunda öneriler getirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalar; Endüstride Çalışma Duruşlarının Gözlemlenmesi: OWAS Yöntemiyle Endüstride Postür Uygulama Örnekleri (Karhu vd., 1981), Market Çalışanlarının Duruşlarının İncelenerek Ergonomik Önleyici Tedbirlerin Alınması, Ambulansta Çalışanların Duruşlarına Bağlı Sorunları (Carrasco vd., 1995), Kutuların Kaldırılmasındaki Postürel Rahatsızlıkların İncelenmesi (Olendorf ve Drury, 2001), Marangozların Bel Ağrılarının OWAS ve 2D Yöntemleriyle Karşılaştırılarak Ergonomik Değerlendirmesi (Gilkey vd., 2007), OWAS Tekniği İle Kaynakçıların Duruş Değerlendirmesi (Soltani v., 2011), OWAS Yöntemini Kullanarak İş Yükü Analizi (Lasota, 2013), OWAS Yöntemi ile Lastik Üretiminde Çalışma Duruşlarının Analizi (Esen, Hatipoğlu ve Fığlalı, 2015), OWAS Yöntemi Kullanılarak Bir Tavuk Kanadı Kesim Sektörünün Analizi (Sophia vd., 2019), OWAS Yöntemi ile Fosforik Asit Dolum Aktivitelerinin İş Yükü Analizi (Ginting ve Suwandira, 2020) ve OWAS Yöntemi Kullanılarak İnşaat İşlerinde Duvar İnşa Faaliyetlerinin Çalışma Duruş Analizi (Iqbal vd., 2021) olarak verilebilir.

Bu çalışmada yer alan rafineri inşaatında kablo çekme işlemi ile ilgili, literatürde ergonomik risk değerlendirmesinin olmadığı görülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### ***Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri***

İnsan gücü hızla gelişen teknolojiye rağmen halen vazgeçilemeyen fiziksel bir ihtiyaçtır. İnsan gücü kullanımı gerektiren işlerde uygun olmayan postürler KİS rahatsızlıkları ile üretim verimsizliğine ve iş devamsızlıkta artışa neden olmaktadır. Postür, kuvvet ve zaman dizisi parametrelerinin bir fonksiyonu olarak kas iskelet sistemine yüklenmesiyle KİS rahatsızlıklarının arttığı görülmüştür. Uygun iş yüklenmesi ile rahatsızlıklar azaltılabilir. Biyomekanik unsurlar, postürler ve uygulanan kuvvet (yük) çalışma istasyonlarında belirlenmiş en önemli faktörlerdir. Yüklenmenin frekansı, periyodu ve süresi oldukça önemlidir. Biyomekanik faktörler kas iskelet sistemine yapılan yüklenmelerin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Vücudun aynı kısımlarının aynı hareketleri yapması ve ara dinlenmelerinin yetersiz olması halinde KİS rahatsızlıklarının oluşum riski artmaktadır. Yüksek oranda tekrarlanmalı işler dokusal hasarlara bağlı olarak ağrı ve rahatsızlığa yol açabilmektedir. Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri bu değerlendirmeleri yapabilmek için kullanılmaktadır (Roman-Liu, 2013).

Kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını değerlendirme amaçlı geliştirilen ergonomik risk yöntemleri genel olarak üç kategoriye ayrılmaktadır:

1. *Direkt ölçüm yöntemleri:* Postürleri analiz etmek için birçok direkt ölçüm metodu geliştirilmiştir. Bu ölçüm yönteminde; açölçer, biyomekanik analiz araçları, elektromiyografi, aç sapmaları, kas faaliyetleri ve optik araçlar kullanılmaktadır (Özel ve Çetik, 2010).
2. *Sistematik Gözlemlere Dayalı Yöntemler:* KİS hastalıklarının oluşumundaki risklerin sistematik olarak tespiti ve kantitatif olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş yöntemlerdir. Geliştirilmiş gözleme dayalı ve basit gözleme dayalı yöntemler şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Dinamik çalışmaların çokluk gösterdiği postürlerin değerlendirilmesinde videoya dayalı gözlemleri de içeren yöntemler gelişmiş gözlem yöntemleridir. Bu video görüntüleri geliştirilen özel bilgisayar yazılımları vasıtasıyla analiz edilip değerlendirilmektedir. Gelişmiş gözleme dayalı yöntemler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Gelişmiş gözleme dayalı yöntemler

Human Builder Model	RAMSIS Model
SANTOS	ANYBODY
3DSSPP	The Visual Decision Platform (VDP)
HumanCAD	Boeing Human Modeling
Sammie Cad	OpenSIM
LifeMod	Pro Engineer Manikin
Ergo man	Jack Model
3D Match	Make Human
MADYMO	TRAC

Basit gözleme dayalı yöntemlerde önceden belirlenmiş tablolara göre gözlemlenen işle ilgili duruşlar değerlendirilmektedir. Video veya fotoğraf makinesi verilerinin değerlendirilmesi için özel yazılımlara ihtiyaç yoktur. Basit gözleme dayalı yöntemler Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu çalışmada OWAS yöntemi kullanılmıştır.

### ***Kişisel Anket Yöntemleri***

KİS hastalıklarına neden olan risklerin değerlendirilmesi uygulanan çok sayıda kontrol çeklistleri ve özel anketler vardır. Etkif olmaları, ucuz olmaları ve uygulama kolaylığı sağladığından sıkça tercih edilirler. Öte yandan KİS hastalıklarıyla ilgili söylemlere dayanan veriler şüphelidir. Kişisel anket yöntemlerine göre diğer metotlar daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Kişisel anket yöntemlerinde kullanılan metotlar Tablo 3’te verilmiştir.

Ergonomik risk değerlendirmesi yapılırken kullanılacak yöntemi seçerken uygulanacak kriterler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

1. Çok detaylı bir ergonomik risk değerlendirmesine ihtiyaç olup olmadığı belirlenmelidir. KİS rahatsızlıklarının nedenselliği açıkça anlaşılır değilse ya da riskin nedeni üzerinde fikir birliği sağlanamamışsa derinlemesine bir risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

Tablo 2. Basit gözleme dayalı yöntemler

Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment-REBA)	Ovako alışma Duruşları Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System-OWAS)
Anahtar Gösterge Yöntemi (Key Indicator Method-KIM)	Keyserling Kontrol Listesi (Keyserling Checklist)
El ile Taşıma Değerlendirme izgileri (Manual Handling Assessment Charts-MAC)	Psikofizik Tablolar (Psychophysical Tables)
Ergonomik Tehlikelerin Tanımlanmasına Yönelik Kontrol Listesi (Plan for Identifying av belastningsfaktorer-PLIBEL)	Mesleki Tekrarlamalı Hareketler Kontrol Listesi (Occupational Repetitive Actions Checklist-OCRA Checklist)
Snook Tabloları (Snook Tables)	Mital vd. Tabloları
Zorlanma İndeksi (The Strain Indeks-IS)	Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi (Quick Exposure Check-QEC)
Amerikan Endüstriyel Hijyenistler Konferansı Yük Kaldırma Eşiği (American Conference of Industrial Hygienists Lifting TLV-ACGIH TLV)	Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü Yük Kaldırma Endeksi (Revised National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH) Lifting Equation)
El Aktivitesi Düzeyi (Hand Activity Level-ACGIH HAL)	Hızlı Üst Uzun Değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assesment-RULA)
Kümülatif Travma Rahatsızlığı İndeksi (The Cumulative Trauma Disorder Risk Index-CTD RAM)	Üst Vücut Yüklenmesi Analizi (Postural Loading on the Upper Body-LUBA)
Mesleki Tekrarlamalı Hareketler İndeksi (Occupational Repetitive Actions Index-OCRA)	El ile Yapılan Görevler için Risk Değerlendirme Aracı (Manual Tasks Risk Assessment Tool-ManTRA)
Üst Ekstremitte Tekrarlı Görevleri İçin Değerlendirme Aracı (Assessment Tool For Repetitivite Tasks of the Upper Limbs-ART)	Risk Filtresi ve Risk Değerlendirme alışma Sayfası (Risk Filter and Risk Assessment Worksheet)
SOBONE Gözlem Rehberi-KİSR (SOBONE Observation Guide-MSDS)	

Tablo 3. Kişisel Anket Yöntemleri

Hissedilen çaba derecesine dayanan İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri (Swedish Occupational Fatigue Inventory, SOFI)	Standardize Edilmiş İskandinav KİS Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire-NMQ)
Vücut Rahatsızlık haritası (Body Discomfort Map)	Hissedilen Çaba Derecesi (Rating of Perceived Exertion - RPE)
Alman KİSR Anketi (Dutch Musculoskeletal Discomfort Questionnaire)	Cornell Kas İskelet Sistemi Rahatsızlığı Taraması (Cornell Musculoskeletal Discomfort Survey)

2. Çalışma ortamındaki tüm görevler ve alt görevler detaylı bir şekilde incelenmelidir. İşyerinde çalışanlarla görüşmeler yapılarak tüm rollerin gözlemlenmesi ve belgelendirilmesi gerekmektedir.
3. Araştırılması gereken rollerde ve bu görevlerde KİS rahatsızlıkları oluşumundan etkilenen tüm vücut bölümüne göre kullanılacak ergonomik risk değerlendirme metodolojisi belirlenmelidir. İşyeri dışından yetkin kişilerden gerekmesi halinde yardım alınmalıdır.
4. Hangi ergonomik risk değerlendirme metodolojisinin kullanılacağına karar verilmelidir. Burada dikkat edilecek husus ergonomik risk değerlendirmesini gerçekleştirecek kişilerin uygun eğitim alıp almadığının göz önünde bulundurulmasıdır. Eğer eğitim ihtiyacı varsa sağlanmalıdır. Metodolojinin uygulanacağı süre ve ekipman gereksinimi de planlanmalıdır.

### **Deney/Test Grupları**

Bu çalışma, Volgograd Deep Conversion Projesindeki elektrik grubunda çalışan 135 işçi ile gerçekleştirilmiştir. Proje revirindeki iş yeri hekiminden altı aylık süreç içerisinde alınan raporlara göre 21 çalışanda hafif bel ağrısı, 12 çalışanda şiddetli bel ağrısı, 14 hafif düşük el ve bacak ağrısı, 9 şiddetli el ve bacak ağrısı ve 17 yumuşak doku yaralanması olduğu görülmüştür. Geçici iş göremezlik ise toplamda 448 gün olmuştur.

Rafineri inşaatındaki boru taşıma hatları üzerindeki elle kablo çekme prosesi ve çalışanın maruz kaldığı kuvvetin tespitinde kullanılan

mekanik kuvvet ölçerler Ŗekil 1’de gösterilmiŖtir. Ortalama kuvvetlerin çekme mesafesine göre 10 ile 15 kg arasında olduğu ölçülmüŖtür.







*Ŗekil 1. Rafineri inŖaatındaki boru taŖıma hatları üzerindeki elle kablo çekme ve mekanik kuvvet ölçer*

### **OWAS Yöntemi**

OWAS, Finlandiya’da metal sektöründe geliŖtirilen ve çalıŖanların KİS rahatsızlıklarına neden olan hatalı postürlerin gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme metodudur. ÇalıŖanların çalıŖma süresince yaptıkları hareketleri fotoğrafları bu yöntemde Ŗematik olarak belirtilmiŖtir. Yöntem farklı postürlerin çalıŖma dilimindeki yüzdesine dayalı bir iŖ örneklemesidir (Akay vd., 2003). Bacaklar, kollar, sırt ve yüklenmenin/kuvvet kullanımının kaydı 4 kod vasıtasıyla tutulmaktadır. Farklı postürler için frekans ve harcanan zaman da değerlendirmede yer almaktadır (Karwowski ve Marras, 1999). Her bir postür için harcanılan zaman ve o postürün frekansı (sıklığı) değerlendirilir. Değerlendirmede postürlerin kaydedilmesi süresinde fotoğraflama veya videoya çekme yöntemleri kullanılabilir. Analiz sürecinde değerlendirilen iŖe göre uzun süreli faaliyetlerde on beŖ saniye, kısa süreli faaliyetlerde ise beŖ saniye ara ile çalıŖma postürünün kaydedilip değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sırt postüründe dört farklı postüre karşılık gelen kodlar mevcuttur. Tablo 4’deki gibi omuzlar ile kalça arasındaki açının ve kalça-bacak ve baş arasındaki çizgi açısının 20 dereceden az olma durumu kod 1 olarak, üst ekstremitesinin öne ve arkaya 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi kod 2 olarak, sırtın dönmesi veya yan taraflara 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi kod 3 olarak ve sırtın eğildiği ve eŖ zamanlı olarak dönmesi ise kod 4 olarak tanımlanmıŖtır (Menegon vd., 2012).




Tablo 4. Sırt postüründe dört kodun karşılıkları

	Tanımlama	Postür	Kod
	Omuzlar ile kalça arasındaki açının ve kalça-bacak ve baş arasındaki çizgi açısının 20 dereceden az olma durumu	Düz	1
	Üst ekstremitesinin öne ve arkaya 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Eğik	2
	Sırtın dönmesi veya yan taraflara 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Dönük	3
	Sırtın eğildiği ve eş zamanlı olarak dönmesi	Eğik ve dönük	4








Kol postüründe üç kodun karşılıkları Tablo 5’te gösterilmiştir. Buna göre kolların tamamen omuz seviyesinden aşağıda olması hali 1 puan, herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması hali 2 puan ve her iki kolun da omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması hali 3 puan ile değerlendirilmiştir (Menegon vd., 2012).

Bacak postüründe yedi kodun açıklaması Tablo 6’da gösterilmiştir. Kalça üzerinde vücut ağırlığının desteklenmesi 1 puan, diz açısının 150 dereceden az olması ve iki düz bacakla vücut ağırlığının desteklenmesi 2 puan, diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağın düz pozisyonda olup ağırlığın bu bacakla desteklenmesi 3 puan, iki dizin de eğilmesinin 150 dereceden az olması ve dizlerin eğilmesine bağlı olarak vücut ağırlığının her iki bacağına binmesi 4 puan, diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağına ağırlığın binmesi ile dizin eğilmesi 5 puan, bir diz ya da iki diz üzerinde diz çökme 6 puan ve çalışma çevresi etrafına işçinin hareketliliği 7 puan olarak değerlendirilmiştir (Menegon vd., 2012).

Tablo 5. Kol Postüründe Üç Kodun Karşılıkları

	Tanımlama	Postür	Kod
	Kolların tamamen omuz seviyesinden aşağıda olması	Kollar omuz seviyesinden aşağıda	1
	Herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Bir kol omuz seviyesinden yukarıda veya aynı seviyede	2
	Her iki kolun da omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Her iki kolun iki numaralı kodda belirtildiği gibi olması	3

Tablo 6. Bacak postüründe yedi kodun karşılıkları

	Tanımlama	Postür	Kod
	Kalça üzerinde vücut ağırlığının desteklenmesi	Oturma postürü	1
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve iki düz bacakla vücut ağırlığının desteklenmesi.	Düz ayakta duruş	2
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağın düz pozisyonda olup ağırlığın bu bacakla desteklenmesi.	Bacak düz şekilde ayakta duruş	3
	İki dizin de eğilmesinin 150 dereceden az olması ve dizlerin eğilmesine bağlı olarak vücut ağırlığının her iki bacağına binmesi.	Eğilmiş bacak üzerinde çömelmiş	4
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağına ağırlığın binmesi ile dizin eğilmesi.	Eğilen bacak üzerinde ayakta durma veya çömelme postürü	5
	Bir diz ya da iki diz üzerinde diz çökme	Dizlerden çökme	6
	Çalışma çevresi etrafına işçinin hareketliliği.	Yürüyüş	7



Kuvvet/yüklenme kullanımı için kullanılan kodlar Tablo 7’de gösterilmiştir. Kaldırılan yük ya da gereksinim duyulan kuvvet 10 kg veya daha az ise 1 puan, yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg’dan az 10 kg’dan çoksa 2 puan ve yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg’dan çoksa 3 puan olarak değerlendirilmektedir (Menegon vd., 2012).

Tablo 7. Kuvvet/yüklenme kullanımı için üç kod

Tanımlama	Kuvvet / yüklenme	Kod
Kaldırılan yük ya da gereksinim duyulan kuvvet (10 kg veya daha az)	≤10 kg	1
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg’dan az 10 kg’dan çoktur.	≤20 kg >10 kg	2
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg’dan çoktur.	>20 kg	3

Belirlenmiş farklı postür birleşimi için eylem kategorileri Tablo 8’de gösterilmiştir (Menegon vd., 2012).

Tablo 8. Belirlenmiş Farklı Postür Birleşimi İçin Eylem Kategorileri

Sırt	Kollar	1		2			3			4				5			6			7			Bacaklar Kuvvet kullanımı
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Belirlenmiş farklı postür birleşimi için eylem kategorileri tablosundan elde edilen nihai puanlar eylem durumlarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. 1 puan C1, 2 puan C2, 3 puan C3 ve 4 puan C5 olarak ifade edilir. Eylem koduna göre yapılan işle ve işyeri ile ilgili alınması gereken düzeltici faaliyetler Tablo 9’da gösterilmiştir (Menegon vd., 2012).





Tablo 9. OWAS metodolojisi eylem durumları

Eylem Kodu	Eylem Durumu	Açıklama
C1	Kas iskelet sistemine zararsız normal postür	Eylem gerekmez.
C2	Kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.
C3	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürdür.	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
C4	Kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

### **OWAS Yönteminin Elle Kablo Çekme Prosesine Uygulanması**

Çalışmamızda elle kablo çekme prosesinde sırt postürü eğik ve dönük olarak tanımlanmış ve 4 puan olarak belirlenmiştir (Tablo 10).




Tablo 10. Elle kablo çekme prosesinde sırt postürünün kodu

	Tanımlama	Postür	Kod
	Omuzlar ile kalça arasındaki açının ve kalça-bacak ve baş arasındaki çizgi açısının 20 dereceden az olma durumu	Düz	1
	Üst ekstremitelerinin öne ve arkaya 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Eğik	2
	Sırtın dönmesi veya yan taraflara 20 derece ve üzerindeki açıyla eğilmesi	Dönük	3
	Sırtın eğildiği ve eş zamanlı olarak dönmesi	Eğik ve dönük	4








Çalışmamızda elle kablo çekme prosesinde kol postürü herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması şeklinde değerlendirilmiş ve 2 puan olarak belirlenmiştir (Tablo 11). Çalışmamızda elle kablo çekme prosesinde bacak postürü çalışma

çevresi etrafına işçinin hareketliliği olarak değerlendirilmiş ve 7 puan olarak belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 11. Elle kablo çekme prosesinde kol postürünün kodu

	Tanımlama	Postür	Kod
	Kolların tamamen omuz seviyesinden aşağıda olması	Kollar omuz seviyesinden aşağıda	1
	Herhangi bir kolun omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Bir kol omuz seviyesinden yukarıda veya aynı seviyede	2
	Her iki kolun da omuz seviyesinden yukarıda olması veya aynı seviyede olması	Her iki kolun iki numaralı kodda belirtildiği gibi olması	3

Tablo 12. Elle kablo çekme prosesinde bacak postürünün kodu

	Tanımlama	Postür	Kod
	Kalça üzerinde vücut ağırlığının desteklenmesi	Oturma postürü	1
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve iki düz bacakla vücut ağırlığının desteklenmesi.	Düz ayakta duruş	2
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağın düz pozisyonda olup ağırlığın bu bacakla desteklenmesi.	Bacak düz şekilde ayakta duruş	3
	İki dizin de eğilmesinin 150 dereceden az olması ve dizlerin eğilmesine bağlı olarak vücut ağırlığının her iki bacağına binmesi.	Eğilmiş bacak üzerinde çömelmiş	4
	Diz açısının 150 dereceden az olması ve herhangi bir bacağına ağırlığın binmesi ile dizin eğilmesi.	Eğilen bacak üzerinde ayakta durma veya çömelme postürü	5
	Bir diz ya da iki diz üzerinde diz çökme	Dizlerden çökme	6
	Çalışma çevresi etrafına işçinin hareketliliği.	Yürüyüş	7

Çalışmamızda elle kablo çekme prosesinde ölçümde 10 ile 15 kg arasında kuvvet olduğu görülmüş ve 2 puan olarak değerlendirilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Elle kablo çekme prosesinde kuvvet/yüklenme kullanımının kodu

Tanımlama	Kuvvet / yüklenme	Kod
Kaldırılan yük ya da gereksinim duyulan kuvvet (10 kg veya daha az)	$\leq 10$ kg	1
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg'dan az 10 kg'dan çoktur.	$\leq 20$ kg $> 10$ kg	2
Yük veya gereksinim duyulan kuvvet 20 kg'dan çoktur.	$> 20$ kg	3

Çalışmamız için sırt postürü için 4 puan, kolların postürü için 2 puan, bacakların postürü için 7 puan ve kuvvet kullanımı için 2 puan belirlenmişti. Bunlar Tablo 5 kullanılarak kesleştirildiğinde nihai olarak eylem durumunda kullanacağımız 3 puana ulaşırız (Tablo 14).

Tablo 14. Belirlenmiş Farklı Postür Birleşimi İçin Eylem Kategorileri

Sırt	Kollar	1			2			3			4			5			6			7			Bacaklar Kuvvet kullanımı	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	7	2
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1		
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1		
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3		
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	2	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1		
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1		
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1		
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4		
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	4		
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		

Rafineri inşaatındaki boru taşıma hatları üzerindeki elle kablo çekme prosesinin nihai skoru C3'e göre kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanması sonucu elde edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. OWAS metodolojisi eylem durumları

Eylem Kodu	Eylem Durumu	Açıklama
C1	Kas iskelet sistemine zararsız normal postür	Eylem gerekmez.
C2	Kas iskelet sistemine bazı zararlı etkileri olan postürler	Yakın bir dönemde düzeltici faaliyetler yapılmalıdır.
C3	Kas iskelet sistemine zararlı etkilere sahip postürler	Kısa sürede düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.
C4	Kas iskelet sistemine ciddi etkilere sahip postürler	Acilen düzeltici faaliyetler uygulanmalıdır.

## SONUÇ

En yaygın karşılaşılan rahatsızlıklardan birisi olan kas iskelet sistemi rahatsızlıklarında hastaların çalışma öyküleri ve iş sürecindeki postürleri iyi bilinmelidir. Meslek hastalığı olarak tanımlanan KİS rahatsızlıkları ergonomik programlarının yürütülmesiyle azaltılabilmektedir. Kaza ve hastalık kayıtlarının tutulması, rahatsızlık belirtilerinin erken tanısı, sistematik incelemelerin yapılarak nitelikli sağlık hizmeti verilmesi, gerekli hallerde koruyucu iyileştirmelerin tedarik edilmesi, iş ve çalışma ortamının düzenli olarak yerinde denetlenmesi, doğru postürlere ilgili eğitim faaliyetlerinin yapılması, sağlık çalışanlarına kolay ulaşımın olması ve erken raporlamanın sağlanması rahatsızlıkların zamanında önlenmesi ve azaltılması için gereklidir.

Rafineride sağlık kayıtları incelendiğinde elle kablo çekme faaliyetinin KİS'e neden olduğu görülmektedir. OWAS metodunda sırt postüründe 4 kod, kol postüründe 3 kod, bacak postüründe yedi kod ve kuvvet / yüklenme kullanımı için üç kod kullanılmaktadır. Tespit edilen kodlara göre belirlenmiş farklı postür birleşimi için eylem kategorileri tablosundan elde edilen nihai koda karşılık gelen eylem durumu tespit edilmektedir. Rafineri inşaatındaki boru taşıma hatları üzerindeki elle kablo çekme prosesinin OWAS yöntemi ile analizi sonucunda kısa sürede düzeltici faaliyetlerin uygulamaya konması gerektiği elde edilmiştir. Volgograd Deep Conversion Projesinde yapılan işle ilgili aşağıdaki düzenlemeler hızlıca yapılmıştır.

- Çalışanlara doğru postür ile ilgili eğitimler verilmiştir.
- Mekanik ve hidrolik kablo çekme ekipmanları temin edilmiştir.
- Elektrik tavaları üzerindeki portatif makara sistemlerinin sayısı artırılmıştır.
- Çalışanların ara dinlenme periyotları ve süreleri artırılmıştır.
- Elle kablo çekme mesafeleri azaltılmıştır.
- Risk değerlendirmesi yenilenmiştir.

Düzeltici faaliyetler sonrasında çalışanların revir kayıtları yeniden incelenmiştir. Elektrik grubunda kablo çekim faaliyetinde bulunanların oranında % 64,38 azalma sağlanmış, altı aylık süreçte 16 kişide rahatsızlık gözlemlenmiştir. Geçici iş göremezlik süresi de 47 güne inmiştir. Kablo çekme işlerinde kayıp iş günü % 89,5 oranında azalmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Rusya'daki rafineri şantiyesini kullanmamıza izin veren Yamata Yatırım İnŖaat Turizm ve Ticaret A.Ŗ.'ye teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

Akay, D., Dağdeviren, M. ve Kurt M. (2003). Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3): 73-84.

Armstrong, T., Buckle, P. ve Fine, L. A. (1993). Conceptual model for work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*, 19: 73-84.

Bongers, P. de Winter C, Kompier, M. ve Hildebrandt, V. (1993). Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scand J Work Environ Health*, 19: 297-312.

Carrasco, C., Coleman, N., Healey, S. ve Lusted, M., (1995). Packing products for customers: An ergonomics evaluation of three supermarket checkouts. *Applied Ergonomics*, 26(2): 101-8.

Doormaal, M.T., Driessen, A.P., Landeweerd, J.A. ve Drost, M.R. (1995). Physical workload of ambulance assistants. *Ergonomics*, 38(2): 361-76.

Esen, H., Hatipoğlu, T., & Fığlalı, N. (2015). Analysis of working postures in tire production sector by OWAS method. In Proceedings of the World Congress on Engineering, London.

Gilkey, D.P., Keefe, T.J., Bigelow, P.L., Herron, R.E., Duvall, K., Hautaluoma, J.E., Rosecrance, J.S. ve Sesek, R. (2007). Low back pain among residential carpenters: ergonomic evaluation using OWAS and 2D compression estimation. *Int. J. Occup. Saf Ergon.* 13(3): 305-21.

Ginting R., Suwandira B., Work Load Analysis of Phosphoric Acid Filling Activities Using Ovako Working Analysis System (OWAS) Method, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1003:012072, 2020.

Iqbal, M., Angriani, L., Hasanuddin, I., Erwan, F., Soewardi, H., & Hassan, A. (2021, February). Working posture analysis of wall building activities in construction works using the OWAS method. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1082, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

Karhu, R. Härkönen, P. ve Sorvali, Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12 (1): 13-17.

Karwowski, W. ve Marras, S. (1999). *The Occupational Ergonomics Handbook*, 1st. Edition, Florida: CRC Press.

Lasota, A. (2013). Analiza obciążenia pracą metodą OWAS, *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, 16(3): 35-39.

Menegon, L., Campos, Q., Tonin, A., Sticca, G., Souza, J., Volpe, L. ve Rossi, T. (2012). Posture Observer for Ergonomic Observation, Posture Analysis and Reconstruction. ABD Patent: US 20120265104 A1.

Olendorf, M.R. ve Drury, C.G. (2001). Postural discomfort and perceived exertion in standardized box-holding postures. *Ergonomics*. 44(15): 1341- 67.

Özel, E. ve Çetik, O. Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar ve Bir Uygulama Örneği. *Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2010; Ağustos (22): 41-56.

Roman-Liu. D., Comparison of Concepts in Easy-to-use Methods for MSD Risk Assessment. *Applied Ergonomics* 2013; 45(3): 420-427.

Soltani, R., Deghani, Y., Sadeghi Naiini, H., Falahati, M. ve Zokaii, M. (2011). The welders posture assessment by OWAS technique, *tkj*. 3(1): 34-39.

Sophia Rosado, A., Garreto, C. ve Duarte, J. (2019). Analysis of a chicken wing cut sector using the OWAS method, *3<sup>rd</sup> doctoral Congress In Engineering*, Feup Porto-Portugal.

Turan, D. Endüstri İŖletmelerinde Günlük İŖ YaŖamında Uygulanan Ergonomi Metotlarının İncelenmesi (tez), İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Müh. ABD; 2007.

Van der Beek, A. ve Frings-Dressen, M. (1998). Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occup Environ Med*, 55: 29-299.

Winkel, J. ve Mathiassen, S. (1994). Assessment of physical work in epidemiology studies: concepts, issues and operational considerations. *Ergonomics*, 37: (979-988).



# Sürdürülebilir Rüzgâr Enerjisinin Kurulumunda Proje Yönetiminin Rolü

**Selime Döğer**

*İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-0262-7563)

**Fatma Serab Onursal**

*İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0001-6545-9291)

## GİRİŖ

Enerji sektöründe petrol, kömür, doğalgaz gibi emtiaların fiyatlarındaki değişimler ve kaynaklarındaki azalmalar, iklim değişikliği ile mücadelenin genişletilmesi, dünya nüfusundaki hızlı artış, sanayileşme, teknolojik araç ve gereçlerin insan hayatında yer alması ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyacın gün gün artması engellenememektedir. Gereksinimler beraberinde kaynak çeşitliliği problemini de getirerek tüm dikkatlerin yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çevrilmesine neden olmuştur. Özellikle fosil kaynaklı rezervlere sahip olmayan ülkeler, enerji arz ve güvenliklerini temin etmek amacıyla yakıt maliyetinin ve bağımlılığının olmadığı güneş, rüzgar, su ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulum ve kullanımını önceliklendirmiştir.

Fosil yakıtlar dünyamızdaki enerji talebinin ortalama %80'ini karşılamaktadır. 2030 yılındaki beklenti, kişi başına düşen enerji tüketiminin verimlilik ve tasarrufa yönelik çalışmalar ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle sabitleneceği, ancak nüfus artışına bağlı olarak toplam enerji talebinin ise %40, elektrik talebinin ise iki kat büyüyeceği öngörülmektedir. Artan talebin karşılanabilmesi için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve çevreye duyarlı kaynaklara verilen ağırlığın artması kaçınılmazdır (Ekmekçi, 2020).

Çeşitli teşvik mekanizmaları ile birçok ülke enerji tedarikinde yenilenebilir enerji payını artırmış ve artırmaya devam etmektedir. Yapılan araştırmalara göre 2040 yılında yenilenebilir enerji santralleri küresel enerji yatırımının üçte ikisini oluşturacaktır. McKinsey'e göre; 2040 yılına kadar Asya'da 1587 tane yenilenebilir enerji tesisi devreye girecektir. Son yıllardaki bu artışın daha çok merkezi termik santrallerden, dağıtık ve küçük ölçekli olan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru evrilen bir artım olduğu izlenmektedir (Terzioğlu, 2020).

Rüzgar Enerji Santral (RES)'lerinin kuruluş sorunlarının giderek arttığı günümüzde plan fikri olmayan yöneticilerin işleri çok zor olacaktır. Artan rekabet ortamında ve işlerin komplike hale gelmesi sebebiyle firmalar daha fazla koordineli, verimli ve optimum kaynak kullanılarak çalışmayı organize edebildikleri Proje Yönetim yaklaşımını yönetim tercihleri arasına almak zorundadırlar. Projelerdeki başarı, kıt kaynakların verimli kullanılabilmesi ile doğru planlamaya bağlı olması

sebebiyle uzun süreli, standart dışı, karmaşık projelerde uzmanlar, proje yönetimi ve tekniklerinin kullanılmasını önermektedir.

Rüzgâr Enerjisinin Kurulumunda da uzun süreli, karmaşık ve standart dışı oluşu sebebiyle proje yönetimi ve teknikleri uygulanarak başarılı olunması beklenmektedir.

Bu çalışmada, son derece karmaşık bir kurulum yapısı olan rüzgâr enerjisi santralının kurulumunun detayları paylaşılarak başarılı bir şekilde sonuçlandırılabilmesinin maliyetler ve süre kapsamında ülke ekonomisi açısından önemine dikkat çekilmek istenmiştir. Başarılı bir proje yönetimi için sürecin doğru takip edilmesi gerekliliği, proje yönetimi tekniklerinden yararlanılması hususu, süreçleri yönetecek grupların alanında uzman kişilerden oluşturulması zaruriyetinin vurgulanması amaçlanmaktadır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Yeni dünya düzeninde artan teknoloji kullanımı, fosil yakıtların giderek tükenmekte olduğu günümüzde temel ihtiyaçların karşılanabilmesi için alternatif enerji kaynakları arayışı sürmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması bu bağlamda kaçınılmaz görünmektedir.

Karaca ve Erdoğan (2012), yaptıkları çalışmada Türkiye’de rüzgar çiftliklerinden elektrik üretilmesiyle sağlanacak kazançlar üzerinde durmuş, özellikle fosil yakıt kullanımının çevreye ve sağlığa verdiği zararları azaltabilmek adına yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin uygun çözüm olduğunu, katlanılan içsel ve dışsal maliyetler açısından yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisinin üstünlüğünü vurgulamışlardır.

Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu’nda, Uslusoy vd. (2018) “Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi ve Uygulamaları” adlı çalışmalarında rüzgar enerjisinin önemini, kullanım kapasitesini ve rüzgar türbinlerini araştırmış, karada rüzgar çiftliklerini, deniz üzerinde kurulan sistemleri ve yapılarda kurulan sistemleri araştırarak, avantajlı ve dezavantajlı noktalarını bulmuşlardır.

Taşkın vd. (2020), çalışmalarında rüzgar santrallerinin ekonomik etkilerini incelemişlerdir. Anket ve görüşme tekniğiyle toplanan

verilerin analiz edilmesi sonucunda santralin ekonomik açıdan sınırlı etkiye sahip olduğu, bölgenin kalkınmasında araç olamayacağı, sadece inŖaat aŖamasında sağlanan vasıfsız iŖgücünün dönemlik ekonomik katkısı olduğu, iŖletim aŖamasında ise istihdamın sınırlı sayıda sürdürüldüğu tespit edilmiŖtir.

Öztürk (2020), çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgar enerjisinin ilk yatırım ve iŖletme maliyetleri göz önüne alındığında ön plana çıktığını ancak iŖletme ve bakıma önem verilmesi gerekliliğini vurgulamıŖtır. Duraksamaların olmaması için arızaların yüksek oranda nerelerden çıktığını araŖtırılmıŖ en çok arızalanan kısımların elektriksel aksamalar olduğu anlaŖılmıŖtır. Mekanik arızalara daha az rastlansa da duraksamalarının daha uzun süreler aldığı gözlemlenmiŖtir. Rüzgar türbinlerindeki arızaların nedenleri ile iŖletme ve bakım konuları detaylıca incelenmiŖtir.

Projelerde sadece proje yönetimini değil, ayrıca başarı kriterlerini de gözeten Proje yönetimlerinin daha başarılı olduğu, araŖtırmalar sonucunda ortaya çıkmıŖtır. Projelerin başarısı için kritik faktörleri bulmaya çalışan araŖtırmacılar (Tsiga vd., 2017; Radujkovic ve Sjekavica, 2017; Sanchez vd., 2017; Yuanyuan vd., 2019; Tama vd., 2020; Imam ve Zaheer, 2021) bu çalışmalarını petrol endüstrisi, bankacılık, finans, inŖaat, yazılım, biliŖim, bilgi teknolojileri gibi deđiŖik sektörlerde ele almıŖlardır.

## **PROJE YÖNETİMİNİN KAVRAMSAL ANLAMI**

Proje; bir fikir veya düşünceyi dile getirilmesidir. İlk sefere mahsus olarak özgün bir düşünceden ibarettir. Proje, bir sorunu ortadan kaldırmak ya da ihtiyacı karŖılamak için amaca yönelik, baŖlangıç ve bitiş zamanları belli, tek defaya mahsus yapılan bir organizasyon çerçevesinde gerçekleşen üretimdir (Kömürlü ve Toltar, 2018).

1860 yılında Amerika'da uluslararası taşımacılığın baŖlamasıyla birlikte büyük ölçekli projelerin gündeme gelmesiyle bir takım yöntemlerin geliştirilmesi ve kararların uygulanması proje yönetiminin temellerini oluŖturmuŖtur.

Frederick Taylor (1856-1915) ile yakın dönem yönetim danışmanlarından olan Henry Gantt (1861-1919); operasyonların detaylandırılması yöntemi olan Gantt Ŗeması ile projenin zaman çizelgesini oluŖturmuŖtur. Her aŖamaya ait aktiviteleri ve iŖ kırılım

yapılarını en iyi açıklayan yöntemdir ve günümüzde de etkin kullanılmaktadır.

Çalışmada çok yaygın kullanımı sebebiyle Proje Yönetimi açıklanırken PMI (Project Management Institute) metodolojisinin kavramları kullanılması tercih edilmiştir. En basit haliyle proje yönetimi tanımı, projenin gereksinimlerini yerine getirmek için, uygun tekniklerin, araç gereçlerin ve becerilerin proje faaliyetlerine uygulanması olarak yapılmaktadır (PMBOK 5).

PMI metodolojisinde Proje Yönetimi süreçleri başlangıç, planlama, uygulama, kontrol ve kapanış aşamalarından oluşur. Proje yönetimi, hedeflerine uyumlu, bu hedeflere tutarlı şekilde zaman, gider, kabiliyet ve kalite kriterleri dâhilinde erişmeye çalışan ekibin belli bir zaman diliminde yönetilmesidir (Uysal, 2019).

Uzun süren ve içinde birçok faaliyeti barındıran karmaşık projeler, genellikle farklı iş gruplarında çalışan çok sayıda ekip tarafından geliştirilir. Eğer yöneticiler boşluklarda oluşacak gelişmeleri önceden tahmin edemezlerse, bu iş grupları başarılı ve etkin şekilde çalışamayacaktır.

Proje yönetiminin işletmelere sağladığı avantajlar Tablo 1’de belirtilmektedir (Albayrak, 2005).

*Tablo 1. Proje yönetiminin sağladığı avantajlar*

<b>PROJE YÖNETİMİNİN SAĞLADIĞI AVANTAJLAR</b>
• Etkin bir koordinasyonun sağlanması,
• Müşteri ilişkilerinin iyileşmesi,
• Kaynak kullanımlarında verimin artması,
• Ekonomik geliştirme süreçleri,
• Proje amaçları hedefleri ve maliyetlerini önceden bilme,
• Kullanılacak kaynak ve teknolojiyi önceden tespit etme,
• Verimlilik artışı ve kâr marjının yükselmesi,
• Raporlamalarda düzen ve otokontrol

*Kaynak: Albayrak, 2005.*

Proje organizasyonun yer alacak yöneticiler, sponsor, paydaşlar, ekip lideri ve ekip elemanları başarı için sürekli iletişim halinde olmalıdırlar ve bu koordinasyonu yönetecek kişi de proje yöneticisidir.

## **Proje Süreçleri**

Proje yönetiminin temel bileşenleri olan süreç grupları; başlangıç, planlama, yürütme, izleme-kontrol ve kapanıştır. Bilgi ve süreç yönetiminde bu bileşenleri olmadan proje devamlılığı veya başarısından söz etmek mümkün değildir.

**Başlangıç Süreç Grubu:** Proje Başlatma Belgesinin geliştirilmesi ve yayınlanması; başlangıç sürecinde tüm ihtiyaç analizleri yapılır ve talepler çıkartılır projenin ya da fazın ilk olarak tanımlanması, paydaşların belirlenmesi ve yetkilendirme yapılması sonucu projeye başlamak için gereken sözleşmenin yapılmasına yardımcı olur.

**Planlama Süreç Grubu:** Projenin süresini ve maliyetinin belirlendiği ve yapılacak işlerin yol haritası, alternatif yaklaşımların belirlenmesinin sağlandığı süreçtir. Planlama, kapsam, maliyet, kalite ve proje zamanlaması konuları detaylandırılır ve proje yönetim planı geliştirilir.

**Yürütme Süreç Grubu:** Yürütme aşaması proje hedeflerine ulaşabilmek ve müşteri gereksinimlerini karşılayarak kaliteyi yakalayabilmek için projenin zaman, maliyet ve özellikleri açısından planlandığı şekilde yürütülür. Proje Yöneticisi de Projenin zamanında, bütçe kısıtlarına uygun, belirlenen kapsam dahilinde ve planlanan kalite düzeyinde tamamlanmasını sağlayacak kontroller gerçekleştirilir.

**İzleme ve Kontrol Süreç Grubu:** İzleme ve kontrol süreç grubunda kapsam, zaman çizelgesi, maliyetler ve kalitenin kontrolü faaliyetlerini kontrol edebilmek ve gerektiğinde düzeltici önlemleri alabilmek, projenin yolunda gitmesini sağlamak için olası sorunları ve yapılacak değişiklikleri önceden tanımlamak suretiyle projenin ilerlemesi sürekli kontrol altında tutulur.

**Projenin Kapanış Süreç Grubu:** Projenin kapanış işlemleri, müşteri ve sponsordan projeyi kabul ettiklerine dair resmi onay alınarak tüm aktiviteleri bitirme, tedarikçiler ile işlemleri sonlandırma ve resmi olarak projeyi ya da fazı kapatma sürecidir. Proje boyunca yaşanan olumsuzluklar ve yapılan değişiklikler, nedenleriyle birlikte raporlar halinde arşivlenerek sonraki projelere örnek olması sağlanır.

Proje yönetimi, belirli sürelerde, belirli kaynak ve ürün ile gerçekleştirilir ve projeyi yöneten kişilere proje yöneticisi denir.

Bu işlemlerin tamamı sırası ile büyük bir özen ve dikkatle yapılmalıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Proje Yönetimi Süreç Grupları

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur

Proje yönetim süreci; projenin başlangıcından teslimine kadar olan zaman diliminin proje yöneticisi tarafından yürütüldüğü faaliyetler bütünüdür. Her proje için bir proje yöneticisi mutlaka bulunmalı, proje yöneticilerinin de gerekli kaynak ve bilgi becerileri çok iyi olmalıdır. Proje yönetimi, belirli anlaşmalar ve karşılıklı alınan kararlar ışığında oluşturulan ekip ile birlikte yürütülen, gerekli düzenlemeler sağlanarak projenin belirlenen zaman, kapsam ve maliyet hedeflerine ulaşması için paydaşlar ve işletme yönetimiyle birlikte alınan kararlarla birlikte tüm adımların planlanması, uygulanması ve kontrolüdür (Kömürlü ve Toltar, 2018).

Proje yöneticisinin görevi sınırlıdır, projenin bitimine kadardır. Proje yöneticisinin üst yönetim ve paydaşlarına karşı sorumluluğu vardır.

Proje yöneticisi eğer örgüt içinden seçilir ve kaynaklar örgüt içinden dâhil edilirse bu kurulan ekip proje bitimine kadar görevlendirme dâhilinde çalışırlar ve bittikten sonra kendi departmanlarındaki görevlerine geri dönüş sağlayabilirler.

### **Proje Yönetim Unsurları**

Proje Yönetimi Unsurları ise proje yönetimi bilgi alanları olarak da bilinmekte olup, PMI tarafından, kapsam, zaman, maliyet, kalite, insan kaynakları (İK), iletişim, risk, tedarik, paydaş yönetimi ve entegrasyon yönetimi olmak üzere 10 ayrı grupta toplanmıştır.

Öncelikle çevresel iŖletme faktörleri proje ekibinin kontrolünde olmadığından projeyi etkileyen, sınırlandıran, yönlendiren koŖulların mutlaka araştırılıp doğru bilgi ve kararlarla başlatma belgesinin hazırlanması ve paydaşlarla paylaşılması gerekmektedir. Örneğın:

- Organizasyonun kültürü, yapısı,
- Tesislerin ve kaynakların coğrafi dağılımı;
- Altyapı
- Devlet veya endüstri standartları
- Mevcut İK (iŖe alma, performans değerlendirmeler, eğitim kayıtları, ödöl ve fazla mesai politikası),
- Ŗirketin iŖ yetkilendirme sistemleri,
- Pazar koŖulları,
- Paydaşların risk toleransları;
- Siyasi ortam;
- Organizasyonun belirlenmiŖ iletiŖim kanalları;
- Ticari veri tabanları
- Proje yönetimi bilgi sistemleri

Çevresel iŖletme faktörleri hakkında gerekli bilgiler yasal zeminlere ve prosedürlere, standartlara oturuyor mu araştırılıp çevreye, çevrede ikamet edenlere, ekolojik ortama, hayvanlara zararı varsa gerekirse projeden vazgeçilmelidir. Olumlu sonuçlanan analizler sonucunda ise proje yönetimi bilgi alanları kapsamında yönetimin nasıl gerçekleştirileceği süreç gruplarının görev ve sorumluluklarının neler olacağı iyi anlaşılmalıdır.

Proje kapsam yönetimi, Kapsam tanımı proje başarısında hayati önem taŖır; projenin içinde ve dıŖında hangi unsurların bulunduğu sorusuyla ilgilidir eğer herhangi bir unsur iŖ kırılım yapısı içinde yer almıyorsa kapsam dıŖıdır. Kapsama yönelik katkı sağlamayan, kapsam dıŖında kalan tüm çalıŖma ve faaliyetlerin yapılması, proje yönetimi açısından israftır. Uygulanacak projenin başarıyla tamamlanması, tüm gerekli ön çalıŖmaların ve faaliyetlerin tamamlanmasını sağlamayı gerekli kılar.

Proje zaman yönetimi, proje yönetiminde bir projenin en önemli aŖamalarından biridir. Zaman yönetimi; tüm faaliyetlerin tanımlanmasını, sıralanmasını, sürelerinin tahminini, kilometre



taşlarının belirlenmesini, çizelgelenip, çizelgenin takibini gerektirir. Kilometre taşlarının takibi proje yöneticisinin sorumluluğundadır. Proje uygulama sürecinde sonradan çıkacak bir faaliyet projenin istenen zamanda bitmesini zorlaştırmaktadır

Projelerde maliyet yönetimi, proje başlangıcından proje kapanışına kadar tüm faaliyetlerin tamamlanması için gerekli kaynakların maliyetlerinin tahmini, bütçesini oluşturma ve kontrolünü sağlamayı içerir.

Kalite yönetimi, müşterinin istediği ve karşılıklı muvafakat sağlandığı özelliklerde hizmet/ürünün teslimini amaçlar. Kaliteden proje yöneticisi sorumludur ve müşteri memnuniyeti çok önemlidir. Kalite ile ilgili standartların tanımlanarak denetimlerle kalite güvencesini sağlamak gerekir.

İnsan kaynakları yönetimi, proje yönetiminde gerekli olan ekibin konusunda uzman kişilerden oluşturulması, bir arada başarıyla çalışabilmeleri ve ortak hedef doğrultusunda ekibin geliştirilmesi ve yönetilmesi işlevlerini kapsar.

Proje iletişim yönetiminde, proje kapsamında gelişen tüm faaliyetlerle ilgili paylaşımlar son derece önemlidir. Bu paylaşımlar proje yöneticisi ile proje ekibi, paydaşlar, müşteri ve sponsor arasındaki sağlıklı iletişim ile gerçekleşir. İletişimin, hangi sıklıkla kimler arasında yapılacağı planlanır, yönetilir ve bu plana uyulup uyulmadığı kontrol edilir. Plan dahilinde iletişim yöntemleri de karara bağlanır. Proje yöneticisinin en önemli işi iletişim yönetimi ile bilgi akışını sağlayabilmektir.

Proje risk yönetimi, projenin nitel ve nicel risklerini tanımlamak, ölçüm yaparak analiz etmek ve önlem almak, karşılıklarını ayırmak, riskleri izlemek ve kontrol etmek için uygulanan yöntemlerden oluşmaktadır. Riskleri yönetebilmek için belirsizlikler üzerinde çalışılmayı, uzman görüşlerden faydalanmayı ve önerileri izleyip gerekli kontrolleri sağlamayı içerir.

Proje tedarik yönetimi, proje kapsamında ihtiyaç duyulan ürünlerin/hizmetlerin tedariki için araştırma yapma, en uygunu seçme ve doğru zamanda teslimi için gerekli anlaşmaları gerçekleştirme

faaliyetlerinin yönetilmesidir. Yasal ve hukuki boyutlar hakkında bilgi sahibi olmalı ve satıcı ile iletişimin kopmamasına özen gösterilmelidir.

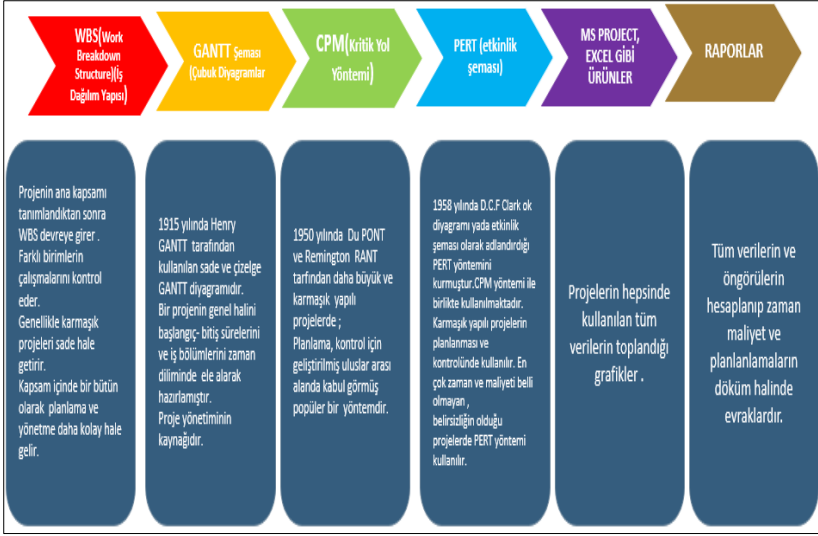
Paydaş yönetimi, projedeki tüm aktivitelerden etkilenecek ve aktiviteyi etkileyecek kişiler, gruplar ve organizasyonlardan oluşan paydaşların eksiksiz belirlendikten sonra paydaşlarla iletişimin yönetilmesinde uyulacak iletişim standartlarının tanımlanması ve bu standartlar doğrultusunda katılımlarını sağlayarak düzenli bir şekilde bilgilendirme ve paylaşımın yönetilmesidir.

Entegrasyon yönetimi, tüm faaliyetlerin koordinasyonlarını sağlamak ve tüm bilgi alanlarının karşılıklı uyum içinde çalışmasını yönetmektir. Proje başlatma belgesinin hazırlanarak uyulması gerekli şartların belirlenmesi, proje planının gerçekleştirilmesi, yürütme, izleme ve kontrol, proje ya da fazın kapanışı entegrasyon yönetimi kapsamı içindedir (Uysal, 2019).

Proje yönetimi süreci tarihsel olarak dönem dönem farklılıklar ve yenilikler getirmeye devam etse de Henry Fayol'un ilk ortaya attığı proje olan Yönetim Süreci yaklaşımı hâlen varlığını korumaktadır. Çalışmaların temeli olarak Klasik Yaklaşım ve tarihsel dönemdeki Henry Fayol'un projelerin yönetimindeki uygulamaları gösterilmektedir. Klasik dönemde Fayol yapmış olduğu proje yönetimi ile yeni ufuklar açmıştır. Ardından gelen bilim insanları bu konudaki araştırmalara odaklanarak proje yönetim teknikleri ile proje yönetiminin projedeki verimliliği nasıl arttıracığı üzerine araştırmalar yapmıştır (Koçel, 2016).

PMI Proje yönetim metodolojisinde, proje başlatma belgesi imzalandıktan sonra başlatılan projeyi doğru sonuca götüren ve esas amaçlardan birisi olan zaman yönetimi en zor süreçtir. Aynı zamanda metodoloji projelerdeki belirli görev ve becerilere göre kaynakların, tekniklerin ve araçların doğru yapılması gerektiğinden bahsetmektedir. Projelerin başlamasından sonra başarılı olması için gerekli maddeler, proje yönetim tekniklerine dayanan kurallardır.

Proje yönetimi, işletmelerin kusursuz ve kaliteli ürünler üretebilmeleri için gerekli olan bütün kaynakları kullanarak kapsam dâhilinde yapılan işlerde Şekil 2 ile gösterilen proje yönetim tekniklerini kullanarak en karmaşık işleri basite indirgeyerek kolaylaştırmasını sağlamaktadır.



Şekil 2. Proje Yönetim Teknikleri  
Kaynak: Taner ve Parlak Biçer, 2021.

### **İş Kırılım Yapısı (WBS - Work Breakdown Structure)**

Bir projenin ana kapsamı tamamlandıktan sonra WBS (Work Breakdown Structure) yöntemi devreye girer ve iş dağılımı gerçekleştirilir. Projedeki karmaşıklığı azaltmak ve düşüncüyü projenin geneli içindeki alt aşamalara odaklayabilmek için İş Dağılım Yapısı yöntemi kullanılır (Kurt, 2006).

### **GANTT Şeması (Zaman Çizelgesi)**

Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi ve mevcut tekniklerin sorunlara çözüm getirememesi sonucunda, 20.yy başlarında Henry GANTT, GANTT Şemasını geliştirmiştir. Yapılan işlerin ne zaman başlayacağı, biteceği ve hangi görevlere yer verileceği açık bir şekilde şemada görülmektedir.

### **Kritik Yol Yöntemi (CPM - Critical Path Method)**

1950 yılında Du Pont ile Remington Rant tarafından geliştirilen bu yöntem, daha büyük ve karmaşık yapıları projeleri sade hâle getirerek, yönetim ve kontrol sürecini kolaylaştırmayı, uygulamalarda planlamayı hedeflemektedir. Projelerin kritik yönleri öngörülerek önlemler alınarak üretimde verimliliği arttırmak hedeflenir.

CPM yöntemi günümüzde en çok kullanılan ağ yöntemlerinden birisidir. Birçok faaliyeti birbirine bağlamaktadır. Bu faaliyetlerin bağımlı veya bağımsız olması durumunda bile kritik yol yöntemi ağı olayları birbirine bağlayarak bir bütünlük içinde zaman, finans, işçilik, malzeme gibi kaynakların etkin kullanımını sağlar.

CPM tekniğinde, kritik ve kritik olmayan faaliyetler tespit edilip, birbirine bağılı ve bağımlı olmayan faaliyetler arasındaki ilişkileriyle, bunların nasıl tamamlanacağı belirlenerek, planlama çerçevesinde işlerin yürütülmesi ve kontrolü sağlanmaktadır (Tolunay ve Çavuşoğlu, 2015).

### ***PERT Tekniği***

PERT Yöntemi genellikle karmaşık projelerde kullanılmaktadır, risk olarak görülen yerlerin, hızlı bir şekilde tespitinin olası sonucunu vermektedir. CPM (Kritik Yol Yöntemi) gibi PERT tekniği de riskli yolların ve bollukların yerlerinin analizini yaparak projelerin bitiş tarihini olasılıklar dahilinde tahmini hesaplamayı, faaliyet sürelerini izleyerek gerekli kontrolü sağlamayı mümkün kılmaktadır.

Projeleri işlerin önem sırasına göre belirleyip hangisinin önce bitmesi gerektiğinin analizini yapan kritik yol metodu, aynı zamanda finans, işçilik ve malzeme gibi kaynakların doğru kullanımını sağlamaktadır.

### ***Proje Yönetimi Başarı Faktörleri***

Başarısız bir proje kapsam israfı demektir, zaman kaybı, maliyet demektir, işletmelere ve ülkeye zarar demektir.

Proje yönetimi başarısı genellikle proje başarısı ile karıştırılmaktadır. Bu duruma proje yönetimi başarısının projenin son çıktıları ile ilişkilendirilmesi neden olmaktadır.

Proje başarısı “beklentilerin karşılanması” olarak tanımlanabilirken proje yönetimi başarısı “projenin konulan hedefler doğrultusunda yürütülmesidir” diye tanımlanabilir. Yasan (2019) başarı faktörlerini belirlemek için yaptığı anket çalışmasında öncelikle literatürdeki faktörleri tespit etmiş sonra uzman görüşlere sunarak faktörleri “Hedefler”, “Proje Planı”, “Proje Yöneticisi ve Ekibi” ve “Kaynak Yönetimi” olmak üzere 4 ana başlıkta toplamıştır. Katılımcılara, başarılı yönetilen projelerde nelerin önemli olduğu yine bu başlıklar

altında oluşturulan sorularla anlatılmaya çalışılmıştır. Alınan cevaplar şöyledir:

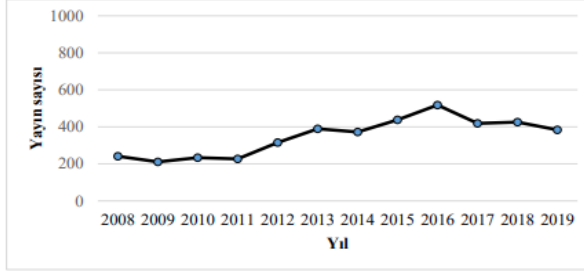
- Başarılı yönetilen projelerde, proje hedefleri açıkça belirlenmiştir,
- Proje tecrübesinin başarılı proje yönetiminde fark yaratır,
- İyi proje planına sahip olan projeler diğerlerinden daha başarılı bir şekilde kapanmaktadır,
- Proje ekibinin rollerinin açıkça belirtildiği projeler diğerlerine göre daha iyi yönetilir,
- Projelerin daha kolay yönetilmesi için takip ve raporlama kriterleri açıkça belirlenmelidir,
- Proje yönetimi başarısı için gereken teknik araçların kullanımı şarttır,
- Kaynak kullanımında üst yönetimin projeyi desteklemesi proje yönetiminin başarısı açısından gereklidir.

Aynı çalışmada yapılan anket çalışmasının sonucuna göre farklı sektörlerde farklı tecrübe seviyesindeki katılımcıların verdiği cevaplara göre başarılı proje yönetiminde:

- Proje planı,
- Proje hedefinin nasıl ve kimlerle koyulduğu,
- Proje ekibi ile yöneticisi ve üst yönetim desteği faktörlerinin önemli olduğu söylenebilir.

Özellikle karmaşık ve uzun sürecek projelerin takibi ve kontrolünün zorluğu sebebiyle 1890'lardan itibaren proje yönetimi üzerindeki çalışmalar artırılarak birtakım tekniklerin geliştirilmesi gerekliliği öngörülmüş ve gerçekleştirilmiştir.

Science Direct veri tabanında yapılan araştırmada, 2008 yılından itibaren proje yönetimi ile ilgili yapılan çalışmaların sayısının giderek arttığı tespit edilmiştir. 2015 ile 2019 yılları arasında ise her yıl ortalama 2100'ün üzerinde olduğu saptanmıştır. Söz konusu veri tabanında proje yönetimi başarı faktörleri başlığı ile yapılan literatür taramasında son 10 yıl içerisinde yapılan yayınların sayıları projelerin başarısı için proje yönetiminin ne denli önemli olduğunu gözler önüne sermektedir (Şekil 3). Konu ile ilgili 2016-2019 yılları arasında her yıl ortalama yaklaşık 440 farklı çalışma yayınlandığı görülmektedir (Yasan, 2019).



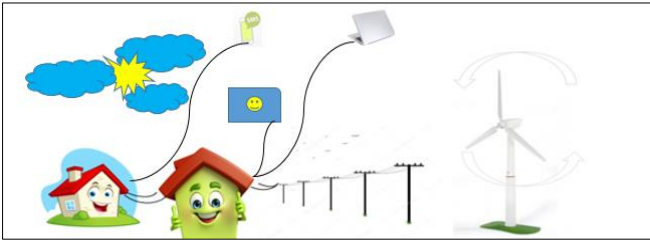
*Ŗekil 3. Yıllara Göre Proje Başarı Faktörleri Başlıklı Yayın Sayıları  
(2019 yılı ekim ayına kadar olan verilerdir)*

*Kaynak: Yasan, 2019.*

## RÜZGÂR VE RÜZGÂR ENERJİSİ

Rüzgâr, güneş enerjisinin yeryüzünü aynı oranda ısıtmaması sonucu oluşan hava olayıdır. Sıcak hava kütlesi ile soğuk hava kütlesinin yer değiştirmesinde oluşan basınç farkıdır. Yeryüzünde oluşan rzgrlar, yerel coğrafi konumlar ve yeryüzünün homojen olmayan yapısından ötürü zamansal ve yöresel değişiklikler göstermektedir.

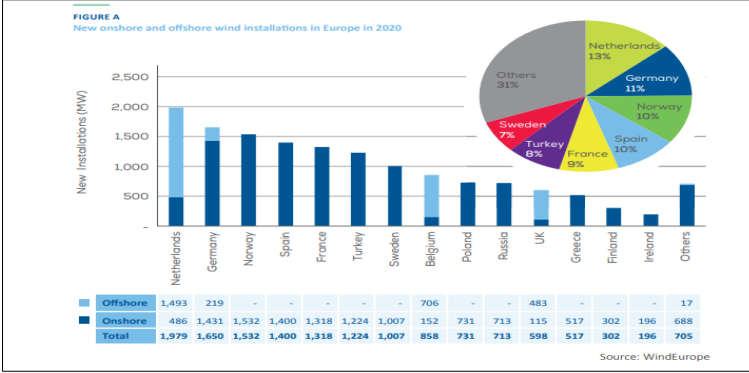
Günümüzde dünya enerji alanında yaşanılan daralma, kömür ve petrol havzalarında gitgide büyüyen azalma insanlığı enerji kaynağı arayışına yönelmektedir. Bu kaynaklardan biri de rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi sonucunda oluşan doğa olaylarının bizlere kazandırdığıdır. Rüzgâr Enerjisini oluşturan hava akımı ile meydana gelen kinetik enerji sayesinde elektrik enerjisi üretilmektedir ve sürdürülebilirliği olan rüzgâr enerjisinin elektrik üretiminde kullanılmasını da giderek artırmaktadır. Rüzgâr Enerji Santralleri ile enerji tüketimindeki payın bir kısmının karşılanması hedeflenmektedir (Ŗekil 4).



*Ŗekil 4. Rüzgâr Enerjisinden Eve Yönelen Elektrik Enerjisi retimi  
Kaynak: Yazarlar tarafından üretilmiştir*

## RES'LERİN DÜNYA VE TÜRKİYEDEKİ GELİŞİMİ

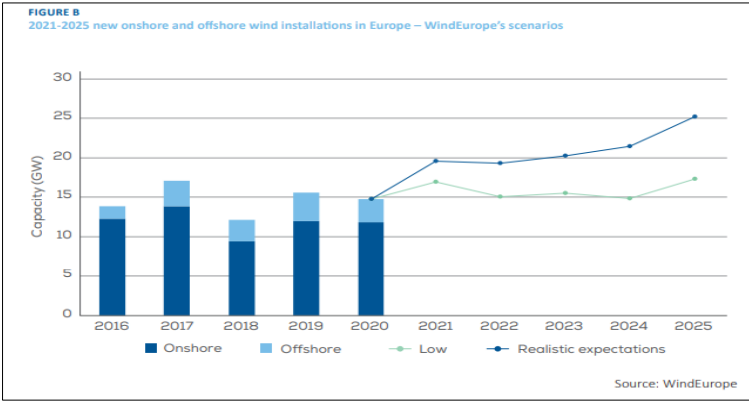
Dünyada kurulu RES (Şekil 5) projelerinde denizde (onshore) ve karadan (offshore) kurulu projelerden yararlanılmaktadır. RES projelerinde Hollanda %13 ile ilk sırada yerini alırken hem kara hem de denizde RES kurulu istasyonlarından faydalanılmaktadır. Türkiye 6. sırada yer almaktadır ve kurulu RES projeleri karadadır.



Şekil 5. Dünyada kurulu RES projeleri

Kaynak: URL-1

Dünya geneli kullanılan RES projelerinde ki artışların 2025 yılı itibari ile büyük gelişimler göstermesi beklenmektedir (Şekil 6).

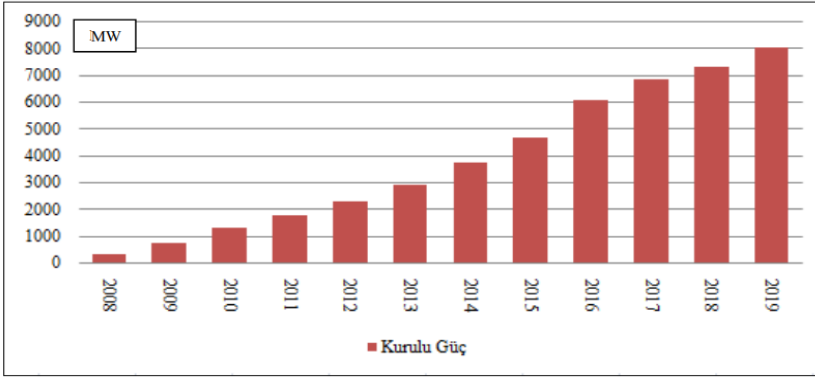


Şekil 6. Dünya RES kurulu enerjisi santrallerinin 2021-2025 yılı beklentileri

Kaynak: URL-1

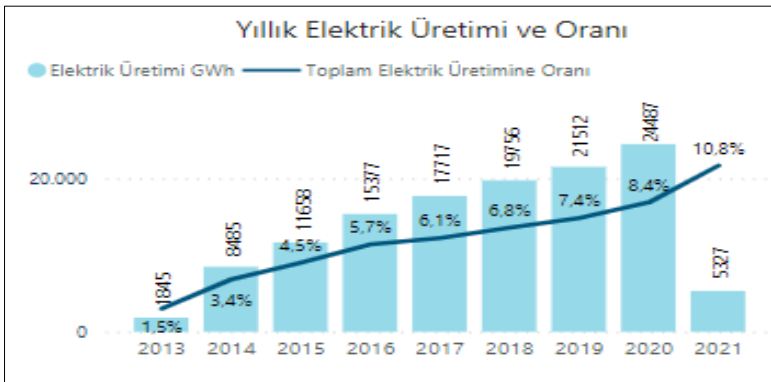
Uluslararası Yenilenebilir Enerji ajansı IRENA (2020)'nın raporuna göre dünyada rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2010 yılında 180.850 MW iken, 2019 yılında 622.704 MW'a ulaşmıştır.

Türkiye'deki rüzgâr enerjisinin gelişimi de dünyada ki rüzgâr enerjisi gelişimine paralel olarak artış göstermiştir. TUREB'in verilerine göre 2008 yılında Türkiye'de rüzgâr enerjisi kurulu gücü 363,7 MW iken 2019 yılında 8.056 MW'a yükselmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Türkiye'de rüzgâr enerjisi kurulu gücü gelişimi  
Kaynak: URL-1.

Türkiye'de Sürdürülebilir Rüzgâr Enerjisi projeleri kapsamında kurulan istasyonların, kurulum yıllarına göre kümülatif ve yıllık artış oranları dikkat çekicidir (Şekil 8).



Şekil 8. Yıllık elektrik üretiminde Sürdürülebilir Rüzgâr Enerjisi oranı  
Kaynak: URL-1.



İstatistiklerde de görüleceği gibi dünyada RES kurulumları giderek artmaktadır ancak başarılı bir proje için kurulumunda planlı bir imar ve başarılı bir proje yönetiminin gerektiği göz ardı edilmemelidir.

## RES'LERİN AVANTAJLARI VE PROJE YÖNETİMİNİN ROLÜ

TMMOB Şehir Plancıları Odası İzmir Şubesi 2015 yılında bir çağrı yaparak Rüzgar Enerji Santrallerinin avantajlarını gözler önüne sererken bir yandan da dezavantajlarını tartışmaya açmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar Enerjisinin Avantajları	Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları
Coğrafi konuma bağlı atmosferde ulaşım kolaydır	Tesis sayısının çok fazla olması ve standartlarının tanımlanmaması
Yenilenebilir enerji kaynağıdır.	Gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması
Tükenme riski neredeyse yoktur.	İnşa edilen alanların birçoğunun orman veya doğal sit alanı olması
Kaynak güneştir, yakıt masrafı veya hammadde ihtiyacı yoktur.	Kuş göç yolları üzerinde kuruldukları takdirde göç yollarının değişimine ve ölmelerine neden olmaları
Hammaddede ithalata bağımlılık gerektirmez	Yerleşik alanların dışında kurulmaları halinde doğal yaşam dengesini bozarak göçe neden olmaları
Kurulum süresi diğer santrallere oranla kısadır.	Yerleşik alanlara yakın kurulum radyo ve TV alıcılarında parazitlenme nedenidir
Fosil yakıtlarının kullanımını ve yanma sonucu oluşan kirletici madde emisyonunu azaltır.	İlk yatırım aşaması ve enerji nakil hatlarının oluşturulması oldukça maliyetlidir.
Sera gazı etkisi söz konusu değildir.	Kurulum gücü belli bir orandan düşük RES için Çevresel Etki Değerlendirme raporunun istenmiyor olması

Kaynak: TMMOB Şehir Plancıları Odası İzmir Şubesi, 2015.

Proje yönetiminin önemi özellikle, büyük ve karmaşık projelerde daha net anlaşılrsa bile küçük ya da büyük fark etmeksizin bir projenin en

verimli sonuca ulaşabilmesi temel hedeftir. RES kurulum projeleri maliyeti yüksek ve uzun süreli projelerdir.

Karaca ve Erdoğan (2012) yaptıkları çalışmada kurulması planlanan 50 MW büyüklüğündeki her bir rüzgâr çiftliğinde, üretim ve kurulum aşamasında 285 toplam işçi, kurulacak 371 farklı RES’de ise üretim ve kurulum sırasında çalışacak toplam işçi sayısının 105.735 olacağını hesaplamışlardır. Yüzlerce, binlerce işçinin istihdam edildiği bu tip projelerde süre ve maliyetlerin yüksek olması kaçınılmazdır. Planlama, hedef belirleme, ekip, proje yöneticisi ile üst yönetim desteğinin sağlanması projenin başarısı için gerekli faktörlerdir. Proje yönetimi metodolojisi ise zaten ilgili faktörlerin bir plan dahilinde gerçekleştirilmesini gerekli kıldığından projelerde rolü, etkinliği ve etkililiği yüksek orandadır.

RES kurulumunda proje yönetiminin başarılı olma süreci; yer seçimi, arazinin özellikleri, rüzgar kaynağı, çevresel etki, gürültü, trafik yönetimi, koruma alanı, manyetik alana bağlı olmasının yanısıra kaynakların verimli kullanılması ve belirlenen standartlara uygun bir proje yönetiminin oluşturulması, ekip ile doğru hedefler konması, bilgi alanlarının yönetiminde izleme ve kontrolün önemsenmesi, teknik anlamda seçilen yöntemin doğru sonuca ulaştıracak en uygun yol olması ve üst yönetim desteği ile en kısa sürede harcanabilecek en az maliyetle sonlandırılabilmesi ile ilişkilidir.

Rüzgar Enerjisi Santral kurulumu gibi uzun süreli ve karmaşık projelerde PMI metodolojisinden yararlanmanın proje başarısı için uygun bir tercih olacağı giderek artan yaygın kullanımından da anlaşılmaktadır.

## **SONUÇ**

Dünyadaki çoğu ülkede hala kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıt kaynakları kullanılıyor olsa da, rezervlerin dünyada giderek azalması, fosil yakıtların CO<sub>2</sub> açığa çıkarması ve sera etkisinin ortaya çıkması, çevreye ve ekolojik sisteme zarar vermesi sebebiyle alternatif enerji kaynağı arayışları sürmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmektedir. Güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal, biyokütle vs. sayılabilecek alternatif enerji kaynaklarının çevreye zararı diğerlerine nazaran az, doğada bulunabilen ve tükenme riski olmayan yenilenebilir, sürdürülebilir enerjiler olması önemlerini artırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde de en fazla gelişen, ticari nitelik kazanan ve verimli enerji türü rüzgâr enerjisidir. Önümüzdeki dönemlerde de artacak olan santrallerin belirli bir standarta sahip olması ve planlama yönüyle bir hükme bağlanması zorunluluktur. İlgili kurum ve kuruluşların RES kurulmasına dair ayrıntılı mevzuatları gündeme getirip üzerinde çalışmaları gerekmektedir.

RES'in kurulacağı yerin seçimi yapılırken yeterli rüzgar potansiyeli ve arazi uygunluğu aranırken sit, doğal koruma veya milli park alanı olmaması, yakınında uzun mesafeli antenler ve bağlantı hatları bulunmaması, göçmen kuşların göç yolları üzerinde yer almaması gibi özelliklere çok dikkat edilmelidir. Proje yönetiminde dış faktörler kapsamında belgelendirileceğinden; projenin, çevreye zarar verip vermediği, sürdürülebilirliği, karbondioksit emisyon hacmi ve ekolojik dengeyi gözetip gözetmediği, doğa olaylarına zemin teşkil edip etmeyeceği, sağlıklı yaşam ortamı sunup sunmadığı öncelikle araştırılmalıdır. Belgelenen bu detaylar projenin kapatılmasıyla arşive kalkar ve sonraki projelere emsal teşkil eder. Temel prensip olan çevresel işletme faktörleri belirlenirken dış faktörlerin ayrıntılı analizine ve yasal zemine oturmasına proje yaşam döngüsü için özen gösterilmelidir. Projenin başlaması ise bu ilk adımda mevcut durumun açıklığa kavuşmasından sonra oluşturulacak başlatma belgesinin paydaşlar tarafından onayına bağlıdır.

Amaç ve hedeflerin ekip çalışmasıyla saptanmasından sonraki yönetim aşamalarında atılacak adımlar: kapsamın ayrıntılarıyla doğru belirlenmesi, zamanlamanın ve maliyetlerin düzgün hesaplanması, tekniklerinin belirlenmesi, risklerin öngörülerek önlemlerinin alınması, standartlara ve yasal prosedürlere uygunluğunun dikkatle izlenip kontrol altında tutulması, paydaşlarla iletişimin sürekliliğinin sağlanması ve proje yönetim sürecinin başarı ile sonlandırılmasıdır.

Dünya ve Türkiye enerji sektöründeki artan ihtiyaçlar doğrultusunda RES kurulumlarının çoğalması proje yönetimi yükünün artacağına da bir göstergesidir. Problemlerin aşılmasında önlemlerin alınarak çözümlerine ilişkin araştırmaların önceden yapılabilmesi RES proje yönetimindeki başarı öykülerini giderek çoğaltacaktır.

Proje büyük ve karmaşıksa, uzun sürecekse, işin kapsamı birden fazla faaliyetin koordinasyonunu gerektiriyorsa, belirli zaman ve maliyet sınırlaması söz konusu ise proje yönetimi şarttır.

## KAYNAKÇA

- Albayrak, B. (2005). *Proje Yönetimi*. Ankara/Türkiye, Nobel Yayınları.
- Ekmekçi, İ. (2020). Enerji sektöründe teknolojik ve dijital dönüşüm, S. Öz (Ed.), *Teknolojik ve Dijital Dönüşüm*, s. ISBN: 978-625-402-019-3, Nobel Yayıncılık, İstanbul, 21-92.
- Imam H. ve Zaheer M. K. (2021). Shared Leadership and Project Success: The Roles of Knowledge Sharing, Cohesion and Trust in the Team, *International Journal of Project Management*, 21-37.
- IRENA, (2020). Statistics, <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series> adresinden alınmıştır.
- Karaca, C. ve Erdoğan, M. M. (2012). Türkiye’de Rüzgar Çiftliklerinden Elektrik Üretilmesiyle Sağlanabilecek Çevresel ve Ekonomik Kazançlar, *Akdeniz İİBF Dergisi*, 23, 156-188.
- Koçel, T. (2013). *İşletme Yöneticiliği Kitabı*, Beta Yayıncılık, 14.Baskı.
- Kömürlü, R. ve Toltar, L. (2018). İnşaatta Proje Yönetimi; Projenin Başarısına Etkisi. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 3(2), 249-258.
- Kurt, Ö. (2006). *Proje planlama ve programlama teknikleri ve inşaat sektörüne ait bir uygulaması*, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi. Antalya, Türkiye.
- Öztürk, H. K. (2020). Rüzgar Tribünlerinde İşletme ve Bakım. *Mühendis ve Makine*, 61(701), 262-279.
- PMBOK 5, Project Management Institute. (2013). *Proje yönetimi bilgi birikimi kılavuzu*. Global Standard (çev:PMI TR), Pennsylvania.
- Radujkovic, M. ve Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196, 607-615.
- Sanchez, O. P., Terlizzi, M. A. ve de Oliveira Cesar de Moraes, H. R. (2017). Cost And Time Project Management Success Factors for Information Systems Development Projects. *International Journal of Project Management*, 35(8), 1608-1626.
- Tama C., Costa Mouraa E. J., Oliveiraa. T. ve Varajão J., (2020). The Factors Influencing The Success of On-Going Agile Software Development Projects, *International Journal of Project Management*, 38, 165-176.
- Taner, Z. ve Parlak Biçer, Z. (2021). Endüstri 4.0’ın Proje Yönetim Etmenlerine Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 1-1. Doi: 10.2339 / Politeknik.

Taşkın, E., Yılmaz, M. ve Kılıç, Ç. (2020). Rüzgar Enerji Santrallerinin Ekonomik Etkileri ve Sosyal Kabul: Mucur Örneği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(2), 296-319.

Terzioğlu, C. (2020), Enerji Sektöründe Blok Zincir (Blockchain) Uygulamaları ve Verimliliğe Etkileri. *Dijital Gelecekte Mesleklerin ve Sektörlerin Dönüşümü*, İstanbul, Türkiye, Hiperyayın, 113-136.

Tolunay, A. ve Çavuşoğlu, C. (2015). Devlet Orman Fidanlıklarında Fidan Üretiminin Kritik Yol Yöntemi (CPM) ile Planlanması: Fethiye Orman Fidanlık Şefliği Örneği. *Turkish Journal Of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 16(1), 20-26.

Tsiga, Z., Emes, M. ve Smith, A. (2017). Critical Success Factors for Projects in the Petroleum Industry. *Procedia Computer Science*, 121, 224-231.

Uslusoy Şenyurt, S. ve Pekdoğan, T. (2015), *Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi ve Uygulamaları*. Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, 205-225, İzmir, Türkiye toplantısında sunulmuştur.

Uysal, Ö. (2019). Proje Yönetimi Bilgi Alanları ile Özgün Bir Projenin Geliştirilmesi: E-Okuma Takvimi. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 293-313.

Yasan E. (2019). *Proje yönetiminde başarı faktörleri: bir uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Yuanyuan, L., Song, H., Sang, P., Chen, P.-h. ve Liu, X. (2019). Review of Critical Success Factors (CSFs) for Green Building Projects. *Building and Environment*, 158, 182-191.

URL-1: <https://tureb.com.tr/haber/windeurope-2020-statistics/253>, Erişim tarihi: 26.03.2021.

**İnŖaat Sektörünün Hammaddesi  
Agrega Laboratuvarlarında  
Risk Değerlendirme ÇalıŖması:  
Model Bir ÇalıŖma, Tehlike Tanımlaması  
ve Risklerin Değerlendirilmesi**

**Ŗebnem AteŖ**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

**(0000-0001-6750-9600)**

## GİRİŞ

Tüm dünyada ve ülkemizde inşaat sektöründe çimento, beton ve asfalt üretiminin ana hammaddelerinden birisi agregalardır. Agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla, özel laboratuvarlarda ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bu laboratuvarlar iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirildiğinde; işyerleri olarak kaza potansiyeli yüksek tehlikeli sınıfta sayılmakta olup iş kazalarına sebep olabilecek pek çok risk faktörünü bünyelerinde bulundurmaktadır. Bu çalışmadaki amaç; yol inşaat sektörünün esas yapı taşlarından olan asfalt agrega laboratuvarlarında yapılan deneysel çalışmalar esnasında deney teçhizatları ve çeşitli kimyasallar ile çalışan personeller, eğitim amacıyla laboratuvarında bulunan stajyer ve öğrenciler ile işletmeler için var olan tehlike ve risklerin tespit edilmesi ve kontrol altında tutulması, asgari güvenlik tedbirlerinin proaktif yaklaşımla tanımlanması, iş güvenliği kapsamında kanun ve yönetmelikler çerçevesinde gerekli olan eksikliklerin tamamlanıp, yıllardır süre gelen yanlış çalışma kültürlerini düzeltmelerine yardımcı çözümler bulmaktır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Agregalar, yol yapımında kullanılan ana malzemedir. Yol üstyapı kaplamalarının dayanım, taşıma gücü ve yoğunluğu üzerinde etkili en önemli faktör olduğu kadar miktar olarak da yaklaşık % 95 gibi önemli bir paya sahiptir. Yol agregalarının büyük bir kısmının hazırlandığı hammadde, doğal (tabii) kayadır. Kayaların birçok değişik tipleri vardır; örneğin kum, çakıl, kırma taş agrega kabul edilir. Asfalt karışımlarda kullanılan değişik tipteki agregaların fiziksel özelliklerinin bilinmesi, yol mühendisi için bir hayli önemli olup yolların tasarımından uygulamasına kadar projelendirilmesinde çok faydalıdır. Bitümlü yol üstyapı kaplamalarında kullanılacak agregaların kökeni (magmatik, sedimanter, metamorfik) ne olursa olsun, her tip kaplama için mutlaka şartnamelerde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekmektedir. Agregaların yol yapımında kullanılabilmesi için aşınmaya ve donmaya karşı dirençlerinin, özgül ağırlık, su absorpsiyonu, soyulma değerlerinin, elek analizleri ve tane şekillerinin, sürtünme etkileri ile meydana gelecek cilalanmaya karşı olan dirençlerinin (cilalanma değeri) bilinmesine gerek vardır. Ancak; T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Şartnamesi'nde istenen bütün koşulları sağlayan agregalar yol yapımında kullanılabilir.



Şekil 1. Asfaltın Yapısı  
Kaynak: Ateş, 2020.



Şekil 2. Agreganın Üretimi  
Kaynak: Ateş, 2020.



Şekil 3. Asfalt Agregası Laboratuvarı  
Kaynak: Ateş, 2020.

## AGREGA DENEYLERİ

### **Tane Büyüklüğü Tayini (Eleme Metodu)**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 933-1

**KAPSAM:** Bu standart, elek analizi ile agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için verilen metodu kapsar. Deney, malzemenin bir seri eleme işlemi yardımıyla azalan büyüklüğe sahip farklı tane boyutları halinde bölünmesi ve ayrılmasından oluşur. Bu standart, filler hariç 63mm'ye kadar anma boyutlu hafif agregalar da dahil, doğal veya yapay orijinli agregalara uygulanır.





Şekil 4. Tane Büyüklüğü Tayini (Eleme Metodu) Deneyi  
Kaynak: ABT Lab., 2021.

### **Tane Şekli Tayini: Yassılık İndeksi**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 933-3 ve BS 812

**KAPSAM:** Bu standart, agregaların yassılık indeksinin tayini metodunu kapsar ve hafif agregalar da dahil olmak üzere doğal veya yapay orijinli agregalara uygulanır. Bu standartta belirtilen deney metodu, tane büyüklüğü 4 mm'den küçük veya 80 mm'den büyük olanlara ve beton agregalarına uygulanmaz.



Şekil 5. Tane Şekli Tayini: Yassılık İndeksi Deneyi  
Kaynak: ABT Lab.,2021.

### **Metilen Mavisi Deneyi**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 933-9

**KAPSAM:** Bu standart, ince agregalarda veya gruplandırılmamış agregalarda (0-2) mm aralığının metilen mavisi değerinin (MB) tayini için bir metodu kapsar. Bir metilen mavisi çözeltisinden alınan çözelti kısımları, su içerisindeki deney numunesi kısmından oluşan süspansiyonuna arka arkaya ilave edilir. Boya çözeltisinin deney numunesi kısmı tarafından absorpsiyonu, çözeltinin her ilavesinden sonra süzgeç kağıdında bir leke deneyi yapılarak serbest boyanın varlığının belirlenmesi suretiyle kontrol edilir.

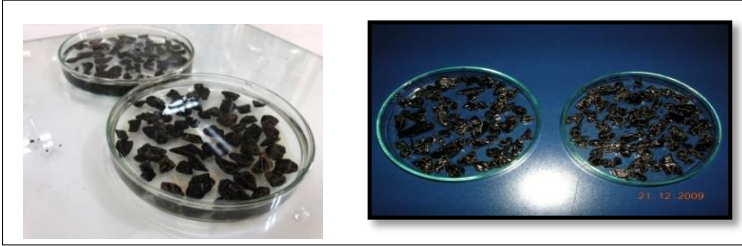


Şekil 6. Metilen Mavisi Deneyi  
Kaynak: Alfatestuk, 2020.

### **Suyun Tesirine Karşı Dayanıklılık (Soyulma Mukavemeti Deneyi)**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 12697-11

**KAPSAM:** Bu standart, yol kaplamalarında kullanılan agregaların soyulma mukavemeti değerinin tayinine yönelik metodu kapsar. Soyulma, bağlayıcı maddenin, suyun ve trafiğin bir arada etkileri ile agrega üzerinden ayrılması demektir.



Şekil 7. Suyun Tesirine Karşı Dayanıklılık (Soyulma Mukavemeti Deneyi)

Kaynak: ABT Lab., 2021.

### **Aşınma Deneyi (Los Angeles)**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-2

**KAPSAM:** Bu standart, iri agregaların parçalanma direncinin tayini için işlemleri kapsar. Agrega numunesi, dönen tamburda çelik bilyeler ile birlikte döndürülür. Dönme işlemi tamamlandıktan sonra 1,6 mm açıklıklı elekte kalan malzemenin miktarı belirlenir. Deney; 14 mm

deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır.

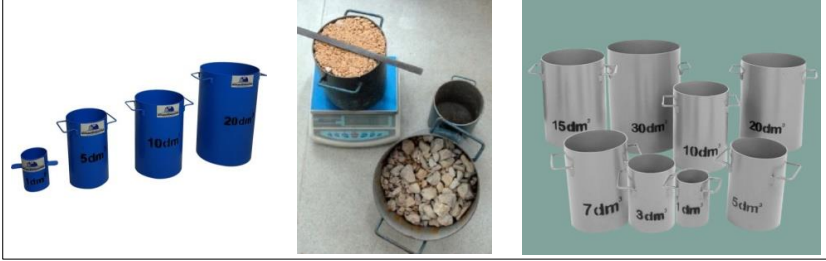


Şekil 8. Aşınma Deneyi (Los Angeles)  
Kaynak: Utest, 2021.

### **Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-3

**KAPSAM:** Bu standart, kuru agregaların gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin belirlenmesi için deney metodunu kapsar. Deney 63 mm tane büyüklüğüne kadar doğal ve yapay agregalar için uygulanabilir.



Şekil 9. Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini  
Deneyi  
Kaynak: Feblab, 2021.

### **Etüvde Kurutma Yöntemiyle Su Muhtevasının Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-5

**KAPSAM:** Kütlelerin su muhtevasını, havalandırılmalı etüvde kurutma yoluyla belirlemek için kullanılan referans yöntemini tanımlamaktadır. Etüvde kurutma yöntemi, agreganın deney numunesinde bulunan toplam serbest su miktarının ölçülmesini sağlamaktadır. Su muhtevası,

ıslak kütle ve kuru kütle arasındaki fark olarak belirlenmekte ve test payının kuru kütlelerinin yüzdesi olarak ifade edilmektedir.

### **Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-6

**KAPSAM:** Bu standart, agregalarda tane yoğunluğu ve su emme (absorbsiyon) oranının tayin metodlarını kapsar. Tel sepet metodu: 63 mm göz açıklıklı elekten geçen, 31,5 mm göz açıklıklı elekte kalan agregalar için, Piknometre metodu: 31,5 mm göz açıklıklı elekten geçen, 0,063 mm göz açıklıklı elekte kalan agregalar için uygulanır. Su emme oranı, suyun tanelerdeki boşluklara nüfuz ederek emilmesi sebebiyle, etüvde kurutulmuş agrega numunesinin kütlelerinde meydana gelen artışın tayini ile belirlenir.



*Şekil 10. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini  
Kaynak: ABT Lab., 2021.*

### **Filler Tane Yoğunluğunun Piknometre Metoduyla Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-7

**KAPSAM:** Bu standart, filler tane yoğunluğunun, piknometre metoduyla tayinini kapsar. Piknometre metodu, agregalar gibi düzensiz olarak ŖekillenmiŖ numunelerin hacminin tayininde kullanılan yaygın bir metottür. Bu prensip, bilinen yoğunluğa sahip belirli miktardaki bir sıvının, deney kısmı ile yer deęiŖtirmesi esasına dayanır.



Şekil 11. Filler Tane Yoğunluğunun Piknometre Metoduyla Tayini  
Deneyi Kaynak: ABT Lab., 2021.

### **Cilalanma Deneyi - PSV Değerinin Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1097-8

**KAPSAM:** Yol kaplamalarında kullanılan iri agregalar için taş parlatma değerinin (TPD) tayinine yönelik bir metodu kapsar. TPD, yol yüzeyindekine benzer şartlar altında, iri agregaların, araç lâstiklerinin sebep olduğu parlatma olayına karşı direncinin bir ölçüsüdür.



Şekil 12. Cilalanma Deneyi - PSV Değerinin Tayini  
Kaynak: Nömayg, 2017.

### **Donma ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1367-1

**KAPSAM:** Agreganın donma ve çözölmeye döngüsüne maruz bırakılması halinde göstereceği davranış biçimini belirlemek içindir. Elde edilen sonuçlar agreganın, atmosferik etkiler nedeniyle yıpranarak bozunmaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesi ile ilgili bilgi sağlar. Deney, 4 mm ila 63 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalara uygulanır.



Ŗekil 13. Donma ve Çözölmeye KarŖı Direncin Tayini Deneyi  
Kaynak: Utest, 2021.

### **Magnezyum Sülfat Deneyi (Donma Kaybı)**

**İLGİLİ STANDART:** TS EN 1367-2

**KAPSAM:** Bu standart, agregaların magnezyum sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yolu ile periyodik işleme maruz bırakılan agregaların davranışlarını değerlendirmek için verilen bir metodu kapsar. Tane büyüklüğü 10 mm'den daha küçük malzemelerin oluşmasına neden olan zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma ölçölmür.



Ŗekil 14. Magnezyum Sülfat Deneyi (Donma Kaybı)  
Kaynak: Utest, 2021.

### **RİSK DEğERLENDİRME ÇALIŖMASI**

Risk analizi, tüm risklerin ortaya konarak nitel veya nicel yöntemlerle yorumlanması işlemidir. Risk değerlendirmesi ise; iş yerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaŖtırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalardır.

Değerlendirme tablosuna göre ilgili bölüm/süreç dahilindeki tüm faaliyetler sınıflandırılır. Faaliyetlerin belirlenmesinde, bölümlerin kendi içerisinde bölümlendirilmesi ile en küçük parçalar halinde

sınıflandırılmasına dikkat edilir. Ardından faaliyetlerden kaynaklanan tehlikelerin, risklerin ve risklerin doğurabileceği sonuçların tanımlanması gerçekleştirilir. Risk değerlendirmesi yapılırken hem sağlık hem de güvenlik ile ilgili tehlike ve riskler tek tek ele alınır.

Çalışmada Risk Değerlendirmesi için Fine-Kinney Metodolojisi kullanılmıştır. Bu yöntem G.F. Kinney and A.D Wiruth tarafından 1976 yılında geliştirilmiştir.

$$\text{Risk Skoru} = \text{Riskin Gerçekleşme Olasılığı} \times \text{Riskin Gerçekleşme Frekansı} \times \text{Riskin Gerçekleşme Şiddetinin Derecesi}$$

Çıkan sonucun büyüklüğüne göre en büyük değerden başlayarak riskler için gerekli önlemler alınır.

*Tablo 1. Risk Değerlendirme Skoru Hesaplama Yöntemi*

Zararın gerçekleşme olasılığı (Olasılık)		Tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrar (Frekans)		
Puan	Zararın gerçekleşme olasılığı	Puan	İhtimal	Ortaya çıkma olasılığı için derecelendirme basamakları
10	Beklenir, Kesin	10	Hemen hemen sürekli	Hemen hemen sürekli (bir saatte birkaç defa)
6	Yüksek / Oldukça mümkün	6	Sıklıkla	Sık (günde bir veya birkaç defa)
3	Olası	3	Ara Sıra	Ara sıra (haftada bir veya birkaç defa)
1	Mümkün fakat düşük	2	Sık Değil	Sık Değil (ayda bir veya birkaç defa)
0,5	Beklenmez fakat mümkün	1	Seyrek	Seyrek (yılıda birkaç defa)
0,2	Beklenmez	0,5	Çok Seyrek	Çok seyrek (yılıda bir veya daha seyrek)

İnsan ve/veya çevre üzerinde yaratacağı tahmini zarar (Şiddet)		
Puan	İhtimal	Ortaya çıkma olasılığı için derecelendirme basamakları
100	Birden fazla ölümlü kaza	Çevresel felaket
40	Öldürücü Kaza	Ciddi çevresel zarar
15	Kalıcı Hasar	Yaralanma, iş kaybı / çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikâyet
7	Önemli Hasar	Yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı / arazi sınırları içinde çevresel zarar
3	Küçük Hasar	Yaralanma, dahili ilk yardım / arazi içinde sınırlı çevresel zarar
1	Uzuz Altalma	Çevresel zarar yok

Risk Değerlendirme Sonucu (Skor)			
	Risk Skoru	Anlamı	Açıklama
	400 < R	Tolerans gösterilemez risk	Hemen gerekli önlemler alınmalı veya tesis, bina, çevrenin kapatılması düşünülmelidir
	200 < R < 400	Esaslı risk	Kısa dönemde iyileştirilmelidir (Bir kaç ay içinde)
	70 < R < 200	Önemli risk	Uzun dönemde iyileştirilmelidir (Yıl içerisinde)
	20 < R < 70	Olası risk	Gözetim altında uygulanmalıdır
	R < 20	Önemsiz risk	Önem öncelikli değildir

*Kaynak: Özkılıç, 2005-2014.*

Belirlenen öncelik derecesine ve işverenin ayırabileceği kaynaklara göre, riskler arasında öncelikli görülenlerin değerlendirilmesi aşağıda verilen yöntemle göre kararlaştırılır.

*1. Öncelikli Tehlikeler:* Değerlendirme sonucunda  $400 < R$  olan riskler. Önlemler ivedi olarak alınmalı, gerekiyorsa faaliyet durdurulmalıdır. Risk kontrol altına alındığı takdirde faaliyete devam edilebilir. Yapılması planlanan faaliyetler:

- Tehlike kontrol altına alınır.
- Kontrol için dökümanite edilmiş prosedür/talimatlar oluşturulur.
- İzleme ve ölçme yapılır ve kayıtları tutulur.
- İyileştirilmeye yönelik düzeltici faaliyetler belirlenir, dokümanite edilir, uygulanır ve takip edilir.
- Öncelikli tehlikelerin, kontroller sonucu kabul edilebilir sınırlara indirilmesi sağlanır.
- Mümkün olduğu yerde iyileştirmelerin rakamsal olarak takibi yapılır ve kaydı tutulur.
- Personele ihtiyaç duyulan eğitimler verilir.
- Bu konularda tüm uygulamanın belirli periyotlarla denetlenmesi sağlanır.

*2. Öncelikli Tehlikeler:* Değerlendirme sonucunda  $200 < R < 400$  olan riskler. Risk kontrol altında tutulmalı, sürekli gözlemlenmeli ve önlemler ivedi olarak alınmalıdır. Yapılması planlanan faaliyetler:

- Tehlike kontrol altına alınır.
- Gerekli ise kontrol için dokümanite edilmiş prosedür/talimatlar oluşturulur.
- İzleme ve ölçme planı yapılır ve kayıtları tutulur.
- İyileştirilmeye yönelik düzeltici faaliyetler belirlenir, dökümanite edilir, uygulanır ve takip edilir.
- 2. öncelikli tehlikelerin, kontroller sonucu kabul edilebilir sınırlara indirilmesi.
- Mümkün olduğu yerde iyileştirmelerin rakamsal olarak takibi yapılır ve kaydı tutulur.
- Personele ihtiyaç duyulan eğitimler verilir.
- Bu konularda tüm uygulamanın belirli periyotlarla denetlenmesi sağlanır.

*3. Öncelikli Tehlikeler:* Değerlendirme sonucunda  $70 < R < 200$  olan riskler. İyileştirici tedbirler planlanmalıdır. Yapılması planlanan faaliyetler:



- İyileştirmeye yönelik düzeltici faaliyetler belirlenir, dökümante edilir, uygulanır ve takip edilir.
- 3. öncelikli tedbirlerin, kontroller sonucu kabul edilebilir sınırlara indirilmesi hedeflenir.
- Personele, ihtiyaç duyulan eğitimler verilir.
- Bu konulardaki tüm uygulamaların belirli periyotlarda denetlenmesi sağlanır, yönetime raporların.

4. *Öncelikli Tehlikeler:* Değerlendirme sonucunda  $20 < R < 70$  olan riskler. Alınan önlemler gerektiğinde kontrol edilmelidir. Yapılması planlanan faaliyetler:

- Önlemler, planlanan uygulamalar kısmında tarif edilir ve uygulama kontrolleri yapılır.
- Personele, ihtiyaç duyulan eğitimler verilir.
- 4. öncelikli tehlikelerin, kontroller sonucu kabul edilebilir sınırlara indirilmesi hedeflenir.

5. *Öncelikli Tehlikeler:* Değerlendirme sonucunda  $R < 20$  olan riskler. Alınan önlemler gerektiğinde kontrol edilmelidir. Yapılması planlanan faaliyetler:

- Gelecekte önemli bir tehlike oluşturulmaması için, incelenir ve gerekirse önlemler planlanan uygulamalar kısmında tarif edilir.
- Uygulama kontrolleri yapılır.
- Personele, ihtiyaç duyulan eğitimler verilir.

## SONUÇ

Asfalt agrega laboratuvarlarındaki süreklilik esasına dayalı iş sağlığı ve güvenliği yaklaşımıyla yapılan proaktif çalışma düzeni, tüm asfalt sektöründeki paydaşlara örnek olabilecek niteliktedir. Bu çalışma; Türkiye’de Karayolları Genel Müdürlüğü ile diğer tüm yerel yönetimlere ve asfalt sektöründeki özel asfalt firmalarına ait olan asfalt agrega laboratuvarlarına, ayrıca da akademik camia için bir model olarak uygulanması önerilmektedir. Öncelikle tüm asfalt sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) kültürünün oluşturulması amacıyla çalışmalar kesintisiz yapılmalı, doğru eğitim modelleri geliştirilerek asfalt agrega laboratuvarlarındaki çalışanlara bilinçlendirme eğitimleri sürekli olarak yapılmalıdır.

Tablo 2. Asfalt Agregası Laboratuvarı Risk Değerlendirme Tablosu

No.	Tehlike Kaynağı	Faaliyet	Tehlike	Risk	Ölnek	Frekans	Gezet	Risk Sonuç	Risk Sınıfı	Önlemler/Ahılacak Önlemler	İlgili Mevzuat
1	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Ateşlenir toprakların oluşması	Elektrik çarpması sonucu yaralanma ölüm	3	6	40	70	<b>TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RISK</b>	İyileştirilme bulguları (tekrarlı toprakların belirlenmesi yapılması ve yalıtım ekipmanlarının kullanılması)	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği Ek 1 - Madde 8
2	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Elektrik bağlantılarının topraklanmaması	Elektrik çarpması sonucu yaralanma ölüm	3	6	40	70	<b>TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RISK</b>	Elektrik bağlantılarını topraklama yapılması ve yalıtım ekipmanlarının kullanılması	Elektrik İş Teorisi Yönetmeliği
3	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Yüksek voltajlı ekipmanların topraklanmaması	Elektrik çarpması sonucu yaralanma ölüm	3	6	40	70	<b>TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RISK</b>	Elektrik ekipmanlarının topraklanması yapılması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği Ek 1 - Madde 4
4	Yangın	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Acil kaçış ve çıkış yollarının taze, açık ve engelsiz ve işaretlenmiş olmasının / yerleştirilmesinin olmaması	Hızlı ve etkili bir şekilde acil durum tahliyesinin gerçekleştirilmesi	3	6	40	70	<b>TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RISK</b>	Kaçış ve çıkış yollarının gösteren işaret ve görevler işaretleri yönetmeliğine uygun acil durum tahliyesi uygun yerlere yerleştirilmesi, gerekli yerlerde yerleştirilmesi yapılması.	Yangın İşleri İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği E.4 -4- Madde 31
5	Yangın	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Diğer acil çıkış ve çıkış kapıları	Acil durumlarda tahliyenin engellenmesi	3	6	40	70	<b>TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RISK</b>	Acil çıkış kapılarının uygun olduğu açılması	Yangın İşleri İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği E.4 -4- Madde 32
6	Kompresör	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	Başvuru cihazının güvenli kullanılması	Makine ekipmanlarının güvenli kullanılması	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Başvuru ve diğer ekipmanların güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
7	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Kaçak akım rölesinin ana elektrik hatlarına bağlanmaması	Elektrik çarpması, yangın	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Ana ve tat panolarına 30 mA kaçak akım rölesi ana elektrik hatlarına bağlanması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği
8	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Elektrik sistemlerinde topraklama yapılmaması	Elektrik çarpması, yangın	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Elektrik sistemlerinde uygun topraklama yapılması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği
9	Elv	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Elv için uygun olmayan elektrik tesisatının topraklanması	Elektrik çarpması, yangın	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Elv için uygun olmayan elektrik tesisatının değiştirilmesi yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
10	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Elektrik sistemlerinde topraklama yapılmaması	Elektrik çarpması, yangın	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Elektrik sistemlerinde uygun topraklama yapılması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği
11	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Kaçak akım rölesinin ana elektrik hatlarına bağlanmaması	Elektrik çarpması, yangın	3	6	15	20	<b>ESASLI RISK</b>	Ana ve tat panolarına 30 mA kaçak akım rölesi ana elektrik hatlarına bağlanması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği
12	Kıyasetler	Kıyasetlerin depolanması	Tehlikeli kıyasetlerin uygun şekilde muhafaza edilmesi	Zehirlenme, Deride tahriş, yaralanma	3	3	15	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Kıyasetlerin uygun şekilde muhafaza edilmesi yapılması	Kıyaset Maddelele Çalıştırılması Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Madde 1
13	Kıyasetler	Kıyasetlerin depolanması	Tehlikeli kıyasetlerin uygun şekilde muhafaza edilmesi	Zehirlenme, Deride tahriş, yaralanma	3	3	15	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Kıyasetlerin uygun şekilde muhafaza edilmesi yapılması	Kıyaset Maddelele Çalıştırılması Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği Madde 1
14	Çalışma Ortamı	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	3	3	15	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
15	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Hareketli parçaların etrafında çalışırken kişilerin güvenli kullanılması	Kazalar, yaralanma, deride tahriş, yaralanma	3	3	15	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Hareketli parçaların etrafında çalışırken kişilerin güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
16	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması	3	6	7	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Makine ve ekipmanların güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
17	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması	3	6	7	15	<b>ÖNEMLİ RISK</b>	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması yapılması	Çarptırıcı Ekipmanların Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
18	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	Yangın söndürme cihazlarının periyodik kontrolünün yapılması	Yangın	3	1	15	45	<b>OLASI RISK</b>	Yangın söndürme cihazlarının periyodik kontrolünün yapılması	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
19	Çekir ocağı	Çekir ocağın kullanılması	Çekir ocağın güvenli kullanılması	Çekir ocağın güvenli kullanılması	1	3	15	45	<b>OLASI RISK</b>	Çekir ocağın güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
20	Çekir ocağı	Çekir ocağın kullanılması	Çekir ocağın güvenli kullanılması	Çekir ocağın güvenli kullanılması	1	3	15	45	<b>OLASI RISK</b>	Çekir ocağın güvenli kullanılması yapılması	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
21	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	Acil durum muhtahale ekipmanlarının periyodik kontrolünün yapılması	Acil durumlarda tahliyenin engellenmesi	3	1	15	45	<b>OLASI RISK</b>	Acil durum muhtahale ekipmanlarının periyodik kontrolünün yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
22	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	300 grup prizlere bronz tırtıl priz bağlanması	Elektrik çarpması, yangın	1	2	15	30	<b>OLASI RISK</b>	300 grup prizlere bronz tırtıl priz bağlanmaması ve grup prizlere bronz tırtıl priz bağlanmaması yapılması	İşyeri Bina Ve Elektrik Enerjisi Alanında Çalışma İşleri Yönetmeliği
23	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	Tahliye planının ilgili yerlerde olmaması	Acil durumlarda tahliyenin engellenmesi	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	Tahliye planının ilgili yerlerde olmamasının giderilmesi yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
24	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
25	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
26	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
27	Çalışma Ortamı	Ölçü acil durumlarda muhtahale	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	İşyerinde olabilecek tehlikelerin belirlenmesi yapılması	İyileştirilme Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik
28	Marşal Kompresör	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması	3	1	7	21	<b>OLASI RISK</b>	Çarptırıcı ekipmanların güvenli kullanılması yapılması	Çarptırıcı Ekipmanların Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
29	25 kg ağır madde	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Elle ağır yüklerin taşınması	Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları, mideye düşürme	0.5	6	7	21	<b>OLASI RISK</b>	Elle ağır yüklerin taşınmaması yapılması	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği
30	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Yüksek sesli ekipmanların kullanılması	Rahatsızlık, işitme kaybı	0.5	6	7	21	<b>OLASI RISK</b>	Yüksek sesli ekipmanların kullanılmaması yapılması	Kıyaset Maddelele Çalıştırılması Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği

Tablo 2 (devam)

No.	Tehlike Kaynağı	Faaliyet	Tehlike	Risk	Olunabilecek Problem	Sıklık	Süre	Risk Şiddeti	Risk Durumu	Risk Seviyesi	Önerilen/Alınacak Önlemler	İlgili Mevzuat
31	Elektrik	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Açıkta kalma bulaşması	Taklma, dökme, elektrik çarpması, yangın		0,2	6	15	15	0,03	Açıkta kalma bulaşması ve protein sağlığını olumsuz etkiler olarak kontrol edilmelidir.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
32	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	Çürütü ödemelerin bulaşması		3	0,5	7	7	1,5	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
33	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Töz veya nabızına atılmaları yerle bulaşması	Batma kayma, dökme,		0,5	3	7	7	1,5	Töz veya nabızına atılmaları yerle bulaşması veya üzeri herhalde bulaşması önlenmelidir. Töz çıkarılarak yapıldığı laboratuvarlar temizlenmelidir. Haulandlarda aspirasyon sistemleri ile tozun olgunlaştırılması sağlanmalıdır.	Tozla Mücadele Yönetmeliği
34	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Temiz hava akımı olmaması	Çiğnemeli, nefes almaya zorlanma, bayımlara sebep, hastalık, yorgunluk, baş ağrısı		0,5	3	7	7	1,5	Çalışma alanında temiz hava akımı bulaşmaları ve toz çıkarılması önlenmelidir.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
35	Los Angeles Ağırma Çizici	Los Angeles ağırma taşıyıcı	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	Çürütü ödemelerin bulaşması		3	0,5	7	7	1,5	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
36	Çalışma Ortamı	Çalışma alanındaki faaliyetler	Töz veya nabızına atılmaları yerle bulaşması	Batma kayma, dökme,		0,5	3	7	7	1,5	Töz veya nabızına atılmaları yerle bulaşması veya üzeri herhalde bulaşması önlenmelidir. Töz çıkarılarak yapıldığı laboratuvarlar temizlenmelidir. Haulandlarda aspirasyon sistemleri ile tozun olgunlaştırılması sağlanmalıdır.	Tozla Mücadele Yönetmeliği
37	25 kg ağır makineler	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Yükün doğru kaldırılması ve taşıması konusunda eğitim alınmaması	Kas ve iskelet sistemi rahatsızlığı		0,2	6	7	7	1,5	Yüklerin elle taşınmasında dikkatli olmak kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabilir. Doğru ve güvenli kaldırma konusunda çalışanlar eğitilmelidir.	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği
38	Eldiv	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çalışanların kişisel koruyucu donanım kullanmaması	Yayma yaralama, yanık		0,2	6	7	7	1,5	İstisnai durumlarda çalışırken uygun kişisel koruyucu donanımları kullanmaları. Kullanılmayan parçalarını ilgili kuralda hazırlanmalı ve bertaraf edilmelidir.	Kişisel Koruyucu Donanımların Kullanılmasına Hakkında Yönetmelik
39	25 kg ağır makineler	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Yükün doğru kaldırılması ve taşıması konusunda eğitim alınmaması	Kas ve iskelet sistemi rahatsızlığı		0,2	6	7	7	1,5	Yüklerin elle taşınmasında dikkatli olmak kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabilir. Doğru ve güvenli kaldırma konusunda çalışanlar eğitilmelidir.	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği
40	Agrega Laboratuvarında Kullanılan Makinalar	Agrega Laboratuvarında kullanılan makinalar	Makine arızası ve parçaların CE işaret olmaması	Makine arızası ve parçaların başa çıkılması		1	1	7	7	1,5	Tüm makinaların arızası ve parçaları CE işaret olması gerekmektedir. CE işaret olmayan ekipmanlar kullanılmamalıdır.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
41	Eldiv	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Eldivin termal izolasyonu kontrol edilmemesi	Çalışanların sırtına veya temas etmesi sonucu yaralanır		0,5	2	7	7	1,5	Laboratuvarında bulunan eldivin termal izolasyonunun kontrol edilmesi gerekmektedir.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
42	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Tozun yerli zemine bulaşması	Kayma, dökme, acı, solunum yolu rahatsızlığı		0,5	3	3	3	1,5	Tozun yerli zeminde bulaşması kaygan hale getirebilir yerle zemin olarak bulaşması. Sıkı temizlik yapıldığı laboratuvarlar temizlenmelidir. Haulandlarda aspirasyon sistemleri ile tozun olgunlaştırılması sağlanmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
43	Çalışma Ortamı	Çalışma alanındaki faaliyetler	Tozun yerli zemine bulaşması	Kayma, dökme, acı, solunum yolu rahatsızlığı		0,5	3	3	3	1,5	Tozun yerli zeminde bulaşması kaygan hale getirebilir yerle zemin olarak bulaşması. Sıkı temizlik yapıldığı laboratuvarlar temizlenmelidir. Haulandlarda aspirasyon sistemleri ile tozun olgunlaştırılması sağlanmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
44	Agrega Laboratuvarında Kullanılan Makinalar	Agrega Laboratuvarında kullanılan makinalar	Makinenin günlük bakımının yapılması korumalarının yapılması	Makinenin çalışmaması sonucu iş kalması, makine parçalarının kırılması, elektrik çarpması		0,5	1	7	7	1,5	İnsanların makinenin dokunulmasına izin verilmemesi günlük bakımların yapılması periyodik bakımların yapılması. Günlük bakımların periyodik kontrol ve bakım yapılması gerekmektedir.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
45	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	İçine kayma, iltihap		0,5	1	7	7	1,5	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
46	Los Angeles Ağırma Çizici	Los Angeles ağırma taşıyıcı	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	İçine kayma, iltihap		0,5	1	7	7	1,5	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
47	Eldiv	Agrega Karıştırıcı	Çalışma alanı (yazma temas etmesi)	Yanık		0,5	2	3	3	1,5	Eldivin kullanım sırasında yazma temasının önlenmesi ve iş yerinde makine kullanılması.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
48	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Elektrik aldatırın kullanılması	Kesilme, delinme, fibrilasyon, elektrik çarpması		0,2	0,5	7	7	1,5	Elektrik aldatırın kullanılması, öncelikle koruyucu ekipmanların kullanılmasına bağlıdır.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
49	Çalışma Ortamı	Öse açıl durumlarda mütahale	Övertek ve sağlık iparetilerinin kullanılması	Çiğ yığılı bulaşması, açıl durumlarda kalma kayma çarpması		0,5	0,5	1	1,5	0,3	Açıl çıkış yolları ve kapıları Övertek ve Sağlık İparetilerine Yöneltilmiş şekilde kullanılmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
50	Çalışma Ortamı	Öse açıl durumlarda mütahale	Açıl durum uygun sistemleri kullanılması	Açıl durum altında direk bilgisi		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Açıl durum uygun sistemleri (sesli ve sessiz uyari) açılır durumda olmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
51	Çalışma Ortamı	Öse açıl durumlarda mütahale	Açıl durum uygun sistemleri kullanılması	Açıl durum altında direk bilgisi		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Açıl durum uygun sistemleri (sesli ve sessiz uyari) açılır durumda olmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
52	Çalışma Ortamı	Öse açıl durumlarda mütahale	Açıl durum uygun sistemleri kullanılması	Açıl durum altında direk bilgisi		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Açıl durum uygun sistemleri (sesli ve sessiz uyari) açılır durumda olmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
53	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Elektrik donanımlarının arızası	Elektrik çarpması, ateş		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Elektrik donanımlarının arızası, uygunluk olarak kullanılmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
54	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Elektrik donanımlarının bakım ve onarımının yapılmaması	Elektrik çarpması, ateş		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Elektrik donanımlarının bakım ve onarımının yapılması gerekmektedir.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
55	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Açıkta kalma bulaşması	Taklma, dökme, elektrik çarpması, yangın		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Açıkta kalma bulaşması ve protein sağlığını olumsuz etkiler olarak kontrol edilmelidir.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
56	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Ana elektrik panosunda sigorta olmaması	Elektrik çarpması, yangın		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Ana elektrik panosunda sigorta bulaşması.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
57	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Elektrik sisteminde topraklama yapılmaması	Elektrik çarpması, yangın		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Elektrik sistemlerinde uygun topraklama yapılmalıdır.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
58	Elektrik	Laboratuvarında kullanılan elektrik tesisatı	Sigorta kutularının kilitlenmesi	Yüksek voltajlı enerji, elektrik çarpması		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Elektrik sigorta kutularının kilitlenmesi, yüksek voltajlı enerjiyi engellemelidir.	İyzeri Bina Ve Eksternlerde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlgili Yönetmelik
59	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Makinelere uygun parçaların kullanılması	Dikkatsizlik, yanlış kullanım, ekipman arızası, kesilme, delinme		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Makinelere uygun parçaların kullanılması, makinenin güvenli çalışmasını sağlar.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
60	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Makinelere uygun parçaların kullanılması	Dikkatsizlik, yanlış kullanım, ekipman arızası, kesilme, delinme		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Makinelere uygun parçaların kullanılması, makinenin güvenli çalışmasını sağlar.	İş Ekspertizlerinin Kullanılmasına Bağlı Ve Güvenlik Soruları Yönetmeliği
61	Los Angeles Ağırma Çizici	Los Angeles ağırma taşıyıcı	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	İçine kayma, iltihap		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik
62	Çalışma Ortamı	Agrega laboratuvarındaki faaliyetler	Çürütü ödemelerinin yapılmaması	İçine kayma, iltihap		0,2	0,5	1	1,5	0,3	Çürütü ödemelerin manüel olarak periyodik olarak yapılmalı ve ölçüm sonuçları ilgili hekim tarafından değerlendirilmelidir.	Çalışanların Çalıştı ve İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik

Kaynak: Ateş, 2020.

Tüm çalışanlar deneylerden önce laboratuvar kapsamındaki tüm tehlike kaynakları ve riskleri bilmeli, alınacak tedbirlerin farkında olmalı; ancak bunların neticesinde deneylere başlanmalıdır. Ayrıca asfalt deneylerinde kullanılacak kimyasallara ait MSDS'ler

okunmadan kesinlikle deneye başlanmamalı, kimyasalın tehlikeleri bilinmeli, tehlike anında da nasıl müdahale edileceği bilinmelidir. Bu alışkanlık öncelikle laboratuvar sorumlularınca kazanılıp diğer tüm personel, stajyer ve öğrencilere de aşılanmalıdır. Bir alışkanlık haline gelmeden tedbirlerin alınması çok daha kolaydır. Bu sebeple asfalt agrega laboratuvarlarındaki yöneticilere ve laboratuvar çalışanlarına aŖađıdaki bazı önlem ve öneriler sunulmuştur:

Sadece deneyleri icra ederken değil, laboratuvara girildiği andan itibaren kişisel koruyucu donanım mutlaka kullanılmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda etüvle yapılan çalışmalarda deneyin gerekliliklerine uygun olan eldivenler kullanılmalıdır. Gürültü düzeyi yüksek Marshall Tokmağı, Los Angeles Aşındırma Cihazı, vb. cihazlarla çalışılırken mutlaka tam kulak koruyucu kullanılmalıdır. Ayrıca cihazlar da ses izolasyonu yapılmıŖ kabinlere ya da bölmelere konulmalıdır. Deneylerde mümkün olan en az miktarda kimyasalla çalışılmalıdır. Eğer mümkünse, tehlikeli olan madde daha az tehlikeli madde ile ikame edilmelidir. Üzerinde çalışılan kimyasalların karakteristik özelliklerine ek olarak, deneylerin reaksiyonları, birbiriyle olan etkileşimleri de bilinmelidir. Kullanılan tüm kimyasalların Güvenlik Bilgi Formları laboratuvarlarda kolay ulaşılabılır yerde olmalıdır. Yöneticiler laboratuvarlarda Kimyasal Hijyen Planı oluŖturmalıdır ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamalıdır. Etkili kaza-önleme programları oluŖturmak, kaza önleme programlarına laboratuvarda çalışan herkesin katılımını sağlamak, çalışanları bilinçlendirmek laboratuvar yöneticisinin sorumluluğu altındadır. Laboratuvarlarda bulunan basınçlı tüpler ve kompresörlerin uygun yerlere taşınıp, periyodik kontrollerinin düzenli bir şekilde yaptırılması gerekmektedir. Laboratuvar yöneticilerinin tüm kazaların ve ramak kalaların sebepleri ve sonuçlarının rapor edilmesini, düzeltici ve önleyici faaliyetlerde bulunulmasını sağlaması gerekmektedir. Bu durum her laboratuvarın kaza geçmişinin ve olası tehlikeli ve acil durumlarının gözlemlenebilmesini sağlayacaktır. Kimyasalları sınıflandırmak ve sınıflarına göre depolamak, olası patlama ve yangınları engelleyebilecektir. Acil durumlarda aranması gereken telefon numaralarını çalışanların görebileceği yerlere asmak kazaların daha hafif atlatılmasını sağlayacaktır. Laboratuvar çalışanlarının sağlık kontrollerinin düzenli olarak yaptırılması takip edilmelidir. Laboratuvar yöneticileri tarafından bizzat uygulamalı eğitimler

organize edilmelidir. Eğitimler için video ve görsellerle desteklenmiş uzaktan eğitim sistemi kurulmalı, uygulamalı eğitimler artırılmalı ve bu eğitimlere ait broşür, poster, el kitapçıkları, vb. gibi gerekli dokümanlar hazırlanmalıdır.

## KAYNAKÇA

ABT Laboratuvar (2021). *Agrega Laboratuvarı*  
<http://abtlab.com.tr/kategori/agrega-laboratuvari.html> adresinden alınmıştır.

Ateş, Ş. (2020). *Asfalt laboratuvarlarında alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri ve İsfalt örneği*, (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). T.C.İstanbul Yeniüzyıl Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Resmi Gazete (2018). *Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği*, 30349.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180303-1.htm> adresinden alınmıştır.

Resmi Gazete (2007). *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*,26735.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/12/20071219-2.htm> adresinden alınmıştır.

Resmi Gazete (2013). *Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*, 28721.  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm> adresinden alınmıştır.

Resmi Gazete (2013). *Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik*, 28633.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130430-6.htm> adresinden alınmıştır.

Resmi Gazete (2013). *İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik*, 28710.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130717-2.htm> adresinden alınmıştır.

Resmi Gazete (2013). *İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik*,28681.  
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130618-8.htm> adresinden alınmıştır.

Karabulut, M. (2016). *Üniversitelerin Kimya Laboratuvarlarında Çalışanların İSG Risklerinin Tespiti ve Kimyasal Maruziyetinin Çözüm*

*Önerileri*, (İŖ Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Ankara/Türkiye, ÇalıŖma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İŖ Sağ. ve Güv. Gn. Müd.

Resmi Gazete (2013). *Kimyasal Maddelerle ÇalıŖmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik*, 28733. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130812-1.htm> adresinden alınmıŖtır.

Resmi Gazete (2019). *KiŖisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği*, 30761.

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190501-5.htm> adresinden alınmıŖtır.

Kuzucuoğlu, A. (2016). *Risk Değerlendirmesi*, (T.C. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İSG Tezsiz Yüksek Lisans Ders Notları). İstanbul/Türkiye.

T.C. ÇalıŖma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İŖ Sağlığı ve Güvenliği Gn. Müd. *Laboratuvarlarda İŖ Sağlığı ve Güvenliği*, (broŖür). Ankara/Türkiye.

<https://www.csgb.gov.tr/medias/3865/brosur26.pdf> adresinden alınmıŖtır.

Resmi Gazete (2006). *Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teğizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelik*, 26392. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/12/20061230m4-4.htm>

Özkılıç, Ö. (2005). *İŖ Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*. Ankara/Türkiye, Türkiye İŖveren Sendikaları Konfederasyonu.

Özkılıç, Ö. (2014). *Risk Değerlendirmesi, ATEX Direktifleri- Patlayıcı Ortamlar- Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması- Kantitatif Risk Değerlendirme*. Ankara/Türkiye, Türkiye İŖveren Sendikaları Konfederasyonu.

T.C. ÇalıŖma ve Sosyal Güv. Bak. İŖ Sağ. ve Güv. Mrk. Müd. (2015). *ÇalıŖanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunmalarına İliŖkin Uygulama Rehberi*. Ankara/Türkiye. <https://www.csgb.gov.tr/medias/4586/rehber02.pdf> adresinden alınmıŖtır.

T.C. ÇalıŖma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı İŖ Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (2011). *Kimyasalların Güvenli Depolanması Rehberi*. Ankara/Türkiye. <https://www.csgb.gov.tr/medias/4610/rehber10.pdf> adresinden alınmıŖtır.

T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü (2013). *Karayolları Teknik Ŗartnamesi (Yol Yapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve ÇeŖitli İŖler)*. Ankara/Türkiye, KGM.

Resmi Gazete (2008). *Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik*,27092.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081226M1-4.htm>

adresinden alınmıştır.

United States Department of Labers Occupational Safety and Health Administration (1990-2012). *Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Laboratories. Standard Number:1910.1450.*

[https://www.osha.gov/laws-](https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450)

[regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450](https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450) adresinden alınmıştır.

UTEST Malzeme Test Cihazları (2021). *Agrega Grubu Ürünleri.*

<https://www.utest.com.tr/tr/20371/AGREGA> adresinden alınmıştır.

# Havalimanı Yer Hizmetleri Binalarının Temizlik İşlerinde REBA Ve RULA İncelemesi

**Nergis Çanakçı**

*Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0001-8924-667X)

**Müge Ensari Özay**

*Üsküdar Üniversitesi, İstanbul Türkiye*  
(0000-0002-4785-5503)



## GİRİŞ

Temizlik sektörü; teknolojik ve endüstriyel gelişmeler sonucunda, gelişen hizmet sektörünün en önemli paydaşlarından biri olarak, hizmet sunucularının yeniliğe açık yönetim politikaları doğrultusunda yaygınlaşmasını sürdüren bir endüstri alanıdır. Çalışan nüfusun ve çalışma sürelerinin artması, işyerlerinde profesyonel temizlik hizmetlerine olan gereksinimi de arttırmaktadır. Dünyadaki profile bakıldığında endüstriyel, ticari ve ev temizliği gibi bölümlere ayrılan temizlik sektöründe çalışan sayılarının Amerika Birleşik Devletleri'nde 3,3 milyon, İngiltere'de 461.000 ve Avustralya'da 239.700 kişi olduğu görülmektedir. Ülkemizde ise temizlik hizmeti yaklaşık 1,5 milyon kişiyi istihdam eden bir işkolu haline gelmiştir (Cleaning Service Reviewed, 2018).

Temizlik işleri genel olarak değerlendirildiğinde; tekrarlayıcı ve zorlayıcı hareketler, bir şeyin itilmesi, çekilmesi ve kaldırılması, uzun çalışma süreleri, sürekli ayakta çalışma ve ani hareket değişimleri, yetersiz dinlenme araları, bir ekipman kullanırken aşırı kuvvet uygulanması gibi ergonomik risk etmenlerini içermektedir. Bu etmenler, ergonomik olmayan ekipman kullanımı ile birlikte mesleki kas ve iskelet sistemi hastalıklarına neden olmaktadır. İşverenler, çalışan sağlığını ve güvenliğini tehdit eden ergonomik risk etmenlerini mevzuat gereğince yapılması zorunlu tutulan risk değerlendirmelerini kullanarak belirleyebilmektedir. Ancak belirlenen risk etmenleri ile ilgili detaylı araştırmalar ergonomik risk analiz yöntemleri ile yapıldığında daha somut sonuçlara ulaşılabilecektir (Engür vd., 2019). Bu noktada küreselleşen dünyanın getirdiği yeniliklere rağmen iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan çalışan sayıları gerileme göstermemektedir. 2019 yılı SGK İş Kazası ve Meslek Hastalığı İstatistiklerine bakıldığında 422.463 sigortalı çalışanın iş kazası geçirdiği ve 1088 sigortalı çalışanın meslek hastalığına yakalandığı tespit edilmiştir (SGK İstatistikleri, 2019). Meslek gruplarına göre bakıldığında ise binaların genel temizliğinden sorumlu 11.979 sigortalı çalışanın iş kazası geçirdiği, farklı sektörlerdeki 72 sigortalı çalışana ise kas iskelet sistemi ve bağ dokusu hastalığı tanısı konulduğu görülmektedir (SGK İstatistikleri, 2019).

Bu doğrultuda 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle beraber ülkemizde çalışılan her

alandaki çalışma Ŗartlarını iyileŖtirici, çalışan sağlığını ve güvenliğini ön planda tutan bir anlayıŖ benimsenmeye baŖlamıŖtır (Yavuz vd., 2020). İŖ sağlığı ve güvenliği mevzuatı; iŖyerlerindeki mevcut tehlikeleri ve bu tehlikelerin sonuçlarını öngörerek oluşturulmuŖ, çalışanların maruz kalacakları hastalık, yaralanma ya da kazaları en aza indirebilmek için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlayan bir rehber niteliği taŖımaktadır (Çakan ve Yavuz, 2020). İŖin yapıldığı ortamın çalışanın fiziksel ve zihinsel refahını destekleyebilmesi için ergonomi ile iŖ sağlığı ve güvenliği mevzuat uygulamaları entegre olarak yürütülmelidir. Ergonomik düzenlemelerle çalışan için sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluştururken, iŖverene de daha çok verim, daha çok üretim ve daha çok kazanç sağlanmaktadır (Demircioğlu, 2011).

Ergonomik düzenlemelerin yapılacağı yerlerin tespitinde çalışanların uygun olmayan çalışma duruşlarının belirlenmesi ve ergonomik risk analiz yöntemleri ile değerlendirmesinin yapılması daha doğru sonuçların elde edilmesi açısından önemlidir (Atıcı vd., 2015; Kırcı vd., 2020; Özay vd., 2020). Bu çalışmada incelemesi yapılan örnek alınan havalimanı yer hizmetleri kapsamında yolcu hizmetleri, uçuŖ operasyon, ulaŖım, gözetim ve yönetim gibi iŖlerin yürütüldüğu binaların oluşturduğu geniŖ bir alanı kapsamaktadır. Çalışan sayısının yoğunluğu, ofis ve genel kullanım alanlarının çokluğu göz önüne alındığında temizlik iŖlerinin organizasyonu ve yönetimi, temizlik çalışanlarının iŖ akıŖları, kiŖi başına düşen temizlenecek alan dağılımları ve tercih edilen iŖ ekipmanları gibi birçok faktörün fiziksel, psikososyal ve ergonomik olarak yeterliliğine dikkat edilmelidir. Bu çalışmada temizlik iŖleri esnasında ortaya çıkan ergonomik risklerin analiz edilmesi için sistematik gözlemlere dayalı yöntemlerden olan REBA ve RULA kullanılmıŖtır. Sıklıkla tercih edilen REBA ve RULA ergonomik risk analiz yöntemlerinin, seçilen aynı temizlik iŖleri için ortaya koyduğu benzerlik ve farklılıkların kıyaslaması yapılarak, önerilerde bulunulmuŖtur.

## LİTERATÜR TARAMASI

Çalışma alanlarındaki çalışan, makine ve ekipman uyumunun sağlanması, kullanılacak araçlara eriŖimin kolay olması, ortam düzenin sağlanması ve çalışana yüklenen baskının azaltılması önem arz etmektedir. İŖin yapılması sırasında insan bedenine uygun olmayan çalışma duruşları, sabit duruşlar ya da tekrarlanan hareketler sebebiyle

meydana gelen zorlanmalar çalışanlarda özellikle bel, boyun, sırt bölümlerinde kas ve iskelet sistemi hastalıklarına sebep olmaktadır.

Başta sağlık hizmetleri olmakla beraber birçok farklı endüstriyel alanda varlığı bilinen ancak kas iskelet sistemi üzerindeki etkileri öngörülemeyen çalışma duruşlarına duyarlı olarak Hignett ve McAtamney (2000) tarafından tasarlanmıştır. REBA yöntemi işyerinin ergonomik olarak değerlendirilmesini, tespit edilen çalışma duruşları ile kas iskelet sisteminde meydana gelecek hasarı ortaya koymaya yarayan ve uygulama açısından oldukça kolay bir yöntemdir. RULA yöntemi ise çalışma duruşlarının mesleki kas ve iskelet sistemi hastalıklarının meydana gelmesindeki rolünü ortaya koyabilmek için McAtamney ve Corlett (1993) tarafından insanın üst uzuvlarının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. RULA yöntemi vücudun üst kısmında yer alan el-bilek-kol-omuz bölgesinin değerlendirmesine yoğunlaşmış olsa da gövde, boyun ve bacakların vücudun üst kısmını etkileyebilecek duruşlarını değerlendirmeye eklemektedir.

Literatürde REBA ve RULA yöntemleri kullanılarak ergonomik risk analizi yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Tarakçı vd. (2020), REBA yöntemini kullanarak bir işletmenin üretim hattında ergonomik risk analizi yapmışlar ve iyileştirme önerilerinde bulunmuşlardır. Bu çalışmaya göre üretim sürecinin 2/3'ü orta, 1/3'ü yüksek riskli bulunmuş, iyileştirme çalışmaları neticesinde ergonomik risklerin azalması ve üretimin artması beklenmektedir.

Neşeli (2016), “Ergonomik Risk Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Kalıp İmalat Firmasında Uygulanması” adlı çalışmasında kalıp imalatı işinin her aşaması için REBA ve RULA yöntemlerini ayrı ayrı uygulayarak çalışma duruşlarını analiz etmiş, elde ettiği puanlara göre iyileştirme önerilerinde bulunmuştur. Şeren ve Öz (2018), eğilme, uzanma, omuz seviyesinin üzerinde çalışma gibi ergonomik risk faktörlerini barındıran asansör montaj işlerinde RULA ve REBA yöntemlerini kullanarak ergonomik risk analizi yapmışlardır. 50 farklı montaj işinde 28 adet yüksek ya da çok yüksek risk grubunda iş tespit etmişlerdir. Bu çalışma ile sektör çalışanlarının kas ve iskelet sistemi hastalıklarına yakalanma riskinin yüksek olduğu, denetim ve organizasyon yetersizlikleri temel sorun olarak belirlenmiştir.

Sakalar (2018) “Montaj Hattında Ergonomik Risk Faktörlerinin REBA Metodu ile İncelenmesi: Otomotiv Yan Sanayi Sektörüne Yönelik Bir

Uygulama” adlı tez çalışmasında montaj hattında yer alan zorlu istasyonlarda çalışanların duruşları REBA yöntemine göre analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda istasyonların orta risk grubunda olduğu tespit edilmiştir. Sağıroğlu vd. (2015) bir kompresör işletmesinde farklı istasyonlarda REBA yöntemi kullanarak risk derecelerini belirlemiş ve iyileştirme önerilerinde bulunmuştur. Gerçekleştirilen iyileştirme faaliyetleri sonucunda risk derecelerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Baş ve Yapıcı (2020), kuruyemiş üretimi yapan bir işletmede üretim süreçlerinde farklı işlemleri REBA ve RULA yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Günlük üretim süreçlerinde tekrarlayan tehlikeli durum ve davranışların risk derecelerini belirleyerek, iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Enez ve Nalbantoğlu (2015), “REBA Yönteminin Ormancılık Faaliyetleri Açısından Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında ormancılık üretim faaliyetlerinde çalışan orman işçilerinin REBA yöntemine göre orta risk derecesinde yer aldığını tespit etmişlerdir. Ergonomik müdahalelerin yapılması gerekli bulunmuştur.

Özay ve Doğanbatır (2018) perakende sektöründe hizmet veren bir süpermarketin kasap, şarküteri, depo ve manav bölümleri ile temizlik işlerinde çalışan duruşlarını REBA, el ile yük taşıma işlerini NIOSH ve itme-çekme işlerini Snook tabloları yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre iyileştirme önerileri sunulurak çalışanların çalışma ortamlarının ergonomik hale getirilebileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında temizlik sektörüne yönelik havalimanı yer hizmet binaları ölçeğinde yapılan temizlik işleri için insan, makine ve çalışılan çevre arasındaki ilişki ergonomik riskler Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme Yöntemi (REBA) ve Hızlı Üst Vücut Değerlendirme (RULA) ergonomik risk analiz yöntemleri uygulanarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına bakılarak iş kazası ve mesleki kas iskelet sistemi hastalıklarına karşı alınabilecek önlemler konusunda önerilerde bulunulmuş ve REBA ve RULA ergonomik risk analiz yöntemleri kıyaslanarak aralarındaki benzer ve farklı yönler değerlendirilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada ulusal ve uluslararası hava yolu taşımacılığının önde gelen şirketlerinden birinde hizmet veren temizlik çalışanlarının genel merkez binasında yapılan temizlik işleri REBA ve RULA ergonomik risk analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. 37.000 m<sup>2</sup> yerleşim alanına sahip ve 12 kattan meydana gelen genel merkez binasında 60 temizlik çalışanı görev almaktadır. Her katta açık ofis alanları, toplantı salonları, 1 adet kadın ve 1 adet erkek tuvaleti, 4 adet asansör ve kat merdivenleri yer almaktadır. Bu çalışmada temizlik çalışanları için günlük ve haftalık yapılacak işleri gösteren iş planı incelenerek, en yoğun çalışılan ve tekrarlanan işler tespit edilmiştir. Saha gözlemleri sonucunda değerlendirmeye alınacak duruşlar seçilirken; yapılan işin tekrarlanma sıklığı, stabil olarak devam eden duruş, kuvvet gerektiren duruş, dengesizlik yaratan duruşlar vb. kriterlere dikkat edilerek seçilen iş tanımları için çalışma duruşları incelenmiş ve ergonomik risk analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmanın yürütülmesi için seçilen binada, rastgele seçilen temizlik çalışanları ve çalışılan ortam bir hafta boyunca her gün izlenerek fotoğraflamalar yapılmış ve kayıt altına alınmıştır. Sıklıkla tekrarlanan ve zorlayıcı olan 6 farklı iş için 16 çalışma duruş pozisyonu incelenmiş ve her biri için örnek temsili resimler Şekil 1’de gösterilmiştir.

İnceleme alanında tespit edilen temizlik işleri için REBA ve RULA risk analiz yöntemleri ile yapılan değerlendirme sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2’de belirtilmiştir.

Şekil 1(a)’da görülen tuvalet zeminlerinin temizliği personel yoğunluğunun olmadığı akşam saatlerinde sulu ve köpüklü olacak şekilde günde 1 kere detaylı olarak yapılmaktadır. REBA’ya göre 5 puan hesaplanarak orta risk derecesinde ve önlem alınması gerekli görülmektedir. RULA’ya göre 7 puan hesaplanarak çok yüksek risk derecesinde ve derhal değişiklik yapılması gerekli görülmektedir.

Şekil 1(b)’de görülen tuvalet tavanlarının temizliği haftada 1 kere genel temizlik kapsamında her katta bulunan kat sorumlusu kadın ve erkek personel tarafından nemli mop ile silinerek yapılmaktadır. Omuz seviyesinin üzerinde ve uzun süre aynı hareketin tekrarlanması söz konusudur.

<b>(a) Tuvalet zeminlerinin yıkanması işi</b>	<b>(b) Tuvalet tavanlarının temizliği işi</b>	<b>(c) Ofis zeminlerinin temizliği işi</b>
		
<b>(d) Makine ile sert zemin yıkama işi</b>	<b>(e) Dış cephe camlarının silinmesi işi</b>	<b>(f) Çalışma masalarının silinmesi işi</b>
		

*Şekil 1. Temizlik işleri ve çalışanların temsili resimleri*

REBA'ya göre 9 puan hesaplanarak yüksek riskli ve RULA'ya göre 7 puan hesaplanarak yüksek riskli olduğu tespit edilmiştir. Bu iş için derhal önlem alınması gereklidir. Şekil 1(c)'de görülen ofis zeminlerinin temizliği her sabah personel yoğunluğu başlamadan önce yapılmaktadır. Islak mop ile silinip, sonrasında çekçek ile kurulanmaktadır. Bu çalışma esnasında üst kol ve sırtta aşırı yüklenme söz konusudur. REBA'ya göre 9 ve RULA'ya göre 6 puan ile yüksek riskli olduğu tespit edilmiştir. Gerekli önleyici tedbirler ivedilikle alınmalıdır.

Şekil 1(d)'de görülen makine ile sert zemin yıkama işi her gün, 1 çalışan tarafından yapılmaktadır. Kullanılan makine yaklaşık 60-70 kg ağırlığındadır. Makinenin ileriye doğru hareketi; çalışanın vücudunu geriye alıp, kollarından kuvvet alarak itmesiyle gerçekleşmektedir. RULA'ya göre 7 puan hesaplanarak çok yüksek riskli ve derhal değişiklik yapılması gerekli görülmektedir. REBA'ya göre 10 puan hesaplanarak yüksek riskli ve kısa sürede önlem alınması gerekli görülmektedir.

Şekil 1(e)'de görülen dış cephe camlarının silinmesi işi aylık program dâhilinde yaz aylarında her gün kış aylarında ise ihtiyaç duyulduğunda yapılmaktadır. Yerden erişimin mümkün olduğu dış cephe camları her gün 1 personel tarafından silinmektedir. REBA'ya göre 10 puan hesaplanarak çok yüksek riskli ve RULA'ya 5 puan hesaplanarak yüksek riskli ve kısa sürede önlem alınması gerekli görülmektedir.

Şekil 1(f)'de görülen çalışma masalarının silinmesi yoğun ofis çalışması yapılan merkez binada her gün tekrarlanan işler arasında yer almaktadır. Her sabah katta sorumlu 2 kadın çalışan tarafından kişi başına ortalama 150 masa silinmektedir. REBA'ya göre 9 puan hesaplanarak çok yüksek riskli ve RULA'ya göre 6 puan hesaplanarak yüksek riskli olduğu tespit edilmiştir. İvedilikle değişiklik yapılması gerekli görülmektedir.

## **SONUÇ**

İş sağlığı ve güvenliği bakımından temizlik çalışanlarının maruz kaldıkları sektörel tehlike ve riskler ele alındığında ilk akla gelen, kullanılan kimyasal maddeler olsa da bedenen maksimum güç ve efor gerektiren bir iş olduğundan fiziksel risk etmenlerinin de öncelikli olarak değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Temizlik hizmeti verilen işyerleri incelendiğinde fiziksel risk etmenleri olarak temizlik işleri esnasında kullanılan makine ve ekipmanlar, ıslak çalışma gerektiren yerlerde oluşan kaygan zemin, temizlenmesi istenen nesnelerin boyutu, ağırlığı ve şekli, yüksekte çalışma yapılması gibi kuvvet gerektiren işlerin yoğunluğu dikkati çekmektedir. Yapılan işlerin çalışan sağlığını tehlikeye atmayacak ve çalışan kişinin antropometrik özelliklerine uyum sağlayabilecek nitelikte olması beklenmektedir.

Tablo 1. Temizlik işlerinin REBA puanları

	Şekil 1 (a)	Şekil 1 (b)	Şekil 1 (c)	Şekil 1 (d)	Şekil 1 (e)	Şekil 1 (f)
Boyun	2	3	3	3	3	2
Gövde	3	2	4	3	4	4
Bacak	1	1	1	1	2	2
TABLO A	4	4	6	5	7	6
Taşıma Yük Puanı	0	0	0	3	0	0
A PUANI	4	4	6	8	7	6
Üst Kol	2	5	4	3	4	3
Alt Kol	2	1	2	2	2	1
Bilek	2	2	2	3	3	3
TABLO B	3	7	6	5	7	5
Tutuş Puanı	0	0	0	0	0	0
B PUANI	3	7	6	5	7	8
C PUANI	4	7	8	10	9	8
Aktivite Yoğunluğu	1	2	1	0	1	1
REBA PUANI	5	9	9	10	10	9

Tablo 2. Temizlik işlerinin RULA puanları

	Şekil 1 (a)	Şekil 1 (b)	Şekil 1 (c)	Şekil 1 (d)	Şekil 1 (e)	Şekil 1 (f)
Üst Kol	3	4	4	4	3	3
Alt Kol	2	2	2	1	2	1
Bilek	3	2	2	3	2	1
Bilek Bükülmesi	1	1	1	1	1	1
A PUANI	4	4	4	4	4	3
Kas Kullanım Puanı	1	1	1	1	1	1



Tablo 2. (devam)

	Şekil 1 (a)	Şekil 1 (b)	Şekil 1 (c)	Şekil 1 (d)	Şekil 1 (e)	Şekil 1 (f)
Kuvvet Yük Puanı	0	0	0	3	0	0
C PUANI	5	5	5	8	5	4
Boyun	2	4	2	1	1	1
Gövde	4	1	3	2	1	4
Bacak	2	2	2	2	2	2
B PUANI	5	5	5	3	3	5
Kas Kullanı m Puanı	1	1	1	1	1	1
Kuvvet Yük Puanı	0	0	0	3	0	0
D PUANI	6	6	6	7	4	6
RULA PUANI	7	7	6	7	5	6

Çalışma kapsamında seçilen temizlik işlerinin REBA ve RULA yöntemleri ile yapılan risk analizleri neticesinde elde edilen veriler Tablo 3'te yer almaktadır.

Binaların ve kullanılan ekipmanların tasarımındaki ergonomik riskler, çalışanın duruşunu sağlığa zararlı hale getirerek, daha fazla yorulmalarına sebep olur ve böylece yapılan işin kalitesinden ödün verilmesi kaçılmaz olmaktadır. Bu çalışmada; çalışanlarda zorlanmaya neden olan çalışma duruşlarının REBA ve RULA yöntemleri ile analiz edilerek risk dereceleri hakkında tespitler yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçlarına göre;

Tuvalet içerisindeki tüm alanlardaki temizlik sırasında meydana gelen duruşlar incelendiğinde gövde bükülmüş, ileriye doğru eğilmiş, kollarında uzanma ve bilek bölgesinde bükülmeler söz konusudur.

Tablo 3. Genel değerlendirme tablosu

Ŗekil Adı	Yapılan İŖ	REBA Puanı	REBA Risk Seviyesi	RULA Puanı	RULA Risk Seviyesi
(a)	Tuvalet zeminlerinin yıkanması iŖi	5	Orta Risk	7	Çok Yüksek Risk
(b)	Tuvalet tavanlarının temizliği iŖi	9	Yüksek Risk	7	Çok Yüksek Risk
(c)	Ofis zeminlerinin temizliği iŖi	9	Yüksek Risk	6	Yüksek Risk
(d)	Makine ile sert zemin yıkama iŖi	10	Yüksek Risk	7	Çok Yüksek Risk
(e)	Camların silinmesi iŖi	10	Yüksek Risk	5	Yüksek Risk
(f)	ÇalıŖma masalarının silinmesi iŖi	9	Yüksek Risk	6	Yüksek Risk

Manuel ekipman kullanmak yerine makine kullanımının sağlanması ya da fırça, çekçek gibi ekipmanlarının ayarlanabilir özellikte olanların tercih edilmesi, ergonomik olmayan bu duruşları engelleyecektir.

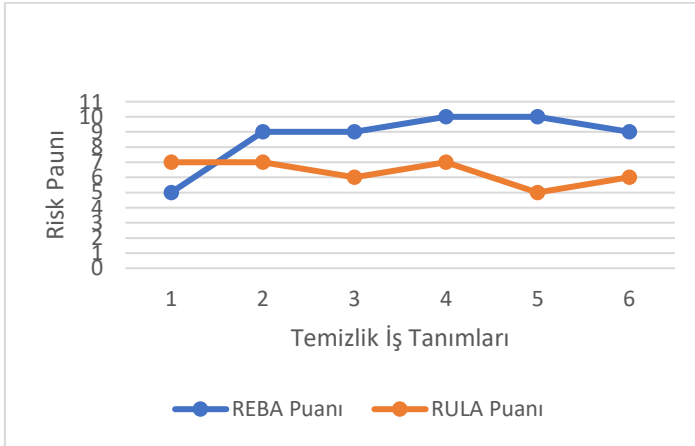
Ofis zeminlerinin temizliği iŖinde ekipmanın zemindeki hareketi tamamıyla kol ve bilek koordinasyonu ile sağlandığından aynı hareketin tekrarlı kombinasyonundan (zeminde “8” Ŗeklinde hareket) oluŖan bu çalıŖmada makine tercih edilmelidir. Uygun boyutlarda moplama makinesi temin edilmesi, kas ve taşıma yükünü azaltarak kollar, bilek ve sırtta oluŖan baskı ve vücudu zorlayan açılırları ortadan kaldıracaktır. Makine kullanımını uygun olmadığı alanlarda çalıŖan sayısı arttırılarak kiŖi baŖı çalıŖma süresinin azaltılması da kolaylık sağlayacaktır.

Makineli sert zemin temizliğinde ise daha hafif bir makine tercih edilmesi ya da binicili makinelerin kullanılması çalıŖanı zorlayan bu hareketlerin ortadan kaldırılmasını ve böylece kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının önlenmesini sağlayacaktır.

Dış cephe camlarının silinmesi sırasında özellikle en alt ve en üst kısımların silinirken çalışan kişi eğilme ya da uzanma gereksinimi duymaktadır. Çalışanın camları silerken sürekli eğilip kalkması bel-boyun-kol bölgesinde ciddi hasarlar meydana getireceğinden, eğilme ve bükülmeleri en aza indirecek şekilde ekipman değişikliği yapılması önerilmektedir. Ergonomik ve teknolojik gelişmeler göz önünde bulundurularak akülü, kolay taşınabilir ve daha hafif olan akülü cam silme makinesi kullanımı önerilmektedir. Böylelikle vücudun uygun olmayan duruşlarının düzeltileceği düşünülmektedir.

Tek ayağından destek alarak ve uzanmayı gerektiren çalışma masalarının silinmesi işi yapılırken özellikle üst kol bölgesini olumsuz etkilemektedir. Çalışma duruşunun düzeltilebilmesi için ekipman değişikliğine gidilerek teleskopik saplı ve küçük ebatlarda temizlik aracı kullanılması problemin giderilmesinde faydalı olacaktır.

Bu çalışmaya konu olan binada yapılan temizlik işleri REBA ve RULA yöntemleriyle analiz edilerek, aynı işin iki yöntem üzerinden kıyaslaması yapılmıştır (Şekil 2). Seçilen 6 temizlik işinin REBA'ya göre değerlendirilmesinde 1 tane orta risk, 5 tane yüksek risk seviyesi tespit edilmiştir. Aynı işlerin RULA'ya göre değerlendirme sonuçlarına bakıldığında 3 tane yüksek risk, 3 tane çok yüksek risk seviyesi tespit edilmiştir.



Şekil 2. Temizlik işleri için REBA ve RULA puanlarının karşılaştırılması

Elde edilen bulgulardan yola çıkılarak denilebilir ki tehlikeli sınıfta yer alan temizlik işlerinde çalışanların ekipman, işyeri tasarımı ve bireysel farkındalık bakımından iş kazası ya da meslek hastalığı yaşama olasılığı oldukça yüksektir. Çalışma kapsamında değerlendirilen temizlik işleri için her iki yöntem uygulanarak elde edilen sonuçlar ergonomik yetersizliklere ve iyileştirmelerin kaçınılmazlığına dikkat çekmektedir. Değerlendirmeye alınan temizlik işleri yapılırken meydana gelen duruşların bedene yüklediği yükün riski REBA'ya göre RULA yönteminde daha yüksek seviyeleri göstermektedir. RULA ve REBA'nın ortaya koyduğu farklı seviyelerdeki veriler bir yöntemi diğerinden daha üstün kılmaya da güvenilirlik bakımından RULA yöntemini öne çıkarmaktadır. Temizlik işleri tüm vücudun aktif olarak kullanıldığı işler olsa da vücudun üst kısmının özellikle de kolların diğer vücut bölümlerine oranla daha fazla kullanılması RULA yönteminin daha doğru sonuçlar alınmasını sağlayacağını ortaya koymaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Nergis Çanakçı'nın Dr. Öğretim Üyesi Müge Ensari Özay'ın danışmanlığında Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Programında yazdığı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır. Üsküdar Üniversitesi hocalarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

Atıcı, H., Gönen, D. ve Oral, A. (2015). Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 239-244.

Baş, H. ve Yapıcı, F. (2020). İş İstasyonlarında Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Ergonomik Açısından İrdelenmesi: Örnek Uygulama. Ergonomi, 3(3), 128-137.

Cleaning Service Reviewed, (2018).

<https://www.cleaningservicereviewed.com/global-cleaning-industry-statistics/> adresinden alınmıştır.

Çakan, M. ve Yavuz, Ş. (2020). Üniversitelerdeki İş Sağlığı ve Güvenliği Konusundaki Risk Faktörlerinin Önem Derecelerine Göre Sıralanması: Hitit Üniversitesi Örneği. Elçin YAZICI (Ed.), Eğitim Araştırmaları-2 içinde (s. 1-24). (2. Baskı). ANKARA: İKSAD Uluslararası Yayınevi.

- Demircioğlu, G. (2011). Fiziksel Ergonomi. <https://ergo08012.wordpress.com/2011/05/09/fiziksel-ergonomi/> adresinden alınmıştır.
- Enez, K. ve Nalbantoğlu, S. (2015). REBA Yönteminin Ormancılık Faaliyetleri Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3), 127-131.
- Engür, M.O. ve Chaush-ogly, K. (2019). Türkiye İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatında Ergonominin Yeri Üzerine Bir Çalışma. *Ergonomi*, 2 (2), 69-77.
- Hignett, S. ve McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomic*, 31, 201-205.
- Kırcı, B.K., Özay M.E. ve Uçan R. (2020). A Case Study in Ergonomics by Using REBA, RULA and NIOSH Methods: Logistics Warehouse Sector in Turkey. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 7(4), 257-264.
- McAtamney, L. ve Corlett, N. (1993). RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- Neşeli, C. (2016). Ergonomik Risk Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Kalıp İmalat Firmasında Uygulanması, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir, Türkiye.
- Özay, M.E. ve Doğanbatır, Ç. (2018). Perakende Sektöründe Bir Süpermarkette REBA, NIOSH ve Snook Tabloları Yöntemlerini Kullanarak Ergonomik Risk Analizi Vaka Çalışması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6 (3), 448-459.
- Özay, M.E., Çakır O., Uçan R. ve Gül A. (2020). Application of RULA and NIOSH Ergonomic Risk Assessment Methods: A Case Study in Construction Industry in Turkey. *International Journal of Engineering Research veamp; Technology*, 9, 306-312.
- Sağiroğlu, H., Coşkun, M. ve Erginel, N. (2015). REBA ile Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3), 339-345.
- Sakalar, E. (2018). Montaj Hattında Ergonomik Risk Faktörlerinin REBA Metodu ile İncelenmesi: Otomotiv Yan Sanayi Sektörüne Yönelik Bir Uygulama, İzmir Üniversitesi. İzmir, Türkiye.
- SGK İstatistikleri, (2019). [http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari) adresinden alınmıştır.

Ŗeren, T. ve Öz, E. (2018). Asansör Montaj İşlemlerinin Ergonomik Yönden Değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6 (0), 40-48.

Tarakçı, E., Can, E, Sakallı, A. ve Tak, G. (2020). The ergonomic risk analysis with REBA method in production line. Ergonomi, 3 (2), 96-107.

Yavuz, Ŗ., Gür, B. ve Özdemir, Ö. (2020). Investigation of occupational health and safety experts for their own professionals. Euroasia Journal Of Social Sciences- Humanities, 7(5), 59-70.

# Üniversite Kampüsünde Su Tüketimi ve Sayaç Sonrası Sızıntıların Akıllı Su Sayaçları Kullanılarak İncelenmesi

**Simge Enderoğlu**

*Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye*  
(0000-0002-5117-4401)

**Ayşe Muhammetoğlu**

*Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye*  
(0000-0002-7919-3671)

**Habib Muhammetoğlu**

*Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye*  
(0000-0002-7919-3671)

## GİRİŖ

Günümüzde içme suyu temini sistemlerinin sağlık koŖullarına uygun Ŗekilde ve kesintisiz iŖletilmesinin yanı sıra Ŗebekedeki aŖırı ve kontrolsüz su tüketimlerinin önlenmesi, su ve enerji kayıpları ile birlikte sera gazı emisyonlarının azaltılması da büyük önem kazanmaktadır. Suyun kaynaktan alınması, arıtımı, iletimi ve dağıtım aşamalarında ciddi miktarlarda enerji tüketilmekte ve sera gazı emisyonları oluŖmaktadır. Dolayısıyla, su temin sistemlerindeki su kayıplarının ve aŖırı/kontrolsüz su tüketimlerinin önlenmesi ile öncelikle su kaynakları üzerindeki baskılar azaltılmakta, eŖ zamanlı olarak enerji tasarrufu ile birlikte önemli ekonomik ve çevresel kazanımlar elde edilmektedir.

Kentsel su temini amacıyla temiz ve yeni su kaynaklarının bulunması, kaynaktan alınan suyun içilebilir su kalitesinde arıtılması, bu iŖlemlerin ardından suyun iletim hattı ve su dağıtım Ŗebekesi ile yerleşim alanlarındaki kullanıcıların hizmetine sunulması hem ekonomik hem de teknik açıdan zor ve maliyetli bir süreçtir (Muhammetoglu vd., 2018). İçme suyu taleplerinin karşılanmasına yönelik çözümlerin bulunmasında yeni su kaynağı arayışına baŖlamadan önce, mevcut Ŗebekedeki su kayıplarının azaltılması ile ilgili çalıŖmalara öncelik verilmesi büyük önem arz etmektedir (Kanakoudis ve Muhammetoglu, 2014; OSİB, 2014).

Su kayıplarının azaltılması için özellikle sayaçlar seçilirken hassasiyetine, montajına, boyutuna, doğru sayaç seçimine ve eski sayaçların yenilenmesine dikkat edilmelidir. Aynı zamanda sayaçları okuyan personelin de dikkatli olması, eksik ya da fazla tüketim miktarı konusunda veri okuma ve kayıt hatalarına sebep olmaması gerekmektedir. Ülkemizde abonelerin içme suyu tahakkuklarının belirlenmesi için genellikle hız esaslı mekanik su sayaçları kullanılmakta ise de günümüzde hızla gelişmekte olan akıllı su sayaçlarının kullanımı, sağladığı ek avantajlar ile ilgi çekmektedir (Nguyen vd., 2018; Randall ve Koech, 2019). Akıllı sayaçlar, aŖırı su tüketimi uyarısı ve sızıntı tespiti ile abonelerin su tüketimlerini kontrol etmeleri ve azaltmaları için olanak sağlar. Akıllı su sayaçları, su akışını ölçmek için hacim esaslı ve oldukça yüksek hassasiyete sahip ölçüm yöntemlerini kullanırlar. Akıllı sayaçlar ile su tahakkukları hassas olarak, gerçek zamanlı olarak ölçülür ve kaydedilir. Akıllı sayaç



teknolojisi ile su tüketime profilinin sürekli izlenmesi, sayaç sonrası sızıntıların ve aşırı tüketimlerin tespit edilmesi ve bu durumlar için web sitesi üzerinden ya da e-posta veya kısa mesaj ile uyarıların verilmesi, su tüketiminin azaltılmasına imkan vermektedir (Muhammetoğlu vd., 2020). Bu çalışmada akıllı su sayaçları kullanılarak halka açık alanlardaki sayaç sonrası su sızıntılarının izlenmesi, tespiti ve kontrol edilmesi amacıyla yönelik yeni bir yaklaşım sunulması amaçlanmıştır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeye bağlı olarak artan su talebine karşılık iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile su kaynakları üzerinde artan baskılar, ülkemizde ve dünyada su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini ve kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizin yıllık toplam kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyelinin 112 milyar m<sup>3</sup> ve kişi başına düşen su potansiyelinin yaklaşık 1400 m<sup>3</sup>/kişi/yıl olduğu dikkate alındığında, ülkemizin “su stresi” içinde olduğu ve giderek “su fakiri” olmaya doğru yaklaştığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, su kaynaklarımızın kalitesinin yanı sıra miktar açısından da çok dikkatli yönetilmesini gerekli kılmaktadır. Suyun kaynaktan alınıp, iletilmesi, arıtılması, içme suyu şebekelerinde dağıtılması ve kalitesinin korunması için önemli ve öncelikli yatırımlar yapılmakta olduğundan, suyun sürdürülebilir ve verimli kullanımını gerektiren alanların başında içme ve kullanma suyu gelmektedir. İçme kullanma amaçlı artan su talebine karşılık, suyun tüketiciye ulaşmadan temin ve dağıtım sistemlerinde yok olması ile aşırı/kontrolsüz su tüketimleri, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmakta ve önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

Günümüzde akıllı şehirler kavramının yaygınlaşması ve dijital veri yönetiminin ilerlemesi ile akıllı sayaçların kullanım alanları da genişlemektedir. Akıllı sayaçlar, ölçüm değerlerini kısa aralıklarda depolar ve iletir (Darby, 2010). Uzaktan Otomatik Okuma Sayaçları (AMR) ilk olarak elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılmaya başlanmış olup günümüzde bu alanda kullanımı çok yaygındır. AMR kullanımının genel faydaları Aksela (2008) tarafından detaylı olarak değerlendirilmektedir. İçme suyu şebekelerinin yönetiminde AMR kullanımı oldukça yeni olmasına rağmen benzer faydalar ile birlikte müşteri memnuniyeti de sağlamaktadır. AMR kullanımı ile hatalı ve eksik sayaç okumaları azalmakta, okuma verileri anında alınmaktadır.

Su tüketimi ölçümünde kullanılan akıllı sayaçlar tipik olarak ölçüm sensörü, kablosuz verici, iletişim modülü ve arayüze sahip olan gömülü kontrol cihazları olup yaklaşık 5 yıl ömürlü bataryalar ile çalışmaktadır. Sayaçlar ile bir şehrin, bir binanın, bir işletmenin veya bir evin su tüketiminin sürekli izlenmesini sağlayan bir veri kayıt ağına bağlanılır. Akıllı sayaçların yeniliği, farklı kanallar (telekomünikasyon, elektrik hattı, internet, telefon) aracılığıyla verileri ileterek, sayaç ve merkezi sistem arasında gerektiğinde iki yönlü bir iletişim sağlamasıdır. Akıllı su sayaçları bataryayla çalıştığından, bazı modellerde ana iletişim kanalı, akıllı sayaç ile RTU (Remote Terminal Unit) ağı arasındaki radyo iletişimine dayanır, ardından merkezi sisteme kadar GSM/GPRS (veya eşdeğeri) bazındadır. Akıllı sayaçlar, tüketim verilerini toplar ve ardından bu verileri yerel alan ağı (LAN), ev alanı ağı (HAN) ve geniş alan ağı (WAN) ile arabirim yapan bir ağ geçidine iletebilir. LAN, metrenin metrolojisi veya ölçüm fonksiyonundan oluşur, HAN ise müşteri ağına bağlıdır. HAN'ın ekran fonksiyonları sayesinde, kullanıcı dostu bir arayüzle tüketim verilerine kolayca erişim sağlanabilir, böylece müşterilerin su tüketimini karşılaştırmasını ve izlenmesini sağlar. HAN fonksiyonları enerji tüketirken, bunlar ev verilerine web erişimi ile değiştirilebilir ve LAN, WAN aracılığıyla toplanabilir. WAN, yardımcı programlar tarafından yönetilir ve tüketimin takip edilmesine, izlenmesine ve faturalandırmasına izin verir. AMR altyapısı ve akıllı sayaç teknolojisine yönelik Şematik gösterim Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. AMR altyapısı ve akıllı sayaç teknolojisi  
Kaynak: Alliance for Water Efficiency, 2016

Akıllı sayaçların kullanılması ile çok daha yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükte su tüketim verilerinin elde edilmesi ve su tüketim profillerinin hassas olarak karakterize edilmesi mümkün hale gelmiştir (Mayer vd., 1999). Akıllı sayaç teknolojisi, su abonelerinin su tasarrufuna yönelmesini sağlayacak bireysel Su Talebi Yönetim Stratejilerinin (STYS) geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için yönetim modellerinin yapılandırılmasına imkan sağlamaktadır. Akıllı sayaçların kullanımı, kişisel geri bildirimler ile su tasarrufuna yönelik davranış değişikliklerinin gerçekleştirilmesine teknolojik olarak büyük katkı verebilmektedir (Fielding vd., 2013). Evsel su tüketimlerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve faturalandırma için uzaktan okunabilir akıllı su sayacı sistemlerinin kullanılması ile evsel su tüketim profilleri hakkında detaylı bilgilere ulaşılmakta ve su tüketimlerinde fark edilebilir düzeyde (%5,3) azalmalar elde edilmektedir (Joo vd., 2015). Akıllı su sayaçları ile su tüketimlerinin izlenmesi, suyun daha dikkatli kullanılmasını sağlamaktadır. Aboneleri su tüketim seviyeleri hakkında sürekli olarak bilgilendirerek su kullanımını en iyi şekilde yönetmesine yardımcı olacak gösterimler LCD ekranlarda ve GSM/GPRS modülü ile web sitesinde görüntülenecek şekilde tasarlanmaktadır. Örnek uygulamalarda su tüketimlerinde ciddi bir azalma olduğu görülmüştür (Sithole vd., 2016). Kuzey Fransa'da bulunan Lille Üniversitesi Bilim Kampüsünde, AMR teknolojisi kullanılarak kampüsteki sayaç sonrası sızıntılar hızlı bir şekilde tespit edilmiştir (Farah ve Shahrou, 2017). Avustralya'nın Hervey Körfezinde yapılan bir çalışma ile abonelerin su tüketim profilleri AMR teknolojisi ile izlenmiş, aboneler ile su tüketim değerleri ile ilgili irtibata geçilmiş ve irtibat kurulan abonelerin minimum gece debilerinde %89 gibi önemli bir azalma sağlanırken, iletişim kurulmayan kontrol grubunun su tüketimi %52 oranında artmıştır (Britton vd., 2008). Kaliforniya'da ise abonelere AMR teknolojisi ile toplanan su tüketimlerini çeşitli zamansal çözünürlüklerde (örneğin saatlik, günlük, haftalık) görebildikleri ve ayrıca  $\geq 7,5$  gph'lik bir sızıntı tespit edildiğinde uyarılar ayarlayabilecekleri bir çevrimiçi web portalına erişim verilmiştir. Bu sayede sızıntılarda %17 oranında azalma olmuştur (Schultz vd., 2018). Avustralya ve Yeni Zelanda'da su kuruluşlarının akıllı su sayaçları ve akıllı su şebekesi projelerinin uygulanmasından sonra karşılaşılan zorlukları belirlemek ve birbiriyle olan ilişkilerini ölçmeyi amaçlayan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda bulunan temel faydalar, işletme maliyetlerindeki

tasarruflar, temin edilen suyun azalması, daha verimli sayaç okumalarından elde edilen gelir artışı, müşteri memnuniyetinin artması ve gelir getirmeyen su miktarlarındaki azalma olmuştur (Beal ve Flynn, 2013; Britton vd., 2013).

## AKILLI SU SAYAÇLARI KULLANIMI İLE SU İSRAFININ AZALTILMASI İÇİN BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bu çalışma kapsamında Akdeniz Üniversitesi kampüs alanındaki bir fakülte binasında dört ayrı katta bulunan dört tuvalete ve kampüste bulunan iki çarşıdaki kadın ve erkek olarak ayrılmış üç umumi tuvalete 15 dakika zaman aralıkları ile su tüketimini ölçen ve kaydeden, verileri belirli periyotlarda ana sunuculara gönderen ve tüketim verilerini bir web sitesinden görüntüleyebilmeyi sağlayan akıllı su sayaçları takılmıştır. Sayaçlarla takip edilen su tahakkukları analiz edilerek sayaç sonrası sızıntılar tespit edilmiştir.

### *Akıllı Sayaçların Ölçüm Hassasiyeti ve Özellikleri*

Su sayaçlarının ölçüm doğruluğu, ölçülen debi değerlerinden büyük ölçüde etkilenir. Su sayaçlarının boyutuna ve türüne bağlı olarak genellikle dört debi seviyesi tanımlanır; minimum debi (Q1), geçiş debisi (Q2), nominal debi (Q3) ve maksimum debi (Q4). Çalışmada kullanılan farklı boyuttaki sayaçların ölçüm debileri Tablo 1'de sunulmaktadır. Genellikle, küçük sızıntılar Q1'in altında kalan debilerde gerçekleşir ve bu nedenle yeterli doğrulukla ölçülmezler.

*Tablo 1. Çalışmada kullanılan farklı boyutlardaki sayaçlar için debi ölçüm seviyeleri*

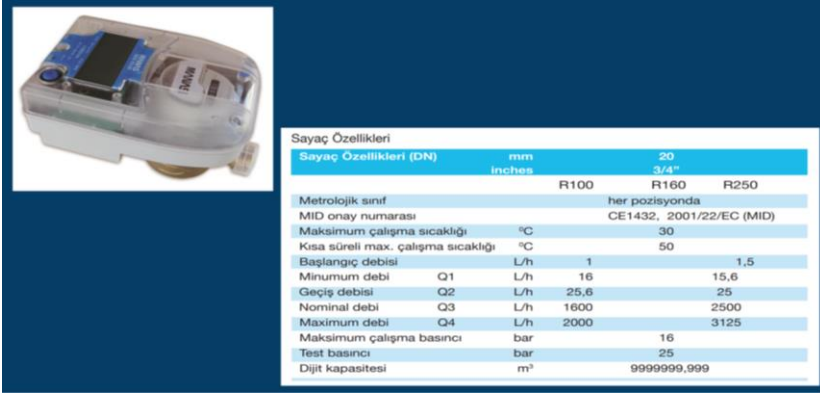
Sayaç Boyutu (mm)	Q1 (L/sa)	Q2 (L/sa)	Q3 (L/sa)	Q4 (L/sa)
DN20	16,0	25,6	1600	2000
DN25	39,4	63	6300	7900
DN32	62,5	100	10000	13000

Akıllı su sayaçları, 15 dakika zaman aralıkları ile su tahakkuk verilerini ölçmekte ve kaydetmektedir. Tahakkuk verilerini almak için sayaç ekranından manuel okuma yapılması ihtiyacı yoktur ve GSM/GPRS haberleşme teknolojisi ile tanımlanan zaman periyotlarında (genellikle 24 saat) uzaktan okuma yapılarak verilerin sayaçtan sunucuya

aktarılması sağlanmıştır. Ek olarak geliştirilen yazılım ile sızıntı, aşırı/kontrolsüz su tüketime, kapatma vanasının uzaktan kontrolü ve pil için uyarı koşulları tanımlanmıştır. Bu yaklaşımda akıllı sayaç ile her iki dakika zaman aralığı ile su tahakkukları ölçülmekte ve her iki dakikada 1 litre (30 litre/saat) ve üzeri debi akışı olup olmadığı kontrol edilmektedir. Akıllı sayaç her iki dakikalık sürede 1 litre ve üzeri debi ölçtüğü durumunda sızıntı uyarısı vermekte, aksi durumda ise sızıntı uyarısı oluşmamaktadır. Su tahakkuk verileri sayaç hafızasında belirli bir süre saklanmaktadır. Verilerin iletildiği web sitesinde, tüm sayaçlarda ölçülen su tahakkuk veri setleri saklanmakta, zaman serisi grafikleri oluşturulmakta, farklı grafik ve raporlama analizleri yapılabilmektedir. Kullanıcı web sitesi üzerinden sayaca müdahale edebilmekte ve kapatma vanaları otomatik olarak aktif konuma getirilebilmektedir. Tahakkuk verileri kullanıcı tarafından önceden tanımlanmış bir seviyeyi aştığında aşırı akış uyarı mesajı gönderilmektedir. Uyarı mesajları web sitesi üzerinden, akıllı telefona kısa mesaj veya e-posta mesajı olarak gönderilebilmektedir.

### ***Pilot Çalışma Alanının Seçimi***

Pilot çalışma alanının seçiminde sayaçların düzenli olarak takip edilerek yerinde incelemeler yapılabilmesi önemli bir etken olmuştur. Ek olarak seçim sürecinde sayaçların hırsızlığa karşı güvenliği, kurulum kolaylığı ve GSM sinyal gücü de dikkate alınmıştır. Akdeniz Üniversitesi kampüsündeki bir fakülte binasında dört farklı katta bulunan dört tuvalete (3 tanesi genel kullanıma açık, bir tanesi personele ait) akıllı su sayaçları takılmıştır. Ek olarak kampüs içindeki iki çarşı alanında bulunan 3 tuvalete de akıllı su sayaçları takılmıştır. Kampüste fakülte binasına takılan üç sayacın boyutu DN32 iken dördüncü sayacın boyutu DN25'tir. Çarşı alanlarındaki tuvaletlere ise DN20 boyutundaki akıllı sayaçlar takılmıştır. DN20 boyutlu sayaçların montajları 2019 yılı Mart ayında, DN25 ve DN32 boyutlu sayaçların montajları ise Nisan ve Mayıs 2019 aylarında gerçekteştirilmiştir. Dolayısıyla, izleme dönemleri ilk montaj tarihlerine göre toplam bir yıllık süreyi içerek şekilde devam etmiştir. şekil 2'de üniversite kampüsüne takılan DN20 boyutundaki bir akıllı su sayacının özellikleri verilmektedir.

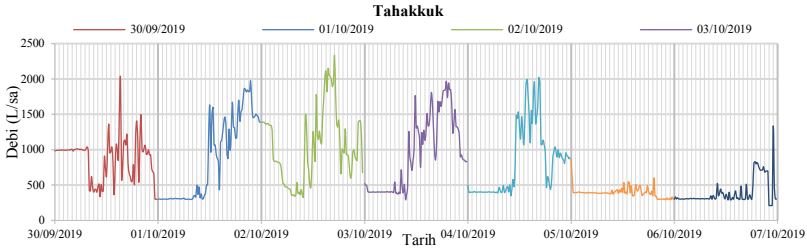


Şekil 2. DN20 boyutundaki akıllı su sayacının özellikleri

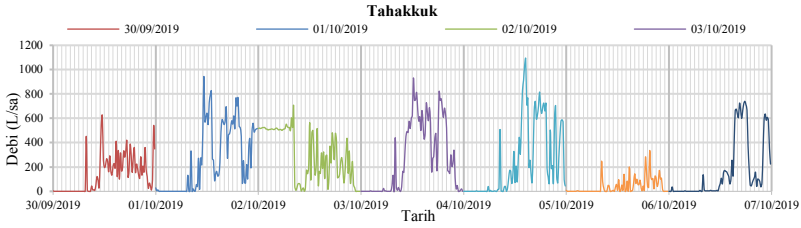
### **Sayaç Sonrası Sızıntıların Tespiti ve İncelenmesi**

Kampüs alanı için Minimum Gece Debisi değerleri saat 00:00 ile 05:00 arasında ölçülmüş ve bu süre içindeki tahakkuk verileri sızıntı olarak tanımlanmıştır. Özellikle resmi tatiller gibi kampüste su tüketiminin daha az olması beklenen zamanlarda da tüketim ve sızıntı miktarları tespit edilmiştir. Şekil 3'te Akdeniz Üniversitesi kampüsü içinde yer alan üç akıllı sayaçtan 30.09.2019-07.10.2019 tarihleri arasında elde edilen su tahakkuklarının zamansal değişimleri gösterilmektedir. Sızıntıların olduğu düşünülen tuvaletlerde yerinde gözlem ile sızıntı kaynakları incelenmiş ve doğrulanmıştır.

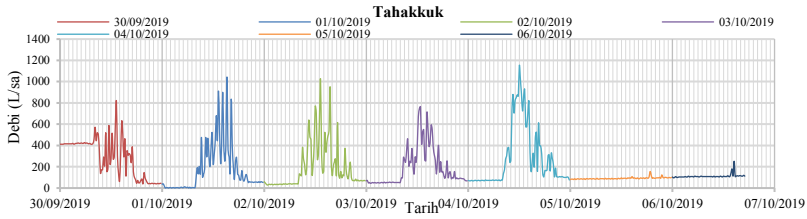
Pilot olarak seçilen alanlardaki su tahakkukları akıllı su sayaçları ile Mart 2019 – Mayıs 2020 tarihleri arasında izlenmiştir. Sızıntıların daha iyi tespit edilebilmesi için hafta sonlarındaki su tüketimleri ve Minimum Gece Debileri özellikle incelenmiştir. Şekil 4'te 11-17.11.2019 tarihleri arasında kampüsteki üç alan için sızıntı ve tüketim miktarları verilmektedir. Sunulan grafiklerde kırmızı ile gösterilen alanlar sızıntıları, mavi ile gösterilen alanlar ise tüketimleri göstermektedir. Su tahakkuku, sızıntı ve tüketim hacimlerinin toplamına eşittir.



(a)



(b)

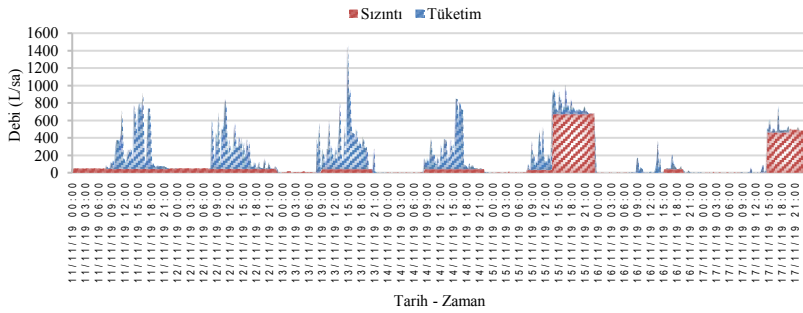
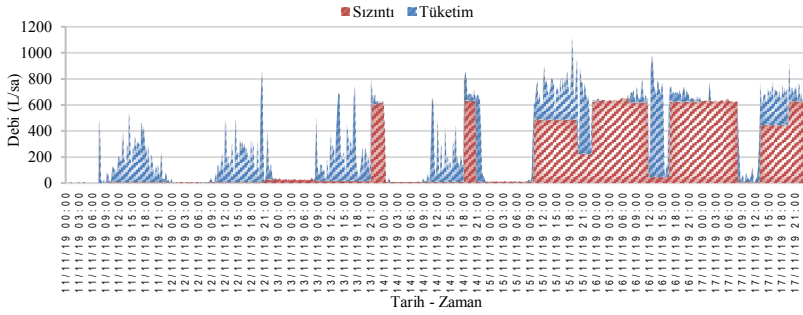
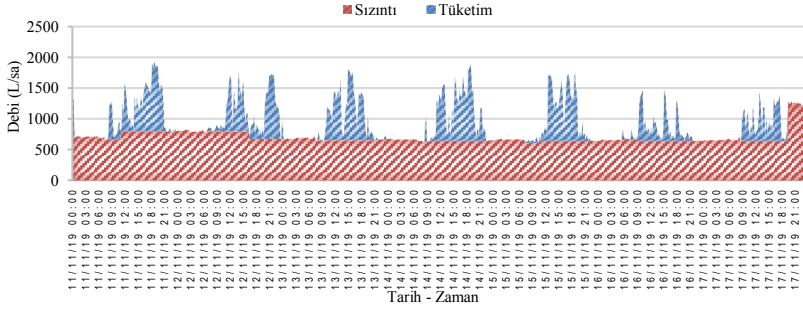


(c)

Şekil 3. 01-07.10.2019 tarihleri arasında kampüsteki a) Çarşı-1 alanındaki bay ve bayan tuvaletleri, b) Çarşı-2 alanındaki bayan tuvaleti, c) Fakülte binası zemin katındaki tuvalette izlenen su tahakkukları

Mart – Eylül 2019 dönemini içeren altı aylık izleme döneminde üniversite kampüsündeki çalışma alanları için elde edilen toplam tüketim ve sızıntılar incelenmiştir. Toplam tüketim, sızıntı miktarları ve yüzdeleri hesaplanarak Tablo 2’de verilmiştir.

## Akıllı DönüŖüme Yolculuk



Ŗekil 4. 11-17.11.2019 tarihleri arasında kampüsteki a) Çarşı-1 alanındaki bay ve bayan tuvaletleri, b) Çarşı-2 alanındaki bayan tuvaleti, c) Fakülte binası zemin katındaki tuvalet için sızıntı ve tüketim debileri



Tablo 2. Altı aylık izleme döneminde çalışma alanları için elde edilen toplam tüketim ve sızıntılar

Alan ismi	Tüketim (m <sup>3</sup> )	Tüketim (%)	Sızıntı (m <sup>3</sup> )	Sızıntı (%)
Fakülte zemin kat	202,8	31	443,6	69
Fakülte 1. kat	134,0	46	154,8	54
Fakülte 2. kat	197,7	50	196,8	50
Fakülte 3. kat	154,8	76	49,3	24
Çarşı-1	368,3	22	1340,8	78
Çarşı-2 Bayan	292,1	79	76,1	21
Çarşı-2 Bay	302,2	41	435,6	59

Altı aylık izleme sürecinin ardından akıllı sayaçlardan alınan sızıntı uyarıları ve su tüketim verilerindeki gözlem ve analizler neticesinde sayaç sonrası sızıntıların nedenlerinin sahada incelemesi gerçekleştirilmiş ve konu hakkında yetkililer bilgilendirilmiştir. Şekil 5’te kampüs içinde bulunan Çarşı-1 alanının bir yıllık su tahakkuk ve sızıntı verileri Mart 2019-Şubat 2020 dönemi için sunulmaktadır. Tahakkuk ve sızıntı düzeyleri, aktif müdahale ve kontrol yapılmayan Mart-Ağustos 2019 dönemi ile aktif müdahale ve kontrol yapılan Aralık 2019-Şubat 2020 dönemine ait veriler için karşılaştırılmıştır. Özellikle eğitim döneminin aktif olarak başladığı Ekim 2019’den sonra aktif müdahale ve kontrol ile Aralık 2019-Şubat 2020 döneminde tahakkuk ve sızıntılar azaltılmıştır.



Şekil 5. Kampüs içindeki Çarşı-1 için tahakkuk ve sızıntı hacimlerinin yıllık değişimi

Akıllı su sayaçlarından alınan veriler ile sızıntılar konusunda yetkili personelin bilgilendirilmesi, aktif müdahale ve sızıntı kontrolleri çalışmaları sayesinde sızıntılar azaltılmıştır. Bu amaçla yüksek

sızıntıların tespit edildiği dönemlerde sızıntı düzeylerine ilişkin raporlar hazırlanarak ilgili idareye sunulmuş, sözlü görüşmeler ile bildirimler yapılmış, görevli personel ile sızıntı gerçekleşen kullanım alanlarında altyapıya yönelik teknik incelemeler yapılmış ve arızalı ekipmanların tamiri gerçekleştirilmiştir. Sızıntı düzeylerindeki artışlar günlük tahakkuk verilerinin analiz edilmesi ve sayaç yazılımından alınan uyarı bildirimleri ile kolaylıkla takip edilebilmektedir. Sızıntı düzeylerinin azalması ile ilgili olumlu gelişme olması halinde de ilgili idareye bilgilendirmeler yapılmıştır. Belirtilen sızıntı kontrolü yönetimi için ön hazırlık aşamasında sayaçlar için uygun alan tespiti ve sayaç montajları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. İkinci aşamada su tahakkuk verilerinin toplanması ve sürekli analizi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada sızıntı ve aşırı tüketime yönelik sayaç uyarı mesajları da geliştirilmiş ve yazılım güncellemesi yapılmıştır. Son aşama olan kontrol aşamasında ise akıllı sayaç uygulaması ile sızıntı ve aşırı tüketim tespit edilen alanlarda sözlü bildirim, yazılı raporlama, yerinde teknik inceleme ve aktif müdahale yöntemleri ile kontrolsüz ve aşırı su tüketimlerinin engellenmesi sağlanmıştır.

Sayaç sonrası sızıntılar boşa giden su anlamına gelmektedir. Sızıntılar aktif olarak kullanılmayan sular olsa da sayaçlardan sonra oluştuğu için tahakkuk bedeli ödenmesi gerekmektedir. Sayaç sonrası sızıntılar yaygın olarak musluklarda, tuvaletlerde ve iç hat borularındaki bağlantılarda meydana gelmektedir. Sayaç sonrası sızıntılar açık unutulmuş, ihmal edilen veya yeterince kontrolü yapılmayan tuvalet ve musluklarda oluşmaktadır. Sızıntılar, ortak kullanım alanları olan tuvaletlerin düzenli kontrolü ve onarımıyla azaltılabilir. Kamusal alanlardaki su kullanıcılarının su tasarrufu ve sızıntıların önlenmesi konularındaki farkındalığı oldukça düşüktür. Suyun daha verimli kullanılması konusunda halkın bilinçlendirilmesi için daha fazla çaba gösterilmesi gerekmektedir.

## **SONUÇ**

Akıllı sayaçlar ve yazılımları ile sayaç sonrası su sızıntılarının ve aşırı/kontrolsüz tüketimlerin engellenmesi mümkündür ve bu şekilde su tasarrufu, enerji tasarrufu ve karbon dioksit emisyonu azalımı gibi çevresel kazanımlar elde edilir. Sunulan çalışmada ikinci altı aylık izleme döneminde, geliştirilen yazılımdan alınan uyarı mesajları (sızıntı ve aşırı tüketim) ve kısa zaman aralıklı su tahakkuk verilerinin

analiz edilmesi ile kampüs için sızıntı ve aşırı/kontrolsüz su tüketimleri tespit edilerek konu hakkında idareler bilgilendirilmiştir. Bilgilendirmenin ardından idareler gerekli önlemleri alarak su kayıplarını en aza indirmek için çalışmalar yaparak başarılı olmuşlardır. Akıllı sayaç kullanımı ile sayaç sonrası sızıntılar tespit edilebilmekte ise de çözümü için ilgili mercilerin bakım/onarım ve tamirat işlerini gecikmeksizin yapması önemlidir. Ek olarak, sayaçların bulunduğu alanlarda çoğu zaman görevli bir personel bulunmakta ise de bu personel su sızıntılarının takibi, önlenmesi ve arızaların bildirilmesi gibi konularda sorumluluk almamaktadır veya kendilerine böyle bir görev verilmemektedir. Bir diğer unsur ise bu alanları kullanan halkın da su israfı konusunda yeterli duyarlılığa sahip olmamasıdır. Su tahakkukları düzenli olarak takip edilmeli, kullanıcılar konu hakkında bilgilendirilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 118Y104 numaralı araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir. Proje çalışmalarının gerçekleştirilmesine destek olan Antalya Su ve Atıksu İdaresi (ASAT) Genel Müdürlüğü, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve MANAS Enerji Yönetimi A.Ş. yönetimine ve çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

Aksela, K. (2008). (ed.) *Final Rep. of The Project on Developing The Management of Water and Energy Networks*, Helsinki Univ. of Technology, Helsinki, Finland (in Finnish).

Alliance for Water Efficiency 2016. *Smart metering introduction*. <http://www.allianceforwaterefficiency.org/smart-meter-introduction.aspx> adresinden alınmıştır.

Beal, C.D. ve Flynn, J. (2013). *Review of smart metering and intelligent water networks in Australia and New Zealand*, Report prepared for WSAA by the Smart Water Research Centre, Griffith University, Brisbane, Australia

Britton, T., Cole, G., Stewart, R. ve Wiskar, D. (2008). Remote diagnosis of leakage in residential households. *Water*, September 2008, 56-60.

Britton, T.C., Stewart, R.A. ve O'Halloran, K.R. (2013). Smart metering: enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. *J Clean Prod*, 54, 166-176.

Darby, S. (2010). Smart metering: what potential for householder engagement?. *Build. Res. Inf.*, 38, 5, 442-457.

Farah, E. ve Shahrour, I. (2017). Leakage detection using smart water system: Combination of water balance and automated minimum night flow. *Water Resour Manag*, 31(15), 4821–4833

Fielding, K.S., Spinks, A., Russell, S., McCrea, R., Stewart, R.A.ve Gardner, J. (2013). An experimental test of voluntary strategies to promote urban water demand management, *J. Environ. Manag.*, 114, 343-351.

Joo, J.C., Oh, J.H., Ahn, H., Ahn, C.H., Lee, S. ve Ko, K.R. (2015). Field application of waterworks automated meter reading systems and analysis of household water consumption. *Desalination and Water Treatment*, 54 (4-5), 1401-1409.

Kanakoudis, V. ve Muhammetoglu, H. (2014). Urban water pipe networks management towards non-revenue water reduction: Two case studies from Greece and Turkey. *CLEAN-Soil Air Water*, 42(7), 880–892.

Mayer, P.W., DeOreo, W.B., Optiz, E.M., Kiefer, J.C., Davis, W.Y., Dziegielewski, B. ve Nelson, J.O. (1999). *Residential end uses of water*, American Water Works Association Research Foundation, USA, 352 sayfa.

Muhammetoglu, A., Albayrak Y., Bolbol M., Enderoglu S. ve Muhammetoglu, H. (2020). Detection and assessment of post meter leakages in public places using smart water metering, *Water Resour Manag*, 34 (9), 2989–3002.

Muhammetoglu, A., Muhammetoglu, H., Adıgüzel, A., İritaŖ, Ö. ve Karaaslan, Y. (2018). Management of water losses in water supply and distribution networks in Turkey, *Turkish Journal of Water Science and Management*, 2(1), 58–75.

Nguyen, K.A., Stewart, R.A., Zhang, H. ve Sahin, O. (2018). Re-engineering traditional urban water management practices with smart metering and informatics. *Environmental Modelling and Software*, 101, 256-267.

OSİB, (2014). İme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, (Remi Gazete: 28994, Tarih: 8 Mayıs 2014).

Randall, T. ve Koech, R. (2019). Smart water metering technology for water management in urban areas. *Water e-Journal*, Online Journal of The Australian Water Association, ISSN 2206-1991, 4(1), 1-14.

Schultz, W., Javey, S. ve Sorokina, A. (2018). Smart water meters and data analytics decrease wasted water due to leaks. *Journal AWWA*, 110(11), E24-E30.

Sithole, B., Rimer, S., Ouahada, K., Mikeka, C. Ve Pinifolo, J. (2016). Smart water leakage detection and metering device. *2016 IST-Africa Week Conference Proceedings*, ISBN: 978-1-905824-55-7.

# **Emek Yoğun Süreçlerin Teknoloji Adaptasyonu: Yeraltı Madenciliği**

**Fatma Yaşlı**

*Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*  
**(0000-0002-0768-8392)**

**Hür Bersam Bolat**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-3790-9897)**

## GİRİŞ

Son yıllarda gözlenen teknolojik gelişmeler pek çok sektörde olduğu gibi madencilik sektöründe de oldukça fark edilir düzeydedir. Teknoloji hem sosyal hayatlarımızda hem de endüstriyel ortamlarda önemli bir değişim tetikleyicisidir. 16. yüzyıl itibariyle ortaya çıkan teknolojik inovasyonlar, sürdürülebilir madencilik için hayati bir konumdur (Suppen vd., 2006). Teknolojik gelişmeler, madencilik sektörüne sırasıyla mekanizasyon, uzaktan kumandalı sistemler, otomasyon ve robotlaşma şeklinde dahil olmuştur (Kızıl vd., 1995). Operasyonların insan müdahalesi olmadan sürdürülebilmesini sağlayan özellikle ileri teknoloji otomasyon çalışmaları, madencilikte oldukça önemli bir konudur. Üretim hızını artırırken, daha önce insanlar tarafından erişilemeyen alanlarda çalışılmasına izin vererek üretim etkinliğini artırır. En önemlisi ise operatörleri yüksek riskli çalışma bölgelerinden uzak tutarak, çalışan için daha güvenli bir çalışma ortamı sunar (Boudreau-Trudel vd., 2014; Ghodrati vd., 2015). Hem üretimde verimliliği hem de güvenliği arttırmak için otomasyon, madencilik için anahtar roldedir. Tüm bu gelişmelere ve öngörülere rağmen, teknolojinin maden iş kaza ve yaralanmalarını doğrudan azaltıcı bir etkisi olduğu da belirtilememektedir (Boudreau-Trudel vd., 2014).

Teknolojinin madencilik açısından sunduğu ilerlemeler ve sağlanan iş sağlığı ve güvenliği konusundaki yönetsel gelişmelere rağmen, maden kazaları sıklıkla yaşanmaya devam etmektedir (Komljenovic vd., 2017; Samantra vd., 2016; Boudreau-Trudel vd., 2014). Birçok ülkedeki çabalara rağmen, dünyadaki maden işçileri arasındaki ölüm, yaralanma ve hastalıklar hesaba katıldığında, çoğu ülkede madencilik en tehlikeli meslek olmaya devam ettiği ve küresel işgücünün yalnızca %1'ini oluşturmasına rağmen, ölümlü iş kazalarının yaklaşık %8'inden sorumlu olduğu görülmektedir. Küçük ölçekli madenlerdeki kaza oranları, sanayileşmiş ülkelerdeki büyük operasyonlardan bile rutin olarak altı veya yedi kat daha yüksektir (URL-1). Maden kazalarının ve çalışanların mesleki güvenliğini tehdit eden risk unsurlarının gelişmiş maden teknolojilerinin kullanımı ile kontrol altına alınabileceği şüphesiz kabul edilmektedir. Fakat işletmeye göre özelleşmesi beklenen ve çok yüksek satın alma maliyetlerine katlanılması gerektiği düşünülen gelişmiş teknolojilerin madencilik adaptasyonu kolaylıkla sağlanamadığı görülmektedir. Bu

nedenle teknolojinin emek-yoğun sürdürülen maden faaliyetlerine olan adaptasyonu önemli bir araştırma konusudur.

Maden teknolojilerinin her seviyesi, verimlilik, güvenlik, etkinlik ve sosyal unsurlara farklı yansımalar sunmaktadır. Bu çalışmada, teknolojinin işletmelerin genelinde tercih edilebilir ve kullanılabilir olmasına yönelik uygun stratejilerin geliştirilebilmesi için öncelikle teknolojinin süreçlere olan yansımaları ele alınmıştır. Teknolojinin madencilik sektöründe kat ettiği yol dikkate alınarak ayrıntılı bir ekipman teknoloji sınıflandırması yapılmıştır. Kullanılan teknolojik ekipmanların süreçlere olan yansımaları değerlendirilerek, süreçlerin daha güvenli ve efektif sürdürülmesinin sağlanması için, çalışma kapsamında teknoloji yatırımlarının önemine yönelik farkındalığın artırılması ve teknolojinin optimizasyon çalışmalarında sistemin etkinliğini arttırmak üzerine bir değişken olarak kullanılabilirliği için altyapı sunması hedeflenmiştir.

## **LİTERATÜR ÇALIŞMASI**

Gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan hızlı sanayileşme, enerji ve maden kaynaklarına olan talebi büyük ölçüde artırdı. Fakat madencilik alanında da yüzeye yakın ekonomik olarak uygun kaynaklar neredeyse tükenmeye başladı. Madencilik endüstrisi düşük tenörlü cevher işleme, artan derinlik, iklim değişiklikleri ve katı sosyal ve çevresel kısıtlamalar gibi yeni zorluklarla karşı karşıya kaldı. Sektördeki sürdürülebilir kalkınma sorunları için hesap verebilirlik, madencilik şirketlerine ek bir ekonomik yükü de beraberinde getirdi (Jang ve Topal, 2020). Bu noktada teknoloji, sürdürülebilir madencilik için ekonomik, çevre ve sosyal boyutu ile ilgili olmak üzere önemle ele alınan bir unsur oldu (Suppen vd., 2006; Hilson ve Murck, 2000).

Madencilik endüstrisindeki sürdürülebilirlikle ilişkili bu zorlukların, teknik iyileştirmeler ve gelişmiş bilgi, iletişim ve otomasyon teknikleri kullanılarak tüm madencilik değer zincirinin optimizasyonu yoluyla çözülebileceği belirtilir (Jang ve Topal, 2020). Yeraltı madencilik endüstrisi, faaliyetlerini minimum altyapı ve iş gücü ile ve en düşük ekipman maliyetiyle tamamlamalarına izin veren mevcut teknolojileri kullanma arayışındadır. Bu nedenle, maden gereksinimlerini karşılayacak verimli, düzenlemelere uygun, daha güvenli ve temiz üreten ve maliyet açısından rekabetçi ekipmanların tasarlanmasını



teşvik edici çalışmalara duyulan ihtiyaç literatürde vurgulanan unsurlardandır (Guerra vd., 2020; Xie vd., 2020).

Özellikle son yıllarda yeraltı madenleri yaygın olarak mekanizasyon teknolojilerinden yararlanmaktadır. Mekanize madencilik teknolojisinin uygulanması, madencilikte işgücü verimliliğini artırmanın yanı sıra güvenlik seviyesini ve çalışma koşullarını iyileştirmektedir (Duc vd., 2020).

Maden teknolojileri literatürde farklı yazarlarca farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Genel olarak mekanizasyon, uzaktan kumandalı sistemler, otomasyon, düşük seviye otomasyon, orta seviye otomasyon, tam otomasyon ve robotlaşma sınıfları ele alınmış olsa da (Kızıl vd., 1995; Lynas ve Horberry, 2011; Boudreau-Trudel vd., 2014; Ghodrati vd., 2015; Horberry vd., 2016) konuyla ilgili fikir birliği bulunmamaktadır. Uzaktan kumanda ile yönetilen teknolojik ekipmanlar, minimal otomasyon şeklinde adlandırılırken (Lynas ve Horberry, 2011), ekipmanların bakım uyarıları gibi çeşitli tespitler sunabilen sistemler “düşük seviye otomasyon” olarak tanımlanmaktadır (Lynas ve Horberry, 2011; Horberry vd., 2016).

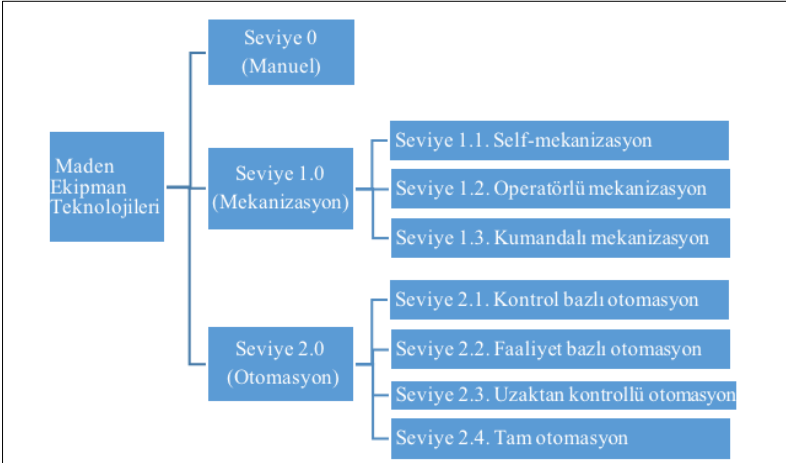
Madencilik sektöründe genel olarak otomasyon teknolojilerinin hem ekonomik hem de sosyal anlamda oldukça fayda sunacağı düşünülür. Örneğin operatörün sürücülüğündeki bir aracın otonom sistemlerle uzaktan yönetilebilmesi için operatör ve araç arasında iletişimi mümkün kılmak ve önceden belirlenmiş rotalarda gezinmek için ek yazılım ve parçalara (sensörler, radar veya lazerler gibi) ihtiyaç duyulur. Özellikle yeraltı ortamlarında GPS sistemleri kullanılmadığından alternatiflere ihtiyaç vardır. Alternatiflerden biri, gerçek zamanlı konum farkındalığı yoluyla genel kontrolü, görünürlüğü ve ortak kullanımı iyileştirmek için nesnelere arasında bir iletişim mekanizması oluşturabilen kablosuz ağlardır. Bu ağlar sayesinde otonom faaliyet gösteren araçlara çarpışmaları engelleyici özellikler katılabilmektedir (Chehri ve Fortier, 2020). Gelecekteki madenlerin en büyük sıkıntısının bu otomatik sistemlerin olası yazılım problemlerinin olacağı düşünülür (Ghodrati vd., 2015). Çünkü tam otomasyon ile sürdürülen fonksiyonlar insan yönetiminden uzak olup, makine tarafından kontrol edildiği için problemler önceden tahmin edilemeyebilmektedir (Lynas ve Horberry, 2011).

Maden endüstrisi yeni teknolojiler için zorlu bir entegrasyon alanı olarak görülürken (Guerra vd., 2020), madencilik endüstrisinin gelecekteki beklentileri ve planları da sıklıkla teknoloji ile ilişkilendirilir (Jang ve Topal, 2020).

Madencilik endüstrisi, tam otomasyona sahip araçların geliştirilmesinde lider konumda görülüp, maden ekipmanı üreticileri tarafından uzun yıllardır otonom araç teknolojileri geliştirilip test edilirken (Chehri ve Fortier, 2020), diğ er yandan özellikle işgücü maliyetlerinin düşük olduğu ve verimliliği artırmak için teknoloji teşviklerinin az olduğu gelişmekte olan ülkelerde de madencilik faaliyetleri için hala büyük miktarda insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır (Ghodratı vd., 2015).

### MADEN EKİPMAN TEKNOLOJİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Maden ekipman teknolojilerine yönelik literatürde belirli bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında, maden teknolojilerinin yanı sıra özellikle otomobil teknolojilerine yönelik yapılan araştırmaların, maden ekipman üreticilerinin ve maden uzmanlarıyla gerçekleştirilen görüşmelerin sonrasında madencilik faaliyetleri için kullanılan ekipmanların sahip oldukları teknoloji seviyeleri Şekil 1'deki sınıflandırılır.



Şekil 1. Maden ekipman teknolojileri  
Kaynak: Yaşlı, 2020.

### **Teknoloji Seviye 0: Manuel**

Adından da anlaşılacağı üzere, teknoloji seviye 0, faaliyetlerin insanlar tarafından manuel şekilde gerçekleştirilmesini ifade eder ve hiçbir teknolojiden yararlanılmadığı için bu teknolojiye sahip ekipmanlarla sürdürülen süreçlerde emek yoğun hakimiyet söz konusudur. Gelişmiş teknolojilerden yararlanamayan küçük ölçekli madenlerde maden çıkartım işlemlerinin büyük çoğunluğu manuel sürdürülmektedir. Bir nesneyi veya bir aleti kaldırmak, itmek, çekmek, taşımak, kontrol etmek, tutmak veya korumak gibi insan tarafından güç kullanımı ile gerçekleştirilen her türlü görev, manuel süreç olarak tanımlanmıştır (Horberrry vd., 2016). Yeraltı madeninde kazma-kürek, el arabası ve sivriç kullanımı ile vagon itme faaliyetleri (Şekil 2) manuel işler olarak tanımlanabilir ve manuel yürütülen süreçler kapsamında kullanılan ekipmanlar da *Teknoloji Seviye 0* altında değerlendirilebilir.



*Şekil 2. Madendeki manuel işler için örnekler (solda ayna faaliyeti, sağda vagon itme faaliyeti)*

*Kaynak: Yaşlı, 2020.*

### **Teknoloji Seviye 1.0: Mekanizasyon**

Yeraltı madenleri teknoloji ile mekanizasyon sistemleri ile tanışmıştır (Kızıl vd., 1995). Bu nedenle mekanizasyon, ‘madencilik’in sanayi devrimi’ olarak nitelendirilebilir. Mekanizasyon ile yeraltı madencilik’inin verimliliği önemli düzeyde artmıştır. Çalışma kapsamında mekanizasyon teknoloji seviyesi, self-mekanizasyon, operatörlü mekanizasyon ve uzaktan mekanizasyon olarak sınıflandırılmıştır.

### **Teknoloji Seviye 1.1: Self Mekanizasyon**

Self-mekanizasyon yeraltı madenlerinde kullanılan taşıma bantları gibi belli bir döngü içerisinde sürekli çalışan ve insan müdahalesine sadece

aç/kapa komutları gibi kısmi olarak ihtiyaç duyan mekanik sistemlerdir. Kazı mekanizasyonu için önemli bir adım olarak görülen ve bir operatör tarafından daimî olarak kumanda ve kontrol edilmesi gerekmeyen zincirli konveyörler ve çelik çubuklar (paletler) gibi cevher nakli için kullanılan üniteler (Tatar ve Özfırat, 2003) bu teknoloji sınıfında değerlendirilebilir.

### ***Teknoloji Seviye 1.2: Operatörlü Mekanizasyon***

Operatör tarafından yönetilen mekanizasyon sınıfına ait ekipmanların sahip olduğu teknoloji olarak tanımlanabilir. Operatör yönetimindeki bir vinç sistemi ile malzemelerin toplanmasını sağlayan basınçlı havalı küreyiciler (Hartman ve Mutmansky, 2002), kömürün hem mekanik olarak kesilmesini hem de zincirli oluğa yüklenmesi sağlayan kesici-yükleyici makineler (Tatar ve Özfırat, 2003), sehpalı delici tabanca ve yükle-taşı-boşalt görevlerinde kullanılan LHD yeraltı kepçesi bu teknoloji sınıfına örnek olarak sunulabilir. LHD araçları Türkiye’de ilk kez Türk Maadin A.Ş. tarafından 1980’li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Eskikaya ve Aydın, 2003).

### ***Teknoloji Seviye 1.3: Uzaktan (Kumandalı) Mekanizasyon***

Uzaktan kumanda ile yönetilen operatörlü mekanizasyon sistemleri ile süreçler operatör tarafından belli bir mesafeden gerçekleştirilir. Bu mesafe görüş mesafesi kadar olup, makinelerin temel mekanik hareketleri radyo sinyalleri aracılığıyla yönetilir (Tatar ve Özfırat, 2003). Operatör makineyi görerek ve duyarak kontrol eder (Hartman ve Mutmansky, 2002). Örnek olarak metal madenlerinde kullanılan kumandalı yükle-taşı-boşalt yeraltı kepçeleri ya da uzaktan kumanda edilen delme makineleri (Kızıl vd., 1995) sunulabilir. Özellikle riskli zemin koşullarında ve birtakım tehlikeli yeraltı süreçlerinin gerçekleştirilmesinde tercih edilir (Ghodrati vd., 2015). Seçili mekanik komutlarla faaliyet gösteren lokomotifler de bu sistemle yönetilebilmektedir (Öberg, 1979). Operatörün ekipmanı bir konsol aracılığıyla belli bir mesafeden yönetmesi, alanı tam olarak görememesine ve makinenin fonksiyonlarını net bir şekilde hissedememesine neden olması sebebiyle, mekanizasyon sisteminin uzaktan kumanda ile yürütülmesinin üretimde etkinliği düşürdüğu de belirtilmektedir (Ghodrati vd., 2015).

### **Teknoloji Seviye 2.0: Otomasyon**

Otomasyon teknolojileri madencilik sektörüne iş güvenliğinde artış, cevher ulaşılabilirliğinin artması ve operasyonel maliyetlerin düşmesi (Bellamy ve Pravica, 2011) gibi pek çok avantaj sağlamıştır. Sunduğu özelliklere göre kontrol bazlı, faaliyet bazlı, uzaktan kontrollü ve tam otomasyon olarak kategorilere ayrılmıştır.

### **Teknoloji Seviye 2.1: Kontrol Bazlı Otomasyon**

Otomasyonun kontrol bazlı olma özelliği, faaliyetin sürdürülürken sensörler aracılığıyla yapılan denetlemelerle sağlanan hata engelleyici, hatırlatıcı ve tespit edici uyarılar sağlamasından gelmektedir. Faaliyetler manuel ya da mekanizasyon gibi yönetildiği sistemden bağımsız olarak kontrol bazlı otomasyon kategorisi altında ele alınan otomasyon eklentileri ile operatörün hata yapması ya da iş sağlığı ve güvenliği ile ilişkili bir riske girmesi engellenerek sürdürülebilmektedir. Teknik operasyonların tamamının çalışan tarafından yürütülmesine rağmen, kontrol bazlı otomasyon, operasyonun daha güvenle ya da kesintisiz yapılmasını sağlayacak kritik uyarılar sunar.

### **Teknoloji Seviye 2.2: Faaliyet Bazlı Otomasyon**

Yarı otomasyon (Ghodrati vd., 2015; Hartman ve Mutmansky, 2002) ya da orta seviye otomasyon (Horberry vd., 2016; Lynas ve Horberry, 2011) olarak ifade edilen bu teknoloji seviyesi Yaşlı (2020)'nın çalışmasında faaliyet bazlı otomasyon olarak ele alınmıştır ve sistem operatöre, yerine getirilmesi beklenen faaliyetlerden bir kısmını yerine getirerek yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla bu teknoloji seviyesine “parçalı otomasyon”, kullanıldığı sistemin operatörüne yardımcı olduğu için de “operatör yardımcısı” ifadeleri de önerilmektedir. Bu seviye teknolojik ekipmanlar için yükleme, boşaltma ve taşıma işlemlerinden yalnızca taşıma işleminin otomasyon tarafından gerçekleştirildiği LHD kepçesi (Ghodrati vd. 2015; Hartman ve Mutmansky, 2002) ve çarpışma riski tespit edildiğinde sistemi otomatik olarak durduran çarpışma tespit teknolojileri (Horberry, Burgess-Limerick, ve Steiner, 2016) örnek olarak verilebilir. Yetkiyi tamamen otomasyonun aldığı zamanlarda operatör arka planda ekipmanı kontrol etmeye devam edebilir (Horberry vd., 2016) ve dolayısıyla otomasyon asla yalnız değildir.

### ***Teknoloji Seviye 2.3: Uzaktan Kontrollü Otomasyon***

Otomasyon sisteminin, uzaktan mekanizasyon sistemlerindeki gibi operatör tarafından belli bir mesafeden kontrol edilmesidir. Uzaktan mekanizasyon sistemlerinde kullanılan radyo frekanslarından farklı olarak, uzaktan kontrollü otomasyon sisteminde kameralardan, lazer ve sensörlerden ve gelişmiş yazılımlardan yardım alınır ve sistemle operatörün arasında bir iletişim sağlanır. Dolayısıyla bu sisteme tele operasyon sistemleri de denmektedir (Ghodrati vd., 2015; Lynas ve Horberry, 2011) ve geniş bant iletişim sistemlerinden yararlanır (Hartman ve Mutmansky, 2002). Uzaktan mekanizasyon sistemlerinde operatör belli bir görüş mesafesinden sistemi yönetirken, uzaktan kontrollü otomasyon sisteminde operatör madenin tamamen dışında bir lokasyonda yer alabilmektedir ve faaliyetin sürdürüldüğü alanda yalnızca bakım personeline ihtiyaç duyulmaktadır. Yeraltı madenlerinde kullanılan ve otomasyon sistemleri ile uzaktan yönetilebilen lokomotifler (Öberg, 1979) gibi, sürücüsüz yönetilebilen raylı taşımacılık sistemleri (Merchiers vd., 2015) bu teknolojiye örnek olarak sunulabilir.

### ***Teknoloji Seviye 2.4: Tam Otomasyon***

Operatörsüz ya da sürücüsüz olarak da belirtilebilen tam otomasyon sistemlerinde, sistem operatöre ihtiyaç duymadan gözler, analiz eder, karar verir ve uygular. Operatör sadece ekran, joystick ve görüntüler üzerinden süreci izler (Lynas ve Horberry, 2011; Horberry vd., 2016). Yazılım bu sistemlerinin sürücüsü olarak kabul edilir (Ghodrati vd., 2015). Gerekli hallerde operatör ekipmanın tüm parçalarına komutlar iletebilir ve ekipmandan da bildirim alabilir (Hartman ve Mutmansky, 2002). Maden taşımacılığında insan müdahalesi olmadan yükleme, taşıma ve boşaltma işlemlerinin hepsinin yerine getirildiği sürücüsüz kamyonlar, tam otomasyon teknolojisine sahiplerdir. Makine arızaları da sistem tarafından tespit edilmektedir (Kızıllı vd., 1995). Tam otomasyonlu madencilik sistemleri, önemli düzeyde üretkenlik artışı sağlar (Ghodrati vd., 2015). Otomasyon teknolojilerinin işçilik maliyetlerini düşürmesi sebebiyle personel sayılarında değişiklikler sunması ve ekonomik olmayan madenleri bile işler hale getirmesi beklenmektedir (Bellamy ve Pravica, 2011).

## YERALTI MADENLERİNDE EMEK YOĞUN SÜREÇLERİN TEKNOLOJİ ADAPTASYONU İÇİN ÖNERİLER

Maden ekipman teknolojileri için belirtilen seviyeler, teknolojilerin faaliyetleri devralabilme yeteneği, arıza beklentileri, güvenlik riskleri, maliyetler ve üretim etkinliği yönetsel unsurlarına göre özellikleri ile birlikte Şekil 3’de verilmiştir:



Şekil 3. Özelliikleri ile birlikte ekipman teknoloji seviyeleri  
Kaynak: Yaşlı, 2020.

Şekil 3'ten de anlaşılacağı gibi, manuel sistemler maksimum çalışan kontrolü ve güç gerekliliği sunarken, otomasyon teknolojilerinde kontrol makine sistemlerine devredilmektedir. Manuel faaliyetler rutin çalışan maliyetlerine sebep olurken, otomasyon teknolojileri öncelikle ciddi yatırım maliyetlerine ve sonrasında da yine yüksek bakım ve beklenmeyen arızalar sebebiyle arıza maliyetlerine yol açabilmektedir. Otomasyon sistemleri bu maliyetlere karşın, manuel sistemlere nazaran önemli düzeyde üretkenlik, verimlilik ve güvenlik sunmaktadır.

Tüm bu değerlendirmeler neticesinde otomasyon teknolojilerinin, yeraltı madeni çalışanlarının faaliyet yükünü önemli düzeyde azaltabileceği kolaylıkla anlaşılmaktadır. Özellikle Şekil 2'deki gibi gösterilen manuel ve zorlu faaliyetlerin otomasyon ile yönetilebilen makine sistemleri ile gerçekleştirilmesi ya da doğrudan otomasyon sistemlerine devredilmesi zor olan faaliyetler için de kısmi otomasyon eklentilerinden yararlanılması yeraltı madencilikinde hem üretkenlik hem de güvenlik açısından büyük gelişmeler sağlayacaktır.

Otomasyon teknolojilerinin özellikle güvenlik ve etkinlik konularında kendini belli eden olumlu etkilerinden yararlanabilmek için, maden ekipmanlarının üretici firmalar tarafından özel siparişlerle tasarlanması gerekmektedir. Çünkü her maden işletmesinin galeri genişlikleri, içinde bulunduğu jeolojik yapının özellikleri, maden çıkarım şartları gibi pek çok teknik farklı şartları vardır ve bu koşullara göre maden işletmelerinin ekipman üreticilerinden talep edeceği ürün tasarımları oldukça farklı olacaktır. Teknolojik ekipmanın ya da eklentinin tasarımı bire bir uygulamadaki ihtiyaca göre yapılmalıdır. Tamamen ya da çoğunlukla manuel sürdürülen süreçler konusunda teknolojik olarak doğru müdahale noktalarının belirlenmesi için ekipman üretici firmalar ile maden işletmelerinin mühendis ve işçileri arasında iş birliği yapılması zorunludur. Emek yoğun süreçlerin teknoloji adaptasyonu için yüksek teknolojik ürünlere ulaşım motivasyonu yerine, doğru tanımlamalar yapılması en büyük ihtiyaçtır. Çünkü süreçlerin teknoloji adaptasyonu, bazen otomasyondan uzak küçük bir mekanik eklenti ile de sağlanabilmektedir.

Madencilik sektörü teknolojik ilerlemelerine dair yapılan kapsamlı araştırmadan sonra, bir metal madenindeki süreçlerin farklı teknolojilere sahip ekipmanlarla sürdürülebilirliği sorgulanmıştır. Maden işletmelerinde yürütülen faaliyetlerin kullanılan belirli bir seviyedeki teknolojik ekipmanlar yerine, daha üst seviyedeki otomasyon seviyesindeki teknolojik ekipmanlarla sürdürülebilmeleri senaryolaştırılmıştır. Önerilen teknolojik ekipmanlar için mevcut literatürden, teknoloji üreticisi firma yetkililerinden ve uzman görüşlerinden yararlanılmıştır (Tablo 1).

Görüldüğü gibi maden işletmesinde manuel sürdürülen 8 faaliyet ve operatörlü mekanizasyonla sürdürülen 4 faaliyet için önerilen teknolojik ekipmanlarla ortaya çıkacak teknolojik ilerleme Şekil 4'de verilmiştir. Mesleki güvenlik ihlallerine karşı çok savunmasız olan manuel faaliyetlerin mekanizasyon ya da kontrol bazlı otomasyon sistemleri ile kolaylıkla teknoloji adaptasyonunun sağlanabileceği anlaşılmaktadır.

Sektöründen bağımsız olarak emek yoğun faaliyetlerin bulunduğu süreçler için teknolojinin, ekipman üreticileri ile yapılacak tasarım çalışmalarının ardından katkısının yadsınamayacak derecede büyük olduğu kabul edilmelidir. Çünkü uygun müdahaleleri yapacak şekilde

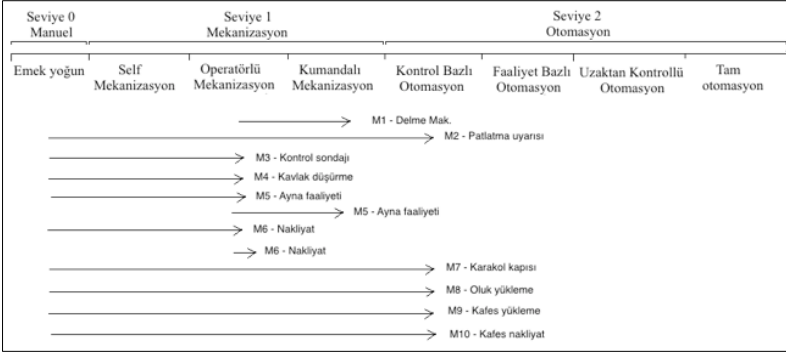


tasarlanmış ve süreçlere adapte edilmiş teknolojik ekipmanlar, faaliyet içindeki insan emeği yoğunluğunu azaltarak ya da insanın hata yapmasını engelleyerek hem üretkenliği hem de güvenliği arttıracak tek araçtır.

*Tablo 1. Emek yoğun faaliyetler için teknolojik ekipman önerileri*

<b>Mevcut ekipman / Teknoloji seviyesi</b>	<b>Önerilen teknolojik ekipman / Teknoloji seviyesi</b>
M1- Delme makinesi / Operatörlü mekanizasyon	Uzaktan kontrol edilebilen delme makinesi / Kumandalı mekanizasyon (Kızıllı vd., 1995)
M2-Patlatma uyarısı / Manuel	Sensörlü uyarı sistemi / Kontrol bazlı otomasyon
M3-Kontrol sondajı / Manuel	Yeraltı sondaj makinesi (Wang vd., 2011) / Operatörlü mekanizasyon
M4-Kavlak düşürme / Manuel	Kavlak düşürme makinesi / Operatörlü mekanizasyon (Felbinger, 1996)
M5-Aynada kürek kullanımı /Manuel Yeraltı kepçesi kullanımı /Operatörlü mekanizasyon	Yeraltı kepçesi kullanımı / Operatörlü mekanizasyon Kumandalı yeraltı kepçesi kullanımı (Gustafson vd., 2013) / Uzaktan kumandalı mekanizasyon
M6-Taşıma el arabası – Manuel Vagon kullanımı / Manuel	Yeraltı kepçesi kullanımı / Operatörlü mekanizasyon Lokomotif (Dammers vd., 2019; Öberg, 1979) / Operatörlü mekanizasyon
M7-Manuel kontrol edilen kapı	Otomatik kapı / Kontrol bazlı otomasyon ile desteklenmiş operatörlü mekanizasyon
M8-Manuel oluk yükleme	Otomatik oluk yükleyici / Kontrol bazlı otomasyon ile desteklenmiş operatörlü mekanizasyon
M9-Manuel kafes yükleme	Otomatik kafes yükleyici / Kontrol bazlı otomasyon ile desteklenmiş operatörlü mekanizasyon
M10-Kafes nakliyat / Operatörlü mekanizasyon	Otomatik vinç sistemi / Kontrol ve uyarı tabanlı otomasyon

*Kaynak: Yaşlı, 2020.*



Ŗekil 4. Önerilen ekipmanların teknoloji seviyeleri deęiŖimi  
Kaynak: YaŖlı, 2020.

## SONUÇ

Teknolojinin hayatımızın her aŖamasında bugünkü kadar yoğun olmadığı 90'lı yıllarda, iŖçilik ücretlerinin de az olmasıyla beraber, madencilikte mekanizasyondan ancak kısmi oranda yararlanılabileceğine ve tam otomasyona geçmenin zor olduğuna inanılıyordu (Elevli vd., 1996). Teknolojinin son yıllardaki ilerleyiŖi ve hayatlarımızın her alanında yarattığı büyük geliŖimler ve deęiŖimlerle, artık teknolojinin geliŖen rolü daha iyi anlaŖılmaktadır. Faaliyetlerin daha hızlı, etkin, güvenli, ekonomik ve çevreci gibi daha sürdürülebilir bir Ŗekilde yürütülebilmesi, yeraltı maden iŖletmelerinin pazarda faaliyet gösterebilmelerinin tek yolu olarak gözükmekte ve iŖletmelerin bu hedeflere ancak teknolojik adaptasyonlarının sağlanması ile ulaŖılabileceęi öngörülebilmektedir.

Emek yoğun sürdürülen faaliyetleri gerçekleŖtiren çalıŖanların maruz kaldıkları kaza riskleri oldukça çarpıcı düzeydedir (YaŖlı ve Bolat, 2018) ve yüksek otomasyon teknolojilerine sahip ekipmanların, mesleki güvenlik riskini azaltması ile sağladığı sosyal sürdürülebilirlik kazanımlarının ötesinde, iŖletme üretim kapasitesine olan olumlu katkıları da göz önüne alındığında, emek yoğun faaliyetlerin teknolojiye adaptasyonunun önemi yadsınamaz seviyededir (YaŖlı ve Bolat, 2016). Dolayısıyla bu çalıŖmada teknolojinin, maden iŖletmelerindeki verimlilik ve çalıŖan mesleki güvenliği ile iliŖkili avantajlarına rağmen, daha fazla yararlanılabilir hâle getirilmesine yönelik olarak, maden teknolojileri ayrıntıları ile ele alınmış ve faaliyetlerin özellikle otomasyon teknolojilerine kısmi de olsa

adaptasyonunu sağlayabilecek ekipman önerileri sunulmuştur. Süreçler içerisinde kullanılan ekipmanların teknoloji seviyelerinin yükseltilmesi, çalışanların tehlikeli süreçlerden uzaklaştırılmasını, yeraltı madenlerinin zorlu çalışma şartlarından etkilenmemesini ve bu suretle süreçlerin hem daha etkin hem de daha güvenli sürdürülebilmesini sağlayacaktır. Faaliyetlerin, çalışanları fiziksel olarak zorlayan noktalarında, mekanizasyon ve otomasyon destekleriyle gerçekleştirilmesinin, mesleki yaralanmaların azalmasını sağlayacağı öngörülebilir.

Gelişmiş teknolojilerden yeterince yararlanılamayan sektörlerde yaşanan meslek kazalarının önlenmesinde ve sektörlerin daha verimli ve ekonomik faaliyet gösterebilmesinde teknolojinin katkısının önemli düzeyde olduğu kabul edilebilir. Bu gerçeğe rağmen, gerçek hayatta madencilik sektörünün motor gücünden ve otomasyon sistemlerinden yararlanma konusunda ideal koşullardan uzakta kaldığı da açıktır. İşçilik maliyetlerinden bağımsız olarak, teknolojinin satın alma maliyetlerinin de gün geçtikçe azalmasıyla ve tüm dünyada insana verilen değer belli standartlara yükselmesi ile birlikte global pazara hizmet vermenin minimum gerekçelerinden biri, emek yoğun süreçler için sağlanan teknoloji adaptasyonu olacaktır. Çalışma ile bu adaptasyonun büyük maliyetlere katlanmadan kısmi otomasyon eklentileri ile de sağlanabileceğinin mümkün olduğu sunulmaya çalışılmıştır. Bu noktada işletmelerin ekipman üreticisi firmaların kataloglarından seçim yapmaktansa, hangi faaliyetlerinin, hangi noktalarında ve hangi özelliklere sahip müdahalelerle teknolojiden yararlanabileceğine dair kapsamlı ihtiyaç tanımlamaları yapmalarının büyük rol oynadığı anlaşılmaktadır.

İleri teknolojiden yoksun sürdürülen yeraltı maden faaliyetlerinde çalışanların maruz kaldığı kaza riskleri ile işletmelerin yaşadığı verimlilik ve etkinlik kaybının göz önüne çıkarılması önemli bir çalışma konusudur. Maden ekipman teknolojilerinin ayrıntılı sınıflandırmasına bakıldığında, insan odaklı teknoloji tasarımları ile geliştirilecek ekipman ya da eklentiler, teknolojinin emek yoğun süreçlere adaptasyonunu her işletme için belli düzeylerde de olsa mümkün kılacaktır. Faaliyetlerinde insan gücü kullanım yoğunluğu yüksek olan ülkelerde, sürdürülebilir madencilik için özellikle emek yoğun faaliyetlerin teknoloji adaptasyonunun sağlanması, uygun yasal düzenlemelerle teşvik edilmelidir.

## TEŖEKKÜR

Bu çalıŖma doktora tezi kapsamında geliŖtirilmiŖ olup, çalıŖmanın gerçekteŖtirilmesine dair sundukları katkılardan dolayı Dedeman Madencilik'e ve uzmanlarına teŖekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

Bellamy, D. ve Pravica, L. (2011). Assessing the impact of driverless haul trucks in Australian surface mining. *Resources Policy*, 36 (2), 149-158.

Boudreau-Trudel, B., Nadeau, S., Zaras, K. ve Deschamps, I. (2014). Introduction of Innovative Equipment in Mining: Impact on Occupational Health and Safety, *Open Journal of Safety Science and Technology*, 4 (01), 49.

Chehri, A. ve Fortier, P. (2020). Autonomous Vehicles in Underground Mines, Where We Are, Where We Are Going?. In *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference*, (1-5). IEEE.

Dammers, M., Barnewold, L., Merchiers, A., Jeschke, P. ve Pütz, M. (2019). Development of an Underground Haulage System Evaluation Tool for Feasibility Studies. *Mining, Metallurgy ve Exploration*, 36 (3), 487-494.

Duc, H. D., Van, C. D., Koterias, A., Van, H. D. ve Ba, T. V. (2020). Development orientation of mechanized technology of underground mining in Quangninh coalfield, Vietnam. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2209, No. 1, p. 020004). AIP Publishing LLC.

Elevli, B., Demirci, A. ve Sül, Ö. L. (1996). Taban ve tavan arınlı dolgulu üretim yöntemlerinde LHD kullanımının üretim maliyeti üzerindeki etkileri ve maliyetlerin tesbit edilmesine yaklaŖımlar. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 35 (2), 19-26.

Eskikaya, Ŗ. ve Aydınır, S. (2003). Küçük Ölçekli Metal Madenlerinde Mekanizasyonun Önemi ve Türk Maadin AŖ Örneği. *Türkiye 18 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, IMCET.

Felbinger, Z. (1996). *Development of hydraulically-powered hand-held scaler device for underground mining (Master dissertation)*.

Ghodrati, B., Hadi Hoseinie, S. ve Garmabaki, A. H. S. (2015). Reliability considerations in automated mining systems. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 29 (5), 404-418.

Guerra, C. F., Reyes-Bozo, L., Vyhmeister, E., Caparrós, M. J., Salazar, J. L., Godoy-Faúndez, A., ... ve Verastegui-Rayó, D. (2020). Viability analysis of

underground mining machinery using green hydrogen as a fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(8), 5112-5121.

Gustafson, A., Schunnesson, H., Galar, D. ve Kumar, U. (2013). The influence of the operating environment on manual and automated load-haul-dump machines: a fault tree analysis. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 27 (2), 75-87.

Hartman, H. L. ve Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory mining engineering*. John Wiley ve Sons.

Hilson, G. ve Murck, B. (2000). Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources policy*, 26 (4), 227-238.

Horberry, T., Burgess-Limerick, R. ve Steiner, L. (2016). Human centred design of equipment: lessons from the mining industry.

Jang, H. ve Topal, E. (2020). Transformation of the Australian mining industry and future prospects. *Mining Technology*, 129(3), 120-134.

Kızıl, M. S., Kızıl, G., Tatar, Ç. ve Köse, H. (1995). *Madencilikte ileri teknolojinin kullanımı. Bilimsel Madencilik Dergisi*, 34 (2), 39-50.

Komljenovic, D., Loiselle, G. ve Kumral, M. (2017) Organization: a new focus on mine safety improvement in a complex operational and business environment, *International Journal Mining Science Technology*, 27 (4), 617–625.

Lynas, D. ve Horberry, T. (2011). Human factor issues with automated mining equipment, *The Ergonomics Open Journal*, 4 (1).

Merchiers, A., Brudek, G. ve Dammers, M. (2015). Advantages and Applications of Rail Haulage Systems in Underground Hard Rock Mining Operations. *Glückauf Mining Report, Gesamtverband Steinkohle eV, Herne*.

Öberg, B., 1979, Rail Haulage Systems in Underground Mines, In *Preprints of International Conference on Mining Machinery 1979*.

Samantra, C., Datta, S. ve Mahapatra, S. S. (2016). Analysis of occupational health hazards and associated risks in fuzzy environment: a case research in an Indian underground coalmine. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 1-17.

Suppen, N., Carranza, M., Huerta, M. ve Hernández, M. A. (2006). Environmental management and life cycle approaches in the Mexican mining industry, *Journal of Cleaner Production*, 14 (12-13), 1101-1115.

Tatar, Ç. ve Özfırat, M. K. (2003). Yeraltı maden makinaları ve mekanizasyonu. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Yayınları*.

Wang, Y. L., Sun, Y. N., Zhai, X. X. ve Wang, Z. F. (2011). Study on New Drilling Technology in Soft and Outburst Seam [J], *Journal of Mining ve Safety Engineering*, 2.

Xie, J., Xin, L., Hu, X., Cheng, W., Liu, W. ve Wang, Z. (2020). Technical application of safety and cleaner production technology by underground coal gasification in China. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119487.

Yaşlı F. (2020). *Yeraltı Madencilik Sektörü Mesleki Güvenlik Risk Analizi*, (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Yaşlı F. ve Bolat B. (2018). A Bayesian Network Analysis for Occupational Accidents of Mining Sector. In *Proceedings of the International Symposium for Production Research ISPR 2018*, (781-799). Vien, Austria.

Yaşlı F. ve Bolat B. (2016). A Conceptual Framework For Sustainable Mining Sector-Evaluating Automation Technologies and Safety Risk, In *Proceedings of the 19. International Working Seminar on Production Economics*, Innsbruck, Austria.

URL-1: [https://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS\\_356567/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_356567/lang--en/index.htm), Erişim Tarihi 08.03.2021.

# **ÇalıŖan Memnuniyeti ile İŖe Tutulma Arasındaki İliŖkide YaŖ ve Tecrübenin Rolü Üzerine Bir AraŖtırma**

**Mutlu Yakın**

*Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-0551-0160)**

## GİRİŖ

Adil ücret ve kariyer fırsatları sunulması ile çalışanların saygı gördükleri organizasyonlarda çalışanları memnun etmek için çok fazla çaba gerekmediği düşünülebilir. Ancak çalışanların memnuniyeti, karmaşık değişkenler bütünüyle değerlendirildiğinde sanıldığı kadar kolay değildir. Memnun olmayan bir çalışanın varlığı kurum imajını olumsuz etkileyebileceği ve çalışanın performansını düşürebileceği göz önünde bulundurulduğunda çalışan memnuniyetinin önemi daha iyi anlaşılabilir.

Bu araştırma ile işe tutulma ve çalışan memnuniyeti arasındaki ilişki de yaş ve tecrübenin rolü incelenerek, söz konusu değişkenlerin işe tutulma ve çalışan memnuniyetindeki aracı rolünün ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaca uygun olarak öncelikle çalışan memnuniyeti kavramına değinilerek, çalışan memnuniyetine etki eden kişisel değişkenler aktarılacak ve işe tutulma kavramına değinilerek işe tutulma, işe tutulmanın öncül ve ardılları ortaya konulacaktır. Ardından Marmara bölgesinde faaliyet gösteren kurum çalışanlarını kapsayan ve anket çalışmasına dayanan bir araştırmaya yer verilecektir. Son olarak da araştırmanın sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapılacaktır.

## ÇALIŖAN MEMNUNİYETİ

Çalışan memnuniyeti konusunda yapılan bilimsel araştırmaların 1930'lu yıllara kadar uzandığı bilinmekle birlikte çalışan memnuniyeti kavramının ne olduğu konusunda genel bir uzlaşa bulunmamaktadır. Bazı araştırmacıların çalışan memnuniyetini tanımlamaya yönelik farklı yaklaşımlarını tavsif etmek gerekirse bu tanımlamalar aŖađıdaki gibidir:

Çalışan memnuniyeti, farklı insanlar için farklı anlamlara gelebilecek karmaşık ve çok yönlü bir konsepttir. Çalışan memnuniyeti genellikle motivasyonla bağlantılıdır, ancak bu ilişkinin niteliği net değildir. Ayrıca memnuniyet motivasyon ile aynı değildir. Çalışan memnuniyeti daha çok tutum, yani içsel bir durumdur (Mullins, 2005). Çalışan memnuniyeti terimi, insanların çalışmaları hakkında sahip oldukları dikkat ve duyguları ifade eder. Mesleğe yönelik olumlu tutumlar çalışan memnuniyetini göstermektedir. Mesleğe yönelik olumsuz tutum çalışanların memnuniyetsizliğini göstermektedir (Armstrong, 2006)



Çalışan memnuniyeti kavramının literatür incelendiği zaman “iş doyumu/memnuniyeti” olarak da kullanıldığı görülmektedir:

“... iş memnuniyeti ya da doyumu, daha dar bir anlama sahip olup, kişinin işi ve iş deneyimleri ile ilgili değerlendirme yapması sonucunda hoşnutluk veren ya da olumlu duygusal durumu ifade etmektedir. Çalışan memnuniyeti ise daha geniş kapsamlı olup, kişinin sadece işi ile ilgili değil, işi ile bağlantılı organizasyonun tümü ile ilgili bir olumlu duygusal tutumu ifade etmektedir. İş memnuniyeti, çalışan memnuniyetinin gelişmesinde önemli bir bileşen olup daha dar bir kapsama sahiptir. Çalışan memnuniyeti, işe ilişkin memnuniyeti ve iş ile ilgili çok farklı faktörleri kapsayan daha geniş bir anlamı ifade etmektedir” (Büyükpoyraz, 2020:37).

Baskın görüş memnuniyet nedeni olarak durumsal bağlama odaklanmış, araştırmacılar yüksek performanslı iş uygulamalarının ve olumlu bir çalışma ortamının çalışan memnuniyetini artırdığını iddia etmişlerdir (Bowen ve Ostroff, 2004; Wright vd., 2001; Wright vd., 2005).

Çalışanların memnuniyetlerinin artırılması mevcut kuruma performans artışı, kâr, müşteri memnuniyeti ve personel devrinin azalması gibi olumlu sonuçlar getirmektedir (Büyükpoyraz, 2020).

## **ÇALIŞAN MEMNUNİYETİNİ ETKİLEYEN KİŞİSEL DEĞİŞKENLER**

Çalışan memnuniyeti psikolojik faktörlerle ilişkilendirilebilir. Bu nedenle kişisel değişkenlerin çalışan memnuniyetini etkilediği düşünülmektedir.

*Kişilik:* Bir bireyin kişiliği, bireysel psikolojik durumu gözlemlenerek belirlenebilir. Bireyin ve psikolojik koşullarının memnuniyetini belirleyen faktörler algılama, tutum ve öğrenmedir. Örneğin; çalışanın yetkinlikleri ve kişiliği işe uygun olup olmaması çalışan memnuniyetini etkileyebilir (Sageer vd., 2012).

*Yaş:* Bu kavram çalışan memnuniyetinin kayda değer belirleyicileri olarak tanımlanabilir. Nedeni ise, daha yüksek enerji seviyelerine sahip genç yaştaki çalışanların, yaşlı çalışanlara göre daha fazla çalışan memnuniyetine sahip olmalarıdır (Sageer vd., 2012).

Bazı araştırmacılar, çalışan memnuniyetinin yaşla birlikte arttığını iddia etse de son araştırmalar yaş ile çalışan memnuniyeti arasındaki ilişkinin “U” şeklinde bir eğri çizdiğini göstermektedir. Bu görüşe göre; çalışan memnuniyeti belirli bir yaşa kadar sürekli olarak düşme eğilimindedir ve yaş ilerledikçe çalışan memnuniyeti yeniden artmaktadır. Yeni işe alişmiş bir çalışanın memnuniyeti, yeni duruma alişma veya iş bulma süreci nedeniyle yüksek olacaktır. Ancak bu memnuniyet zamanla yerini tekdüzeliğe ve can sıkıntısına bırakacak ve orta yaşlarda bireyin memnuniyeti azalacaktır. Bir süre sonra yaş artışına bağlı olarak çalışan memnuniyetinde artış görülecektir. (Telman, 2004).

*Cinsiyet:* alışan memnuniyetini etkileyen bir diğer bireysel faktör de cinsiyettir. Bir iş yerinde erkekler için, ücret, kariyer, ilerleme fırsatları daha fazla önem arz ederken, bayanlar için çalışma koşulları ve sosyal ilişkiler daha önemlidir (Kırel, 1999). Öte yandan bazı çalışmalarda kadınların, aynı işte çalışsalar bile erkeklere göre daha fazla tatmin olma olasılıklarının olduğu belirtilmektedir. “Genelde kadınların memnun olma olasılığı erkeklerden daha fazladır.” (Sageer vd., 2012).

*Medeni Durum:* alışan memnuniyetini etkileyen faktörlerden biri de medeni durumdur. Bazı araştırma sonuçları, evli çalışanların bekar çalışanlara göre daha yüksek memnuniyete sahip olduğunu desteklemektedir. Evli alışanların bekar çalışanlara göre daha düzenli bir yaşam sürdükleri dşnldğnden, evli çalışanların çalışan memnuniyetlerinin daha yüksek olduğu varsayılmaktadır. Bazı araştırmalarda medeni durumun memnuniyeti etkilemediği, medeni durum ile çalışan memnuniyeti arasında anlamlı bir ilişki olmadığı belirtilmiştir (Yıldızturn, 2016).

*Eğitim Durumu:* Eğitim durumu ve memnuniyet arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar incelendiğinde, memnuniyet ile eğitim arasındaki ikili ilişkinin hem olumlu hem de olumsuz doğrultuda olabileceği grlmektedir. Eğitim seviyesi ve yeteneklerdeki artışın karşılığını kuruluştan alamadığını düşünen ve hissedenden çalışanın memnuniyet düzeyinde bir düşüş olabilecektir. Her iki faktörün de yukarı yönlü artış gösterdiği durumda ise, eğitim seviyesi ve yeteneklerdeki yükseliş çalışan açısından olumlu sonuçlar doğurduğunda, memnuniyet seviyesinde bir artış söz konusu olacaktır (Yıldızturn, 2016).

## İŞE TUTULMA

İşe tutulma kavramının, farklı çalışmalarda birçok biçimde adlandırıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan birkaçının; “işe cezbolma” (Özer vd., 2015), “işle bütünleşme” (Ardıç ve Polatçı, 2009), “işe angaje olma” (Kahn, 1990; Markos ve Sridevi, 2010), “işe gönülden adanma” (Bal, 2009), “işe tutulma” (Kanungo, 1982; Robbins ve Judge, 2019), “işe kapılma” (Öner, 2008) olduğu gözlemlenmektedir.

İşe tutulma kavramının temelleri, (Kahn, 1990) tarafından yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Son zamanlarda yönetim araştırmalarında öne çıkan çalışanların işe tutulması ve/veya ona angaje olması kavramı (Robbins ve Judge, 2019) tarafından; “bireyin yaptığı işe bağlılığı, ondan memnuniyeti ve onun için duyduğu coşku” olarak tanımlanmıştır. (Markos ve Sridevi, 2010) işe tutulmayı; çalışanın örgütün hedeflerini gerçekleştirme noktasındaki istekliliği, sürdürülebilir bir iş yükü ile büyük bir çaba içerisinde olma olarak ifade etmektedir. İşe tutulma / angaje olma kavramı, çalışanların yaptığı işe tutkuyla bağlı olması ve buldukları örgüte karşı duyduğu derin bir bağ olarak yorumlanmaktadır (Özer vd., 2015). İşe tutulma: bireylerin bilişsel, duygusal ve fiziksel kaynaklarını işine angaje etmesi (Kahn, 1990), işe karşı pozitif duygusal bağlılık (Corporate Leadership Council, 2004), çalışanın yaptığı işe kendisini vermesi (Woodruffe, 2006) şeklinde tanımlanmaktadır.

(Maslach ve Leiter, 1997) yaklaşımı, işe tutulmaya farklı bir açıdan bakarak, tükenmişliğin zıt kavramı olarak ele almış ve tükenmişliğin, işe tutulma durumunu yıpratıldığını belirtmiştir. İşe tutulmuş kişilerin daha enerjik, işlerinde daha efektif, mücadeleci ve daha az stresli oldukları öne sürülmekte ve bu özellikler kapsamında tutulmanın, tükenmişliğin zıttı olduğu (Hallberg vd., 2007) ifade edilmektedir. Maslach ve Leiter, işe tutulmaya ait işe istek duyma, işe adanma ve işe yoğunlaşma kavramlarının, tükenmişliğe ait üç boyutun (duygusal tükenme, duyarsızlaşma ve kişisel Türkiye başarı hislerinde azalma) tam tersi olduğunu öne sürmekte ve “Maslach Tükenmişlik Envanteri” (Maslach vd., 1996) kullanılarak işe tutulmanın ölçülebileceğini iddia etmektedir.

İşe tutulma davranışının kolay bir şekilde oluşmadığı, oluştuğunda da kolay bir şekilde kaybolmadığı ve buna ek olarak çalışana ve örgüte

faydalı birçok davranıŖı da beraberinde getirdiğini söylemek yanlış olmayacaktır (Akın, 2020).

### ***İŖe Tutulmanın Boyutları***

Schaufeli vd. (2002) iŖe tutulmayı 3 boyutta toplamıŖtır.

*İŖe istek duyma boyutu (vigor):* fiziksel olarak enerjik, duygusal anlamda güçlü ve gayrete gönüllü, mücadelecı bir tavır sergileme hali olarak tanımlanmaktadır.

*İŖe adanma boyutu (dedication):* yapılan iŖe değer verme, iŖ ile gurur duyma, kendini ispatlama, meydan okuyabilme ve coŖkun bir çalıŖma halini kapsamaktadır.

*İŖe yođunlaŖma boyutu (absorption):* ise, iŖe tamamen konsantre olma ve kendini tümüyle çalıŖmaya verme hali olarak tanımlanmakta ve çalıŖanın çalıŖmayı bırakmakta zorlandığı bir durum olarak belirtilmektedir.

BaŖka bir alıŖmada (Schaufeli ve Bakker, 2004) iŖe tutulma kavramını dinçlik, adanmıŖlık ve özümseme boyutlarıyla üç boyutta toplamıŖtır.

*Dinçlik boyutu:* KiŖinin fiziksel olarak kendini din hissetmesi, duygusal olarak güçlü olması, iŖi için çaba sarf etmeye istekli olması ve karŖılaŖılan sorunlar karŖında güçlü, din olmayı kapsamaktadır.

*Özümseme boyutu:* alıŖanın iŖine konsantre olması ve kendini iŖine vermesi hali olarak belirtilmektedir. Bu durumda kiŖi iŖ esnasında zamanın nasıl geçtiğinin farkına varamamakta ve iŖine konsantre olmuŖ halde alıŖmasına devam eder.

*AdanmıŖlık boyutu:* alıŖanın iŖine değer vermesi, iŖi ile gurur duyarak kendini kanıtlama çabasında olmasını ifade etmektedir.

İŖe tutulma (Kahn, 1990) tarafından çalıŖanın kendini fiziksel, biliŖsel ve duygusal olarak iŖ rolüne adanması, iŖe koŖması olarak tanımlanmaktadır.

İŖe tutulmuŖ bireylerin fiziksel, biliŖsel ve duygusal enerjilerini rollerine adayacakları, daha yüksek performans sergileyecekleri, görevlerinde daha uzun ve daha yoğun bir Ŗekilde alıŖacakları, sorumluluklarına daha fazla odaklanacakları ve rollerini oluŖturan bu

görevlerle duygusal olarak daha çok bağlanacakları öne sürülmektedir (Akın, 2020).

*Fiziksel Boyut:* İşe bağlılık, canlılık, adanmışlık ve özümseme ile karakterize edilen olumlu, işle ilgili bir ruh halidir (Schaufeli vd., 2006). Fiziksel boyutun dinçlik boyutu olarak adlandırıldığı da görülmektedir. Kişinin fiziksel olarak kendini dinç hissetmesi, işi için çaba sarf etmeye istekli olmasını kapsamaktadır.

*Bilişsel Boyut:* Bilgi ve yetenek kazanma, yanlışlardan öğrenme ve yeterlilik artırmaya dayalı bilgisel süreçler bilişsel boyut olarak ifade edilmektedir (Köksal vd., 2019).

*Duygusal Boyut:* İşe tutulmanın gerçekleşmesi için çalışanların duygusal yatırımı gerekmektedir (Kahn, 1990). Çalışanların yüksek performansa götüren iş beklentilerini karşılayabilmesi bilişsel, fiziksel enerjilerini ortaya koymaktan başka duygusal enerjilerini de işe adanmalarına, işe tutulmalarına dayandığı düşünülmektedir (Schaufeli vd., 2002).

## **ÇALIŞAN MEMNUNİYETİ İLE İŞE TUTULMA ARASINDAKİ İLİŞKİDE YAŞ VE TECRÜBENİN ROLÜ**

### ***Araştırmanın Amacı***

Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaş faktörünün rolü analizlerde çok yüksek olmadığından, yaşı reddetmek cazip gelebilir. Fakat sosyal ve psikolojik olayların çoklu nedenselliği göz önüne alındığında, bağımlı değişkendeki varyansın % 2 veya % 3'ünü açıklayan herhangi bir değişken saygı görmeye değerlidir. Bu nedenle, yaşın çalışan memnuniyeti ile ilişkilendirilmesi ve rolünü açıklamak için daha fazla araştırma yapılmasını gerektirecek kadar önemli görünmektedir (Glenn vd.,1977). Bu gibi bulgulardan hareketle, bu araştırmanın amacı çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaş ve tecrübenin rolünü belirlemektir.

### ***Araştırma Evreni (Ana kütle) ve Örneklemi***

Araştırmanın amaçlarına ulaşabilmek için evren olarak Marmara Bölgesi seçilmiş ve araştırma 3 Temmuz 2020 – 10 Aralık 2020 tarihleri arasında, Marmara bölgesinde faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlarda çalışan 425 kişiye gönderilerek 258 adet olumlu dönüş

alınarak anketler toplanmıŖtır. AraŖtırmanın örneklemini ise, ağırlıklı olarak İstanbul oluŖturmaktadır.

### **AraŖtırmanın Varsayım ve Sınırlılıkları**

AraŖtırmanın varsayımları aŖağıdaki gibidir:

V1: AraŖtırmanın örnekleme grubunun evreni temsil ettiğı varsayılmıŖtır.

V2: AraŖtırmaya dahil olan kiŖilerin araŖtırma problemi için uygun katılımcılar oldukları ve kendilerine yöneltilen sorulara doğru cevap verdikleri düşünölmektedir.

V3: AraŖtırmada kullanılan sosyo-demografik bilgi formunun katılımcıların kiŖisel bilgilerini, iŖe tutulma ölçeğı; çalıŖanın fiziksel, zihinsel ve duygusal olarak kendisini iŖ rolüne verilmesini, çalıŖan memnuniyeti ölçeğı ise çalıŖanların memnuniyetini etkileyen bireysel ve kurumsal faktörleri ölçtüğü varsayılmıŖtır.

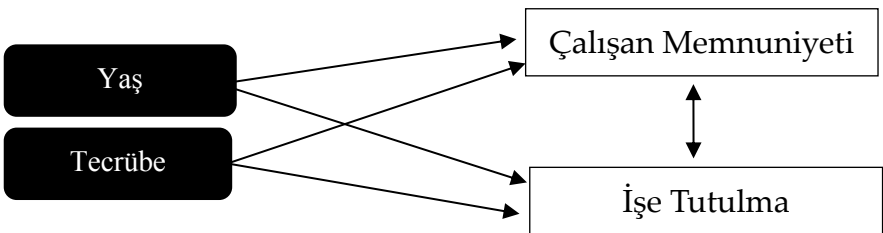
*AraŖtırmanın sınırlılıkları ise aŖağıda belirtildiğı gibidir:*

S1: AraŖtırmaya katılmayı kabul eden katılımcılar örnekleme dahil edilmiŖtir.

S2: AraŖtırma kurgusu, araŖtırmacının bilgi ve yeteneğı ile sınırlıdır.

S3: AraŖtırma, veri toplamada yararlanılan anket formu, soru ölçekleri ve istatistiksel tekniklerin yeterlilikleri ile sınırlıdır.

### **AraŖtırma Modeli**



Ŗekil 1. AraŖtırma modeli

### **Veri toplama Yöntemi**

Araştırmada veri toplama yöntemi olarak alanda anket uygulaması seçilmiştir. Anket formu COVID-19 pandemisi nedeniyle online olarak uygulanmak zorundan kalınmış ve internet üzerinden hazırlanan çevrimiçi anket linkinin e-posta ile katılımcılara gönderilmesiyle veri toplama gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, katılımcıların sosyo-demografik bilgilerini ölçmek için Katılımcı Bilgi Formu, işe tutulmanın ölçülmesinde (Rich vd., 2010) tarafından geliştirilen işe tutulma ölçeği ve (MacDonald ve MacIntyre, 1997) tarafından geliştirilmiş olan çalışan memnuniyeti ölçeği kullanılmıştır. Toplanan veriler IBM SPSS 26.0 istatistik programı ile analiz edilmiştir.

### **Araştırma Hipotezleri**

Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaş ve tecrübenin rolünü anlama ve ölçmeye yönelik yapılan bu araştırmada, belirtilen ana ve alt amaçlar doğrultusunda elde edilen veriler esas alınarak test edilen hipotezler aşağıdaki gibidir:

*Hipotez 1:* Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaşın rolü vardır.

*Hipotez 2:* Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide tecrübenin rolü vardır.

### **Bulgular**

Hesaplanan Cronbach's Alpha değerleri ile ifadeler arası korelasyona bağlı uyum düzeyleri belirlenmektedir. Araştırmada kullanılan işe tutulma ve çalışan memnuniyeti ölçeklerinin, güvenilirlik seviyelerini tespit etmek için iç tutarlılık yöntemine başvurulmuş ölçeklerde yer alan ifadelerin kendi aralarında tutarlılık gösterip göstermediklerini analiz etmek amacıyla Cronbach's Alpha değerleri hesaplanmıştır.

İşe Tutulma ölçeğinin analizinde Cronbach's Alpha değeri Güvenilirlik İstatistikleri tablosunda faktörün güvenilirliğinin  $\alpha = 0,946$  çıkmıştır. Madde – Toplam istatistik tablosu incelendiğinde Cronbach's Alpha sütunundaki değerleri kontrol edildiğinde ankette çıkarılması gereken herhangi bir soru bulunmamaktadır.

Çalışan memnuniyeti ölçeğinin analizinde ise Cronbach's Alpha değeri Güvenilirlik İstatistikleri tablosundan faktörün güvenilirliğinin  $\alpha = 0,871$  olarak bulunmuştur. Sırası ile 8, 7 ve 6 numarası soruların çıkartılması ile Cronbach's Alpha  $\alpha = 0,887$  olarak bulunmuştur. İlgili sorular açıklanan varyansa etki ettiğİ için faktör analizinden de çıkartılmıştır. Güvenilirliğı teyit edilen analizin sonuçlarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmektedir.

*Tablo 1. Güvenilirlik analizi sonuçları*

Değişkenler	Soru Sayısı	Cronbach Alfa Katsayısı ( $\alpha$ )	Soru Sayısı	Cronbach Alfa Katsayısı ( $\alpha$ )
İşe Tutulma	18	0,946	-	0,946
Çalışan Memnuniyeti	10	0,871	7	0,887

*Tablo 2. Araştırmaya katılanların yaş dağılımları*

Yaş	Frekans	%	Geçerli %	Toplam %
18-24	32	13,2	13,2	13,2
25-31	113	46,5	46,5	59,7
32-38	38	15,6	15,6	75,3
39-45	37	15,2	15,2	90,5
46-52	14	5,8	5,8	96,3
53-59	8	3,3	3,3	99,6
60-64	1	0,4	0,4	100,0
TOPLAM	243	100,0	100,0	

65 ve üzeri yaş aralığı çalışmaya dahil olmadığı için tabloda yer almamaktadır. Tabloda görüldüğü gibi örnekleme dâhil edilen 243 katılımcının % 13,2'si (n=32) 18-24 yaş aralığı, % 46,5'si (n=113) 25-31 yaş aralığı, % 15,6'sı (n=38) 32-38 yaş aralığı, % 15,2'si (n=37) 39-45 yaş aralığı, % 5,8'i (n=14) 46-52 yaş aralığı, % 3,3'ü (n=8) 53-59 yaş aralığı olurken, geri kalan katılımcıların % 0,4'ü (n=4) ise 60-64 yaş aralığı oluşturmaktadır.



Tablo 3. Araştırma katılımcılarının mesleki deneyim/tecrübe süreleri

Frekans	%	Geçerli %	Toplam %	Frekans
0-3 yıl	65	26,7	26,7	26,7
4-7 yıl	62	25,5	25,5	52,3
8-11 yıl	50	20,6	20,6	72,8
12-15 yıl	22	9,1	9,1	81,9
16-19 yıl	16	6,6	6,6	88,5
20 yıl ve üzeri	28	11,5	11,5	100,0
Toplam	243	100,0	100,0	

Tablo 2’de görüldüğü gibi örnekleme dâhil edilen 243 katılımcının % 26,7’si (n=65) 0-3 mesleki kıdem aralığı, % 25,5’si (n=62) 4-7 mesleki kıdem aralığı, % 20,6’sı (n=50) 8-11 mesleki kıdem aralığı, % 9,1’si (n=22) 12-15 mesleki kıdem aralığı, % 6,6’i (n=16) 16-19 mesleki kıdem aralığı olurken, geri kalan katılımcıların % 11,5’ü (n=28) ise 20 yıl ve üzeri mesleki kıdem aralığı oluşturmaktadır.

Tablo 4. Korelasyon analizi

		Çalışan Memnuniyeti	İşe Tutulma
Çalışan Memnuniyeti	Pearson Korelasyon	1	,507**
	Anlamlılık düzeyi (p)		,000
	N	243	243
İşe Tutulma	Pearson Korelasyon	,507**	1
	Anlamlılık düzeyi (p)	,000	
	N	243	243
**. Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-kuyruklu).			

Yapılan korelasyon analizinde her iki değişkenin aldığı değerlerin birlikte artış ve azalış gösterdiği belirlenmiştir. Tablodaki 0,507 değeri ise çalışan memnuniyeti ile işe tutulma arasında orta düzeyde pozitif doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu analiz sonrasında çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasında yaş ve kıdem değişkenlerinin rolleri araştırılmıştır.

Yaş faktörünün değişkenler üzerindeki etkisi kısmı korelasyon ile test edilmiştir.

*Tablo 5. Çalışan memnuniyeti ve işe tutulmada yaş faktörünün aracılık rolü*

Control Variables		Çalışan Memnuniyeti	İşe Tutulma	
Yaş	Çalışan Memnuniyeti	Korelasyon	1,000	,504
		Anlamlılık düzeyi (p)	.	,000
		df	0	240
	İşe Tutulma	Korelasyon	,504	1,000
		Anlamlılık düzeyi (p)	,000	.
		df	240	0

Dikkat edildiğinde yaş değişkeni dikkate alındıktan sonra r değeri 0,507'den 0,504 düşmüştür. Bu durum yaşın çalışan memnuniyeti ve işe tutulma değişkenleri üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu kapsamda;

*“Hipotez 1: Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaşın rolü vardır.”* Hipotezi doğrulanamamıştır.

Tecrübe faktörünün değişkenler üzerindeki etkisi kısmi korelasyon ile test edilmiştir.

*Tablo 6. Çalışan memnuniyeti ve işe tutulmada tecrübe faktörünün aracılık rolü*

Kontrol değişkenleri		Çalışan Memnuniyeti	İşe Tutulma	
Tecrübe/ Deneyim	Çalışan Memnuniyeti	Korelasyon	1,000	,508
		Anlamlılık düzeyi (p)	.	,000
		df	0	240
	İşe Tutulma	Korelasyon	,508	1,000
		Anlamlılık düzeyi (p)	,000	.
		df	240	0

Tecrübe faktörü dikkate alındıktan sonra r değeri 0,507'den 0,508 çıkmıştır. Bu durum tecrübe faktörünün çalışan memnuniyeti ve işe tutulma değişkenleri üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu kapsamda;

*“Hipotez 2: Çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide tecrübenin rolü vardır.”* Hipotezi doğrulanmamıştır.

## **SONUÇ**

Çalışan memnuniyeti, kişisel ya da örgütsel değişkenler gibi faktörlerden çalışanların memnun olup olmaması durumunu ifade etmektedir. Memnun ve işe tutulmuş çalışanlar işletmelerin başarısı ve verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Çalışan memnuniyetsizliği ise gerek çalışanları gerekse organizasyonları etkileyen bir dizi olumsuzluklara yol açmaktadır.

Çalışan memnuniyetini etkileyen bireysel faktörler yaş, cinsiyet, kişilik özellikleri ile medeni durum, eğitim düzeyi, rol ve statü, meslek ve tecrübe gibi unsurlardır. Literatürde bireysel faktörler ile çalışan memnuniyeti arasındaki ilişkinin araştırıldığı pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak bu araştırmaların sonuçları genellenebilir nitelikte olmayıp, birbirinden farklı bulgular içerdiği görülmektedir.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre; çalışan memnuniyeti ve işe tutulma arasındaki ilişkide yaş ve tecrübenin rolü bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonucun, yaş ve çalışan memnuniyeti arasında pozitif bir ilişki olduğu yönündeki (Glenn vd., 1977) araştırma, çalışan memnuniyeti ile yaş değişkeni ve çalışma süresi değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösteren (Kaya, 2020) araştırma ve çalışanların tecrübe/deneyimleri arttıkça daha az memnun oldukları, ancak yaş artışına bağlı olarak memnuniyetlerinin arttığı yönündeki bulgular (Rıza vd., 2016) ile farklılaştığı görülmektedir.

Bulgular yaşa göre çalışan memnuniyetinde, önemli bir farklılık bulunmaması yönüyle (Samaiya, 2015)'nin araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamız sonucunda teorik kısımda açıklamaya çalıştığımız kavram, konu ve ifadelerle pratikte elde ettiğimiz bulgular arasında farklılık olduğu ortaya konmuştur.

Bu çıkarımlara göre gelecekte yapılacak çalışmalarda çalışan memnuniyeti ve işe tutulmanın boyutları arasında gerçekleştirilecek araştırmaların daha belirgin bir sektör veya saha üzerinde ele alındığında ilişkinin sektör bazında genelleştirilebilmesi mümkün olacaktır. Örneklemin kısıtlı olması sebebiyle bu çalışmada çıkan verilerin genelleştirilebilmesi mümkün görölmemektedir. Anketin yanıtlanması süresinde örnekleme dahil olan katılımcıların o an içinde buldukları ruh hali, fiziksel Şartları ve bilişsel yetkinlikleri bu çalışmanın başlıca kısıtlarından biridir. Aynı katılımcıların ilgili soruları farklı zaman ve koşullarda doldurması çalışmanın çıktılarında esaslı değişikliklere neden olabilecektir.

Ayrıca anket verilerinin toplandığı zaman zarfı, COVID-19 salgınına denk gelmiştir. Bu nedenle özellikle yaşa bağlı olarak kısıtlamaların olması, evden çalışma, sağlık endişeler, pandemi nedeniyle işten ayrılma gibi fiziksel ve duygusal faktörler sebebi ile de cevaplar etki altında kalınarak verildiği düşünölmektedir. Bu nedenle anket verilerinin nedensellik içermesi ve ilişkilerin tespitini sınırlandırmaktadır.

Gelecekteki araştırmalar için, işe tutulma ve çalışan memnuniyeti ilişkisini etkileyebilecek ek mekanizmaları incelemek önemlidir. Ayrıca değişkenler arasındaki bağlantıyı ve bu sürecin zaman içinde nasıl geliştiğini açıklayan bir çalışmanın yürütölmesinin etkili olacağı düşünölebilir.

Çalışmanın farklı alt gruplarında daha fazla araştırma gerekli olduğu düşünölmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Akın, K. (2020). *Psikolojik Sermaye ve Örgütsel Adalet Algısının Akış Deneyimi Üzerindeki Etkisinde İşe Tutulmanın Aracılık Rolü: Türk Savunma Sanayinde Bir Araştırma*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Başkent Üniversitesi, Ankara.

Ardıç, K. ve Polatçı, S. (2009). Tükenmişlik Sendromu ve Madalyonun Öbür Yüzü: İşle Bütünleşme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Faköltesi Dergisi*, 32, 21-46.

Armstrong, M. (2006). *Strategic Human Resource Management: A guide to Action*, 3rd ed. London: Kogan Page.

Bal, E. A. (2009). Bir Pozitif Psikoloji Kavramı Olarak İşe Gönülden Adanma (Work Engagement) ve İnsan Kaynakları Açısından Önemi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İşletme Bölümü 17. Ulusal Yönetim ve Organizasyon Kongresi*, 546-552, Eskişehir, Türkiye.

Bowen, D. E. ve Ostroff, C. (2004). Understanding HRM-firm performance linkages: The role of "strength" of the HR system. *Academy of Management Review*, 29, 203-221.

Büyükpoyraz, M.T. (2020). *Türkiye'deki Esnek Çalışma Uygulamalarının Hizmet Sektöründeki Çalışan Memnuniyetine Etkisi*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Corporate Leadership Council, (2004). *Driving Performance and Retention Through Employee Engagement*. Corporate Executive Board, Washington, DC. [https://www.stcloudstate.edu/humanresources/\\_files/documents/supv-brown-bag/employee-engagement.pdf](https://www.stcloudstate.edu/humanresources/_files/documents/supv-brown-bag/employee-engagement.pdf) (Erişim Tarihi: 28.02.2021).

Glenn, N.D., Taylor, P.A. ve Weaver, C.N. (1997). Age and Job Satisfaction Among Males and Females: A Multivariate, Multisurvey Study. *Journal of Applied Psychology*, 62(2), 189-193.

Hallberg, U.E., Johansson, G. ve Schaufeli, W.B. (2007). Type A Behavior and Work Situation: Associations with Burnout and Work Engagement. *Scandinavian Journal of Psychology*, 48, 135-142.

Kahn, W. A. (1990). Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of management journal*, 33 (4), 692-724.

Kanungo, R.N. (1982). Measurement of job and work involvement. *Journal of Applied Psychology*, 67, 341-349.

Kaya, Ç. (2020). *İçsel Pazarlama Faaliyetlerinin Kurumsal İtibar ile İlişkisinde Çalışan Memnuniyetinin Rolü*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Kirel, Ç. (1999). Esnek Çalışma Saatleri Uygulamalarında Cinsiyet, İş Tatmini ve İş Bağlılığı İlişkisi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 28(2), 115-136.

Köksal, O., Güler, M. ve Çetin, F. (2019). Öz-Yeterlilik Algısı, Yaşam Doyumu ve Bir Role Tutulma Etkileşimi: Sosyal Bilişsel Bir Yaklaşım. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 54(7-8), 193-207.

Macdonald, S., MacIntyre, P. (1997). The generic job satisfaction scale: Scale development and its correlates. *Employee Assistance Quarterly*, 13(2), 1-16.

Markos, S. ve Sridevi M. S. (2010). Employee Engagement: The Key to Improving Performance. *International Journal of Business and Management*, 5(12), 89-96.

Maslach, C. ve Leiter, M.P. (1997). *The Truth about Burnout*, Jossey-Bass. New York.

Maslach, C., Jackson, S.E. ve Leiter, M. (1996). *Maslach Burnout Inventory Manual*, 3rd ed. Palo Alto. CA: Consulting Psychologists Press.

Mullins, L.J. (2005). Management and Organisational Behaviour, Seventh Edition, Edinburg: Financial Times Prentice Hall. <http://www.mim.ac.mw/books/Management%20&%20Organizational%20Behaviour,%207th%20edition.pdf> (EriŖim Tarihi: 18.11.2021).

Öner, Z. H. (2008). *The Mediating Effect Of Organizational Justice: Moderating Roles Of Sende Of Coherence And Job Complexity On The Relationship Between Servant Leadership And Work Engagement*, (YayınlanmamıŖ Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Özer, Ö., Saygılı, M. ve Uğurluoğlu, Ö. (2015). Sağlık ÇalıŖanlarının İŖe Cezbolma Düzeylerinin Belirlenmesine İliŖkin Bir AraŖtırma. *Business ve Management Studies: An International Journal*, 3(3), 261-272.

Rich B.L., LePine J.A. ve Crawford E.R. (2010). Job engagement: Antecedents and effects on job performance. *Academy of Management Journal*, 53: 617-635.

Riza, S.D., Ganzach,Y. ve Liu,Y. (2016). Time and Job Satisfaction: A Longitudinal Study of the Differential Roles of Age and Tenure. *Journal of Management*, 20 (10), 1-22.

Robbins, S. P. ve Judge, T. A. (2019). *Tutumlar ve İŖ Tatmini, Örgütsel DavranıŖ* (71-97), İnci Erdem (Ed.), 14. Baskı, İstanbul: Nobel Yayınları.

Sageer, A., Rafat, S. ve Agarwal, P. (2012). Identification of Variables Affecting Employee Satisfaction and Their Impact on the Organization. *Journal of Business and Management*, 5(1), 32-39.

Samaiya, S. (2015). Comparison of Employee Satisfaction along Age and Gender: Study of Public and Private Sector. *Journal of Business and Management*, 17(8), 44-52.

Schaufeli, W.B. ve Bakker, A.B. (2004). Job demands, job resources, and their relationship with burnout and engagement: a multi-sample study. *Journal of Organizational Behaviour*, 25, 293-315.

Schaufeli, W.B. ve Bakker, A.B. (2010). *Defining and Measuring Work Engagement: Bringing Clarity to the Concept. Work engagement: A handbook of Essential Theory and Research*. New York, US: Psychology Press.

Schaufeli, W.B., Martinez, I., Pinto, A.M., Salanova, M. ve Bakker, A.B. (2002). Burnout and engagement in university students: A cross-national study. *Journal of CrossCultural Psychology*, 33(5), 464-481.

Telman, P. (2004). *Çalışan Memnuniyeti*, Epsilon Yayınları, İstanbul.

Woodruffe, C. (2006). The crucial importance of employee engagement. *Human Resource Management International Digest*, 14 (1), 3-5.

Wright, P. M., Dunford, B. B. ve Snell, S. A. (2001). Human resources and the resource-based view of the firm. *Journal of Management*, 18, 295-320.

Wright, P. M., Gardner, T. M., Moynihan, L. M. ve Allen, M.R. (2005). The relationship between HR practices and firm performance: Examining causal order. *Personnel Psychology*, 58, 409-446.

Yıldızturnan, T. (2016). Çalışan Memnuniyeti, İşyeri ile İlgili Etik ve Kalite Algısı ve Performansa Yönelik Bir Araştırma, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

# Endüstriyel Tesislerde atı Yangınları ve Bir Otomotiv Firması İncelemesi

**Anıl ubuku**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-1188-8992)**

**Mustafa Yağımli**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4113-8308)**

**Hakan Tozan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0479-6937)**



## GİRİŞ

Yanabilen maddelerin çevrelerine ısı ve ışık yayarak kontrol dışı yanmasına yangın denilmektedir (Whelan, 1995). Kontrol dışı olması sebebiyle olduğu yerlerde can ve mal kaybına sebebiyet verme potansiyeli bulunan yangınları önlemenin en etkin yöntemi nedenlerinin anlaşılması, ortadan kaldırılması ya da risklerin kabul edilebilir ve makul düzeye indirgenmesidir (Kılıç, 2003). Bu nedenle yangınların yaşandığı olaylarda sebebiyet veren unsurların anlaşılması ve bu unsurların hangi koşullar altında bu olaya neden olduğunun ortaya çıkarılması önem taşımaktadır (Arpacioğlu, 2004). Bu amaçla olay yerinin incelenmesi, alanda bulunan ve olaya etki eden malzeme ve ekipmanın envanterinin belirlenmesi ve alanda bulunanlarla görüşülmesi hayati derecede kritik bir eylemdir (Öner, 2009).

Yangın olaylarının incelenmesi reaktif bir eylemdir (Kayacı, 2014). Neticede istenmeyen yangın durumu yaşanmış ve kayıplar oluşmuştur. Ancak benzeri olayların tekrarının ya da daha ciddi yangınların yeniden yaşanmasının önüne geçmek için yangın incelemesi sistematik olarak gerçekleştirilmelidir (Demirel vd., 2012). Olaya sebebiyet veren tehlike kaynaklarının listelenmesi, olayın olduğu esnadaki koşulların ortaya konması ve yangının başlama anına yönelik mantıksal hipotezler sırayla ortaya konmalı sonrasında hipotezlerin geçerliği ve güvenilirliği test edilmelidir (Işık, 2020). Bu çalışma kapsamında da benzeri bir metodoloji kullanılmıştır. Bu yönüyle çalışma araştırmacılara yangınların incelemesine yönelik bütünsel ve metodolojik bir yaklaşım tarifini örnek olay üzerinden gerçekleştirmektedir.

Yangının kimyası, yangınların ortaya çıkma senaryoları ve yaşanmış yangın olaylarının incelenmesine yönelik literatürde birçok araştırma mevcuttur. Bunlar gerek konut amaçlı kullanılan binalar için gerekse endüstriyel tesislerin üretim ve idari alanlarında yaşanmış yangın olaylarını konu edinmişlerdir (Yaman ve Demirel, 2020). Öte yandan endüstriyel tesislerin çatı yangınları ile ilgili incelemeler ise sınırlıdır. Bu çalışmada kara taşıtları imalatı yapan bir otomotiv ana sanayi firmasının Plastik Tampon fabrikasının çatısında meydana gelen yangını ortaya çıkaran nedenler incelemiş ve benzerlerinin engellenmesi için öneriler verilmiştir. Bu yönüyle çalışmanın bu konuda çalışma yapan araştırmacılara kılavuz olacağı

düşünülmektedir. Bu çalışmada olay sonrasında, çıkan yangınla ilgili olarak, firma çalışanlarından alınan bilgiler ve yerinde yapılan inceleme sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiş olup, konuya ilişkin yapılan değerlendirmeler, ilgili standart yönetmelik ve benzer olay durum raporları esas alınarak tarafsız bir şekilde ortaya konulmuştur. Çalışmalara kılavuz olan metodolojik ve analitik yaklaşım NFPA standartları ve Kirk's Fire Investigation kitabındaki tanımlardan alınmıştır (Icove ve Haynes, 1969).

Bu araştırma çıkan yangınla ilgili temel bilgileri ortaya koymak, yangının çıkış nedenlerini belirlemek ve yangın sonrası durumu değerlendirmekle sınırlı olup olaya tanık kişi ve kuruluşlar için bir kusur dağılımı yapılması veya bir hükme varılması kapsam dışındadır.

## **GEREÇ VE YÖNTEM**

### ***Araştırmanın Tipi***

Kara taşıtları imalatı yapan bir otomotiv fabrikasında çatı seviyesinde başlayan ve yayılan bir endüstriyel tesis yangınının sebeplerini ortaya koyan ve yangının nasıl büyüdüğünü açıklayan araştırmacı ve tanımlayıcı nitelikte bir çalışmadır.

### ***Araştırmanın Evren ve Örneklemi***

Araştırmanın evreni, Japon sermayeli bir otomotiv ana sanayi firmasının Türkiye'de yerleşik üretim tesisinde yer alan Plastik Tampon fabrikasıdır.

### ***Veri Toplama***

Araştırma için bahse konu otomotiv fabrikasında alanlarda yapılan gözlem, çalışanlarla yapılan birebir görüşmeler ve şirketin yazılı prosedür ve talimatları göz önüne alınmıştır.

### ***Araştırmanın Sınırlılığı***

Araştırma yalnızca ilgili işletmenin üretim binaları ve bağlı idari alanlarında yapılmıştır.

## **TEMEL BİLGİLER**

Olay 2 Ağustos 2020 tarihinde saat 17:30'da işletmenin Tampon Plastik fabrikası Kuzey-Doğu köşesine yakın duman ve alev çıkışının dışarıdan görülmesi ile tespit edilmiştir. Belirlenen alanda yangın öncesindeki zaman diliminde ilave çatı kaplaması tadilatı yapılmakta

ve müteahhit firma yükümlülüğünde çalışmalar yürütülmektedir. Trapez sac üzeri cam yünü ısı izolasyonu ve su yalıtımı için membran kullanılmaktadır. Çatı kaplaması olarak kullanılan malzemelerin dışında çalışmaların gerçekleştirilmesi için veya iş yapımında kullanılan malzemelerin ambalajındaki plastik ve karton benzeri malzemelerin yangına katılmış olması muhtemeldir.

Cam yünü ve trapez sac / sandviç panel ve membran ile cephe yapışturmalarında Toluen içerikli esnek yapıştırıcı (kuruma ve depolama sırasında yüksek yanıcı) kullanılmaktadır. Onarım ve iyileştirme çalışmaları tesisin duruş zamanında gerçekleştirilmekte, her çalışma için sıcak işlem izni uygulanmadan, işin yapımından sorumlu yüklenici ve alt yükleniciler tarafından gerçekleştirilmektedir. Yangına katılan tüm malzemeler katı (A sınıfı) malzemeler olup kendiliğinden tutuşma sıcaklıkları 400 C° üzerindedir. Yanan bölge üzerinde yanan temel katı maddeler altlık amaçlı kullanılan kalas, çatı izolasyon malzemeleri, yapıştırıcı, membran, çelik üzerinde uygulanan boya ve korozyon koruyucular, montaj ve imalat sırasında kullanılan malzeme ve atıklardan oluşmaktadır.

## **OLAYIN GERÇEKLEŞME BİÇİMİ**

Olayın gerçekleştiği zaman diliminde hafif şiddetle rüzgar Kuzey yönünden esmektedir. Yapılan ilk müdahalede 6 kg kuru kimyevi tipte (KKT) taşınabilir söndürücü ile yapılmış, söndürme işletmenin yangın grubu tarafından çatı yangın suyu hortum bağlantısı sayesinde su ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). En son çalışma yapılan zaman dilimi ile yangının tespit edildiği zaman dilimi arasındaki zaman başlama nedenini çalışma kaynaklı olma ihtimalini ortadan kaldıracak kadar uzun olmasına rağmen genel bulgular belirtilen zamanlarda şaşmalar olabileceğini göstermektedir. En son çalışma saati ve çalışma alanından ayrılma saatini kesin belirleyen bir bulgu bulunamamıştır.

Yangın sonrası izler ve bulgular, verilen ifadeler, yangının nedenini %100 doğrulukta ortaya koymaya yeterli olmamakla birlikte bir takım varsayım ve olası nedenleri ortaya koymak için değerlendirilmiştir.

Yangının başlangıç noktası cepheye yakın eski çatı tarafında olduğu yangına daha uzun maruz kalan bölümler nedeniyle belirlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Müdahale sonrası görünüm



Şekil 2. Yangın başlangıç noktası

## GÖZLEM VE BULGULAR

Tampon fabrikası çatı bölümünde belirlenen yangına ait yanıcı sınıflamaları ve olay akışı aşağıda verilmiştir.

## SONUÇ

Yangın sahasında yapılan gözlemler, alandan toplanan kanıtlar ve işletme personeli ile yapılan görüşmeler neticesinde yangının nasıl ortaya çıktığına yönelik edinilen bilgilere dayanılarak işletme için bir öneri dizisi hazırlanmıştır. Endüstriyel tesislerde görülmesi muhtemel yangınların başında çatı yangınları gelmektedir. Özellikle çatı alanında bulunan bacalar ve bu alanların insanların yoğun olarak buldukları bölgelere göre gözden daha uzakta olması çatı yangını risklerini ciddi oranda artırmaktadır.

Tablo 1. Yangın alanının durumu

Çatı malzeme sınıflandırması	Yanıcılık	Duman	Damlacık
	<input type="checkbox"/> A1	<input type="checkbox"/> s0	<input type="checkbox"/> d0
	<input type="checkbox"/> A2	<input type="checkbox"/> s1	<input type="checkbox"/> d1
	<input type="checkbox"/> Broof (yeni)	<input checked="" type="checkbox"/> s2	<input type="checkbox"/> d2
	<input type="checkbox"/> C		<input checked="" type="checkbox"/> Yok
	<input type="checkbox"/> D		
	<input type="checkbox"/> E (mevcut kısım)		
	<input type="checkbox"/> F		
	Yangına etksi Yok	<input checked="" type="checkbox"/> Kısıtlı	<input type="checkbox"/> Etkili <input type="checkbox"/>
Zemin malzeme sınıflandırması	Yanıcılık	Duman	Damlacık
	<input checked="" type="checkbox"/> A1	<input checked="" type="checkbox"/> s0	<input checked="" type="checkbox"/> d0
	<input type="checkbox"/> A2	<input type="checkbox"/> s1	<input type="checkbox"/> d1
	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> s2	<input type="checkbox"/> d2
		Yangına etksi Yok	<input checked="" type="checkbox"/> Kısıtlı
Duvar malzeme sınıflandırması	Yanıcılık	Duman	Damlacık
	<input type="checkbox"/> A1	<input checked="" type="checkbox"/> s0	<input checked="" type="checkbox"/> d0
	<input checked="" type="checkbox"/> A2	<input type="checkbox"/> s1	<input type="checkbox"/> d1
	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> s2	<input type="checkbox"/> d2
	<input type="checkbox"/> C		
	<input type="checkbox"/> D		
	<input type="checkbox"/> E (mevcut kısım)		
	<input type="checkbox"/> F		
	Yangına etkisi Yok	<input checked="" type="checkbox"/> Kısıtlı	<input type="checkbox"/> Etkili <input type="checkbox"/>
Yangın anındaki yanıcılar ve miktarları	Tip	Miktar	
	<input checked="" type="checkbox"/> Katı malzeme	10-15 kg	
	<input type="checkbox"/> Yanıcı sıvılar	0 L	
	<input type="checkbox"/> Yanıcı gazlar	0 L	
	<input type="checkbox"/> Yanıcı metaller		
	<input type="checkbox"/> Mutfak yağı		
Yanııcıların formu	* Katı (Sınıf A)		
	* Biçimsiz		
Oksijen zenginleştirme	<input type="checkbox"/> Mutfak yağı	<input checked="" type="checkbox"/> Hayır (Atmosfer)	

Tablo 1 (devam)

Hayat kurtaran önlemler	<input type="checkbox"/> Çıkış işareti <input type="checkbox"/> Acil durum aydınlatma <input type="checkbox"/> Acil çıkış <input type="checkbox"/> Duman tahliye <input checked="" type="checkbox"/> Yok										
Yangın önleme tedbirleri	<input type="checkbox"/> Yangın algılama ve alarm <input type="checkbox"/> Gaz alarm <input checked="" type="checkbox"/> Portatif söndürücü <input checked="" type="checkbox"/> Yangın hortumu <input type="checkbox"/> Sprinkler sistemi										
Yangın / patlama maruziyeti	<input checked="" type="checkbox"/> İnsan <input checked="" type="checkbox"/> Yapı <input checked="" type="checkbox"/> İş kesintisi										
Risk matrisi	<table border="0"> <tr> <td>Olasılık-Sıklık</td> <td>Ciddiyet</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Sık</td> <td><input type="checkbox"/> Çok ciddi</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ara sıra</td> <td><input type="checkbox"/> Kritik</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Seyrek</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Önemli</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Çok seyrek</td> <td><input type="checkbox"/> Önemsiz</td> </tr> </table>	Olasılık-Sıklık	Ciddiyet	<input type="checkbox"/> Sık	<input type="checkbox"/> Çok ciddi	<input type="checkbox"/> Ara sıra	<input type="checkbox"/> Kritik	<input checked="" type="checkbox"/> Seyrek	<input checked="" type="checkbox"/> Önemli	<input type="checkbox"/> Çok seyrek	<input type="checkbox"/> Önemsiz
Olasılık-Sıklık	Ciddiyet										
<input type="checkbox"/> Sık	<input type="checkbox"/> Çok ciddi										
<input type="checkbox"/> Ara sıra	<input type="checkbox"/> Kritik										
<input checked="" type="checkbox"/> Seyrek	<input checked="" type="checkbox"/> Önemli										
<input type="checkbox"/> Çok seyrek	<input type="checkbox"/> Önemsiz										

Yangına sebebiyet verme olasılığının yüksek olduğu metallerin kaynakla birleştirilmesi ya da kesme ve taşlama gibi iş ve işlemler yazılı kurallara bağlanmazsa bu örnekte olduğu gibi ciddi yangınlara sebebiyet verebilmektedir.

Saha gözlemleri ve elde edilen bulgulara dayanılarak benzeri iş güvenliği olaylarının tekrarının önüne geçilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gereklidir:

- Tesis genelinde duruş veya olağan bakım amaçlı çalışan yüklenici veya alt yükleniciler için bilgilendirme sağlanmalı, sıcak işlem izin prosedürü eksiksiz ve istisnasız uygulanmalıdır.
- Tesis genelinde kullanılan tüm yapı malzemeleri, yerel yönetmelik gereklerine uygun olmalıdır. Bu konuda izleme ve denetim sağlayacak işleyiş tanımlanmalıdır.

Tablo 2. Alan gözlem bulguları

Yanan malzemeler	Tahta Paketleme malzemeleri Çatı membranı İzolasyon	
Yanabilir malzemelerin alanda bulunma nedenleri	<input type="checkbox"/> Proses gereği <input checked="" type="checkbox"/> Malzeme özelliği <input type="checkbox"/> Tasarım <input type="checkbox"/> Kurulum <input type="checkbox"/> Operasyon	<input type="checkbox"/> Taşıma <input type="checkbox"/> Depolama <input type="checkbox"/> Elleçleme <input checked="" type="checkbox"/> Prosedürler <input checked="" type="checkbox"/> İnsan faktörü
Tutuşma kaynakları	<input type="checkbox"/> Sıcak yüzey <input type="checkbox"/> Sigara <input checked="" type="checkbox"/> Açık alev <input type="checkbox"/> Kontrollü alev <input type="checkbox"/> Yıldırım <input type="checkbox"/> Elektrikli ekipmanlar <input type="checkbox"/> Statik elektrik <input type="checkbox"/> Kendi kendine ısınma	<input type="checkbox"/> Radyasyon <input type="checkbox"/> Sigara <input type="checkbox"/> Sürtünme <input type="checkbox"/> Kimyasal reaksiyon <input type="checkbox"/> Isıtıcı <input type="checkbox"/> Kundaklama <input checked="" type="checkbox"/> Diğer
Yangın başlama nedeni	<input type="checkbox"/> Tasarım <input type="checkbox"/> Ekipman <input type="checkbox"/> Kurulum <input checked="" type="checkbox"/> Operasyon <input type="checkbox"/> Bakım <input checked="" type="checkbox"/> Prosedür-Method (Sıcak çalışma izni) <input checked="" type="checkbox"/> İnsan faktörü	

- Çatı kaplamaları ısıya maruz kalan yüzeyde en zor yanıcı malzemeden seçilmiş olmalıdır.
- Tesis genelinde bulunan kamera izleme sistemi kapsama alanını genişletici çalışma ve uygulama hareketlerini gözleme ve kayıt altına almaya olanak verici biçimde iyileştirme veya ilaveler yapılmalıdır.
- Sıcak işlem yapan ekip ve alanlarda 12 kg.'lik taşınabilir söndürücüler tercih edilmelidir. Personel eğitilmiş olmalı, güvenlik el kitabı kuralları hakkında bilgilendirilmiş olmalıdır.

- Sıcak iŖlem sonrası, alanı güvenli alan olarak belirleyecek denetim ve sıcaklık kontrolü (termal kamera ile kontrol) düzeni oluşturulmalı ve çalıŖtırılmalıdır.
- Çatı ve kapalı alan arasını birleŖtiren boşluk ve geçitler göz önüne alınarak yangının yayılımı, geçiŖi ve olası etkileŖimi göz önünde bulundurulmalıdır.
- İmalat veya onarım sırasında kullanılan enerji kaynakları denetim ve izne tabi tutulmalıdır. Hem enerji kaynakları hem de yanıcı denetim miktarı ve kullanımı süreci denetim altında tutulmalıdır.
- Acil durum müdahale planlarında çatıya eriŖim, çatıdan müdahale ve soğutma hususlarına yer verilmelidir.

Olay sonuç itibarıyla ‐Hafif atlatılmıŖ‐ bir olaydır. Çıkan yangın tümüyle önlenebilir ve hatta iŖletmede sürdürülen çalıŖmalar yönünden bakıldığında olmasına engel olacak eylemlerin sürdürüldüğü görülmektedir. İŖletme ekibinin müdahalesi tüm gerekli iŖlemlerin yapılmıŖ olması tatmin edicidir. Bununla birlikte çalıŖanlar da dikkati ve doğru hamleleriyle yangının büyümesini engellemiŖlerdir.

## KAYNAKÇA

Arpacioğlu, Ü. (2004). Cephe yangınları ve cephe kaplamalarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Çatıder Çatı Cephe Fuarı*. İstanbul: CNR.

Demirel, F., BaŖdemir, H. ve İŖeri, İ. (2012). Yangın Güvenlik Önlemleri Bağlamında Bir Hastane Projesi Ve Ulusal Yangın Mevzuatına Uygunluk Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(4).

İcove, D. J. ve Haynes, G. A. (1969). *Kirk's Fire Investigation*. Brady Fire Series.

İŖık, N. (2020). *Çelik Endüstri Yapılarının Yangın Güvenliği*. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Kayacı, H. (2014). Betonarme yüksek binalarda yangın güvenliği ve yangın senaryoları üzerinde incelemeler. *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Kılıç, M. (2003). Yapılarda yangın güvenliği ve söndürme sistemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(1).

Öner, A. (2009). Yanıcı/parlayıcı sıvı depolanan binalarda yangın güvenliği ve söndürme sistemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 14(1).



Whelan, R. J. (1995). *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press.

Yaman, M. ve Demirel, F. (2020). Cephelerde Yangın Güvenlik Önlemleri ve Mevzuatların Karşılaştırmalı Analizi. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(1), s. 88-108.

# Sanayide Kullanılan Basınçlı Kaplarda İş Güvenliği Uygulamaları

**Cem Yıldırım**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-8571-0102)

**Mustafa Yağımlı**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-4113-8308)

## GİRİŞ

En eski insanlık tarihinden beri, ısınma ve soğutma ihtiyacından, enerjinin üretilmesi, depolanması ve taşınması için çözümler üretilmiştir. Bunun sonucunda; kalorifer, buhar kazanları ve basınçlı-basınçsız depolama tankları gibi oluşumlar meydana gelmiştir. Sanayimizde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaygın kullanım birlikte, birçok tehlikeyi de getirmiştir. Özellikle basınçlı kapların kontrollerinin yeterince ve zamanında yapılmaması, eğitimsiz personel ile kullanımı ve standart dışı malzeme kullanımı gibi nedenlerle, iş kazaları yaşanmakta, maddi zararlarla birlikte ölümler de meydana gelebilmektedir. Kullanım sırasında oluşabilecek çeşitli durumlar özellikle erozyon, korozyon, kavitasyon gibi etmenler yüksek basınç, yüksek sıcaklık titreşim, malzeme yorulması ve gibi nedenlerle sistemlerin mukavemeti azalmakta bunun sonucunda çeşitli arızalar ve hatalar meydana gelmektedir (Sayılğan, 1993).

Basınçlı kapların test ve gözlemleri 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa atıf olarak geliştirilen “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği” içerisinde tanımlanan uygulamalara göre yapılmaktadır (Basit Basınçlı Kaplar Yönetmeliği, 2016).

Öncelikle, basınçlı kapların ne olduğu, çeşitleri ve emniyet ekipmanlarının bilinmesi gerekir. Basınçlı kaplar; 0,4905x10<sup>5</sup> Pa (=0,5 atü) ve daha yüksek basınçtaki oksijen, hava, argon, azot, hidrojen gazı gibi endüstriyel gazların, yakıt gazlarının ve buhar üretiminde, taşınmasında veya depolanmasında kullanılan atmosfere kapalı cihazlardır.

Yönetmeliğimizde ise, iç basıncı 0,5 Bar’dan daha fazla, azami çalışma basıncı 30 Bar’dan fazla olmayan, ateşe maruz bulunmayan içinde hava veya azot gazı konulan kaynaklı basınçlı kaplar şeklinde tanımlanmaktadır. Basınçlı kaplar ve bunların bağlantılı olduğu boru donanımları, basınçlı aksesuarlar, emniyet ekipmanları ve yine basınçlı kaba bağlı nozul, kaplin, rakor, destekler gibi ekipmanlar da yönetmelik içerisinde yer almaktadır. Emniyet ekipmanları ise, basınçlı kapların emniyetli bir şekilde işletilmesini sağlayan cihazlardır. Otomatik sistem kullanılan ekipmanlarda, basınçlı kap ve basınçlı kaba entegre bulunan sistemlerin ilgili ekipmanlarla örneğin, basınç ve sıcaklık şalterleri, akışkan seviye şalterlerinin belirli limitlerde

çalışmasını, limitin aşılması halinde sistemi durduran veya beklemeye alan ekipmanlar olarak tanımlanmaktadır (Basit Basıncılı Kaplar Yönetmeliği, 2016).

Bu çalışmada, basınçlı kapların özellikleri, ekipmanları ve tehlikeleri ile iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına ve test uygulamalarının incelenmesi amaçlanmıştır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Basıncılı kapların belirli periyotlarla kontrol ve testlerin yapılması gerekmektedir. Yeterli bakım ve testlerin yapılmaması sonucunda ülkemizde birçok iş kazası yaşanmaktadır. Bunlardan bazıları;

İzmir Metro inŖaat projesinde kullanılan bir kompresörün hava tankı patladı; 2 işçi hayatını kaybederken 4 işçi de yaralandı (Şen, 2010).

Ankara'da OSTİM OSB'de (Organize Sanayi Bölgesi) bulunan lastik fabrikasında kazan dairesinde oluşan patlamada sonucu 1 kişi hayatını kaybetti. 2 kişi de yaralandı (Ceylan ve Bayram, 2017).

Gazi Üniversitesi diŖ hekimliği fakültesinin kazan dairesinde gaz sıkışması nedeniyle patlama meydana geldi (Cebeci, 2009).

Mersin'in Silifke ilçesinde bir akaryakıt istasyonunda hidrofor kazanı patladı, 5 yaralı (Okur, 2007).

## **BASINÇLI KAPLARIN ÖZELLİKLERİ**

Basıncılı kaplar yönetmeliğinde akışkanlar iki gruba ayrılır: İlki tehlikeli akışkanlardır; patlayıcıdır ve kolay alevlenir, toksik, ve oksitleyici olarak tanımlanan madde ve çeşitlerini kapsar. İkinci grup ise, diğer bütün akışkanları kapsar.

Basıncılı kaplar belirtilen kurallara uygun kullanılmadığı takdirde, bomba etkisi yaratıp çevreye ve çalışanlara tehlikeler yaratabilir. Bu nedenle en önemli sorunların başında iş kazaları nedeni ile oluşan mal ve can kayıplarının önlenmesi veya en aza indirilmesi gelmektedir. Basıncı altında çalışan, endüstri iş kollarında yoğun olarak kullanılan basınçlı kaplar, tesisat ve ekipmanlar iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden yüksek riskli makine ve ekipmanlar arasında sayılmaktadır (Akpınar, 2017; Yağımlı ve Tozan, 2018).

Yaygın olarak kullanılan bu basınçlı kaplar; kazanlar, kompresörler, basınçlı asit tankları, buhar ve sıcak su kapları, gaz tankları, sıvılaştırılmış petrol gazı tank ve tüpleri, oksijen, asetilen tank ve tüpleri, içinde zehirli ve zararlı gazların bulunduğu kaplar olarak sıralanabilir. Bu basınçlı kapların sahip olduğu en önemli özelliği ise, içerdiği akışkanı güvenli bir şekilde ilgili prosese iletmektedir (Yiğit, 2011; Usta, 2011).

## **BASINÇLI KAPLARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ**

Basınçlı kapların iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehlike oluşturmasının nedenlerini ne bakacak olursak;

- Basınçlı kapların belirli zamanlarda kontrollerinin yapılmaması,
- Basınçlı kapların talimatlarda belirtilen şekilde kullanılmaması ve bu konuda yeterli eğitim almış personel bulundurulmaması,
- Basınçlı kapların imalatı sırasında standartlara uygun üretilmemesi olarak belirlenebilir (Tetik, 2011; Çayıtoğlu vd., 2017).

## **BASINÇLI KAPLARDA İŞ KAZASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Basınçlı kapların imalatı ve kullanımı sırasında çeşitli nedenlerden dolayı iş kazaları oluşabilir.

### ***İmalat Hatası***

Hangi proseste kullanılacak olursa olsun, tüm basınçlı ekipmanlar belirli standart ve tasarıma uygun olarak imal edilmek zorundadır. Burada kullanılan malzemenin tipi, cinsi, kalınlığı, mekanik özellikleri ve imalat süreci önem arz etmektedir. Kaynaklı imalatta yapılan hatalar (kaynak yöntemi, seçilen dolgu malzemesi, vb.) geri dönülemez iş kazalarına neden olmaktadır (Anık, 2000; İç vd., 2018).

### ***İşletme Hatası***

Basınçlı kapların bu konuda eğitim almamış ve yetkisiz personel tarafından kullanılması, yapılan işin ciddiyetinin anlaşılmasında tehlikelerin farkında olunmaması gibi nedenlerle sıralanabilir. Yetersiz personel kullanımı sonucu önemli iş kazaları oluşmaktadır.

### ***Kontrol ve Emniyet***

*Gösterge Cihazlarının Çalışmaması:* Basınçlı kaplarda kontrol ve gösterge cihazları uygun yerlere monte edilmeli ve süreç içerisinde düzenli aralıklarla takip edilmelidir.

### ***Korozyon Oluşması***

Basınçlı kaplarda korozyon oluşumu, sistemin ömrü üzerinde en etkili parametrelerden birisidir. Uygun cihazlar kullanılarak korozyon ölçümleri belirli periyotlarla yapılması ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir (Boğa, 2018).

### ***Yetersiz ve Hatalı Bakım***

Bakımların yetkili personel tarafından zamanında ve eksiksiz yapılması gerekmektedir. Bakımların düzenli yapılmaması durumunda işletim süresinin aksaması, ekipman, proses ve iş güvenliği açısından sorunlara neden olmaktadır.

## **BASINÇLI KAPLARDAKİ RİSKLER**

### ***Basınç Artışı***

Herhangi bir nedenden dolayı oluşabilecek basınç artışı sonucunda gerçekleşecek patlama sonucunda kabın malzemeleri etrafta yıkıcı tahribat ve personel yaralanma veya ölümüne sebep olmaktadır.

### ***Akışkanın Çevreye Yayılması***

Basınçlı kaplarda çeşitli özelliklerdeki gaz ve akışkanlar sahip oldukları özelliklerden dolayı (kimyasal/zehirli) personel ve çevre için ciddi sonuçları olacak kazalara yol açabilir.

### ***Yangın***

Doğal gaz, LPG gibi gazların sızıntısı, ortamdaki en ufak bir kıvılcım ile yangın ve patlamaya neden olabilir.

### ***Düşük Sıcaklık Etkisi***

Yeterli izolasyon ve önlemlerin alınmaması durumunda sıvı halde bulunan akışkanın gaz haline dönüşmesinde ortamdaki sıcaklığı düşürdüğü hatta dondurduğu etkisi görülebilir.

### **Zamanında Test ve Kontrollerin Yapılmaması**

İlgili standart ve yönetmeliklerle basınçlı kaplar belirli periyotlarla test ve kontrolleri yapılmalıdır. Eğer periyodik kontroller yapılmadı ise iş kazalarına neden olabilir (Uztuğ, 2003).

*Tablo 1. Basınçlı Kaplarda İş Kazası İstatistikleri*

Yıl	Sigortalı Sayısı	İş Kazası Sayısı	Meydana Gelen İş Kazası Sonucu Ölen Sayısı	Kaza Sayısının Tüm Sektörler İçindeki Kaza Sayısına Oranı (%)	Ölüm Sayısının Tüm Sektörler İçindeki Ölüm Sayısına Oranı (%)
2015	542939	31750	58	13%	5%
2016	528706	33697	57	12%	4%
2017	547665	39297	65	11%	4%
2018	527027	43199	91	10%	6%
2019	530461	40498	50	9,50%	4,30%

*Kaynak: (URL-1)*

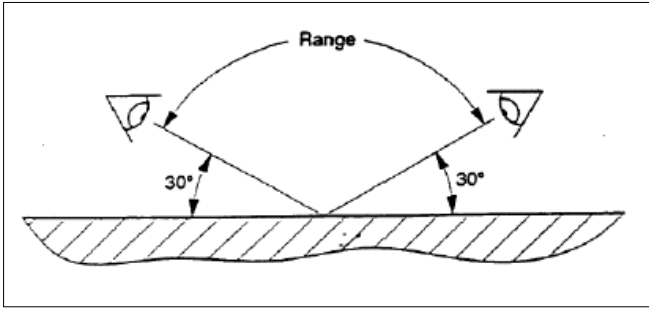
### **BASINÇLI KAPLARDA KULLANILAN TEST YÖNTEMLERİ**

Basınçlı kaplar kullanım alanları olarak çoğunlukla endüstriyel tesisler olmakla birlikte, eğitim merkezleri, sağlık kuruluşları ya da site ve apartmanlarda bile kullanılan ve maalesef kullanım sırasında gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda patlama, yangın, zararlı gaz ve sıvıların yayılmasına, mal ve can kayıplarına sebep olabilecek tehlikeli iş ekipmanlarıdır. Basınçlı kapların güvenli şekilde işletilmesi ile ilgili mevzuattaki en geniş kapsamlı düzenleme Basınçlı Kaplar Yönetmeliği'dir. AB direktifi uyarlaması olan bu yönetmelik, kullanılan bütün basınçlı kapların imalat ve kullanıma sunulması yönünden uygunluk değerlendirme kriterlerini düzenler. Basınçlı kaplarda temel kontrol yöntemi olarak aksi belirtilmedikçe işletme basıncının 1,5 katı ile yıllık periyodik kontrol yapılması gerekmektedir. Fakat basınçlı ekipmanın özelliği ve işletme koşullarından kaynaklanan zorunlu şartlar sebebiyle, hidrostatik test yerine standartların uygun gördüğü tahribatsız muayene yöntemleri kullanılabilir. Tahribatsız muayene yöntemleri kullanılması durumunda yazılacak raporda neden hidrostatik test yapılmadığı

belirtilmelidir. Tahribatsız muayene yöntemi uygulayacak personelin TS EN 473 standardına göre sertifikalandırılmış olması gerekmektedir.

### **Görsel Muayene**

Gözle muayene olarak da kullanılan bu muayene yöntemi en temel kontrol metodu olarak bilinmektedir. Çoğunlukla diğere muayene yöntemlerinin yapılması için, ilk olarak gözle muayene testinin yapılması gerekmektedir. Muayene sırasında çıplak göz veya optik cihazlar kullanılabilir. Muayene edilecek malzeme yüzeyindeki kusurların tespiti veya önceden belirtilen kriterlerin sağlanmasında, belirlenmesinde ve tanımlamasında kullanılır. Kontrol zamanı olarak imalat aşaması, kullanım aşaması gibi her zaman yapılabilecek bir muayene yöntemidir. Kaynaklı parçaların gözle muayenesi TS EN ISO 17637 standartına göre yapılmalıdır. Minimum aydınlatma 500 lux olarak belirtilmiştir (TS EN ISO 17637, 2017).



*Ŗekil 1. Görsel Muayene Açısı  
Kaynak (TS EN ISO 17637, 2017)*



*Ŗekil 2. Görsel Muayene Uygulanışı*



### **Manyetik Parçacık Muayenesi**

Bu muayene yönteminin kullanılabilmesi için malzeme özelliğinin ferromanyetik olması gerekmektedir. Yalnızca ferromanyetik özellikte olan malzemelerin çatlak testinin yapılmasında kullanılabilir. Muayene yapılacak yüzey ilk olarak beyaz fon boyası püskürtme uygulaması yapılır. Ardından aynı anda manyetik akı oluşturulur ve sıvı metal tozları püskürtme işlemi gerçekleştirilir. Malzeme yüzeyindeki süreksizliklerin olduğu bölgelere manyetik akının yardımıyla demir tozları toplanır ve beyaz fon boyası sayesinde süreksizlikler çok net olarak tespit edilir. Bu yöntem sayesinde malzeme yüzeyindeki süreksizlikler tespit edilebilir. Muayene yapılacak bölgenin boya kaplamasının kaldırılması gerekmektedir (TS EN ISO 9934-1, 2017).



Şekil 3. Manyetik Parçacık Muayene Uygulanışı

### **Sıvı Penetrant Muayenesi**

Malzeme yüzeyindeki süreksizliklerin uygun kimyasal püskürtülerek tespit edilmesinde kullanılır. Ferromanyetik olmayan malzemeler içinde kullanılan bir yöntemdir. Malzeme yüzeyi boya ve atıklardan temizlendikten sonra genellikle kırmızı penetrant sıvısının püskürtülmesi ve renkli penetrant sıvısının malzeme yüzeyindeki süreksizliklerin içine girmesi beklenir. Ardından fazla olan penetrant sıvısı malzeme yüzeyinden silinir ve üzerine geliştirici püskürtülür. Süreksizliklerin içine dolan penetrant sıvısı geliştirici püskürtülmesi ile kimyasal etkileşime girerek malzeme yüzeyinde görünür hale gelir. Karmaşık şekilli malzemelere uygulanabilir. Ucuz ve hızlı bir yöntemdir. Yine sadece yüzey ve yüzeye yakın hataların tespit edilmesinde kullanılabilir (TS EN ISO 3452-1, 2013).



Ŗekil 4. Sıvı Penetrant Muayenesi

### **Ultrasonik Muayene**

Ses dalgalarının malzeme içine yönlendirilmesi ve geri dnŖnn uygun cihazlarla hesaplanması yöntemini içeren muayene yöntemidir. Bu yöntemi diğەر yöntemlerden ayıran en önemli özelliği malzeme yüzeyindeki hataların değil, malzeme içindeki hataların tespit edilmesinde kullanılıyor olmasıdır. Aynı zamanda tespit edilen hatanın büyüklüğü ve konumun hakkında da detaylı bilgi tespit edilebilir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı olarak 8 mm'den ince cidarlı malzemelerin muayenesinde kullanılmaz oluŖudur. Yüzey hata tespiti yapılamamaktadır (TS EN ISO 16810, 2014).



Ŗekil 5. Ultrasonik Muayenesi

### **Radyografik Muayene**

Enerji yüklü elektromanyetik dalgaları pek çok farklı malzemeye nüfuz etme özelliğine sahiptirler. Muayene edilecek malzemenin diğەر

tarafına konan ışımaya duyarlı filmler sayesinde bu muayene yöntemi gerçekleştirilebilir. Farklı olarak muayene edilecek arkasına ışımaya duyarlı film yerine ışınları toplayacak bir detektör konumlandırılıp bu değerler bir monitör vasıtasıyla değerlendirilir ise bu yöntem radyoskopi denilmektedir. Radyografik muayene yöntemi için çeşitli ışınlar kullanılmaktadır. Bunların en yaygınları X-Işını ve Gama Işını yöntemidir. Radyografik muayene yönteminde görüntü oluşmasının temeli, muayene edilecek parçadan geçen ışınlar malzeme geçişi sırasında zayıflamaktadır. Malzemedeki hatalardan dolayı o kısımlardan geçen ışınlar zayıflar ve tam olarak emilmeden arka tarafta bulunan filme geçer. Filmde az etki bırakmış olurlar. Bu sayede film üzerinde görüntü oluşmaktadır. Radyografi uygulaması yapacak personelin eğitimi ve tecrübesi çok önemlidir. Bu yöntemle malzeme içindeki süreksizliklerin yeri 2 boyutlu olarak tespit edilebilir. Kullanılacak ışının malzeme içinden geçerek arka tarafta bulunan filme geçmesi gerekmektedir. Aksi takdirde görüntü oluşmamaktadır. İş sağlığı ve güvenli tedbirlerinin çok sıkı alınması gerekmektedir. Radyografi muayene uygulanacak alanda işlem sırasında kimsenin bulunmaması, muayene personelinin kurşun plakalar arkasında beklemesi gerekmektedir. Radyasyona maruz kalındığında erken etkileri olarak ciltte kızarıklar ve yanıklar oluşur. Bu yanıklar yüksek dozda radyasyona maruz kalınmasıyla, radyasyon kaynağıyla fiziksel temasın bulunması ve ışımaya sırasında korunmasız şekilde bulunulması durumunda oluşabilir. Gecikmiş etkileri olarak kanser ve kalıtsal hastalıklar olarak tanımlanabilir (TS EN ISO 5579, 2014).



Şekil 6. Radyografik Muayene

## SONUÇ

Sonuç olarak, sanayileŖmenin geliŖmesi ile birlikte, bulunan en önemli birimlerden biri olan basınçlı kapların kullanımı da artacaktır. Uygun koŖullarda imal edilmemiŖ ve uygun koŖullarda kullanılmayan basınçlı kaplar iŖ kazalarına neden olarak iŖçi ölümlerine ve yaralanmalara sebebiyet verecektir. Periyodik kontroller yapılan değerlendirmelerle uygun tedbirlerin alınması, iŖyerinde kaynaklanan risklerin tespit edilip giderilmesi çalıŖmalarının yapılması gerekmektedir. Üretim prosesinin vazgeçilmez ekipmanlarından olan basınçlı kapların iŖletilmesi emniyet kurallarına tam anlamıyla uymakla yapılır. Hem çevre hem de çalıŖan personel güvenliği açısından iŖ kazalarını en aza indirgenmesi veya yok edilmesi gerçekteŖebilir.

## KAYNAKÇA

Akpınar, T. (2017). İŖ Sağlığı ve İŖ Güvenliği. İstanbul/Türkiye, Ekin Basım Yayıncılık.

Anık, S., (2000). Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, İstanbul/Türkiye, Birsen Yayınevi.

Boğa, C. (2018). Elastic Analysis of an Hollow Cylinder Made from Functionally Graded Material Exposed to Internal Pressure. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 2 (1) , 56-66.

Çayıtoğlu, İ., Yıldırım, F. ve Ŗahin, S. (2017). İnce cidarlı basınçlı kapların dıŖ yükler altında mekanik davranıŖlarının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 99-106.

Cebeci. B. (2009). *Gazi Üniversitesi'nde patlama*. <http://www.iha.com.tr/haber-gazi-universitesinde-patlama-67605> adresinden alınmıŖtır.

Ceylan, G. ve Bayram. M (2017). *Ankara Ostim'de kalorifer kazanı patladı*. <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/ankarada-ostimde-kalorifer-kazani-patladi-1-olu-2-yarali-40598398> adresinden alınmıŖtır.

İç, Y. T., Balcı, A. ve Yurdakul, M. (2018). Basınçlı kaplarda malzeme seçimine yönelik bir karar destek sisteminin geliŖtirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1).

Okur, M. (2007). *Akaryakıt istasyonunda hidrofor kazanı patladı:5 yaralı*. <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/akaryakit-istasyonun-da-hidrofor-kazani-patladi-5-yarali-6582856> adresinden alınmıŖtır.

Sayılgan, U. (1993) *Basınçlı Kapların Tanımı, Tasarımı, Standartı*, Türkiye: Türk Loyd Vakfı.

Şen, B. (2010). *Hava tankı bomba gibi infilak etti*. <http://www.milliyet.com.tr/hava-tanki-bomba-gibi-infilak-etti-magazin-1264689> adresinden alınmıştır.

Tetik, O. (2011). *Basınçlı Kapların Kontrol Metodları*, (Uzmanlık Tezi). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. İzmir, Türkiye.

TS EN ISO 17637 (2017), Ergitme kaynaklarının tahribatsız muayenesi- Ergitme kaynaklı birleştirmelerin gözle muayene

TS EN ISO 9934-1 (2017), Tahribatsız muayene, Manyetik parçacık muayenesi, Bölüm 1: Genel ilkeler

TS EN ISO 3452-1 (2013), Tahribatsız muayene- Penetrant muayenesi- Bölüm 1: Genel kurallar

TS EN ISO 16810 (2014), Tahribatsız muayene - Ultrasonik muayene - Genel prensipler

TS EN ISO 5579 (2014), Tahribatsız muayene-Metalik malzemelerin film ve X- veya gamma ışınlarıyla radyografik muayenesi - Genel kurallar

Usta, M. (2011). *Birbirinden farklı kalın cidarlı basınçlı kaplarda kaynaklı bölgelerin TS 17020 uygunluğunun araştırılması*, (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ, Türkiye.

Uztuğ, E. (2003). *Basınçlı Kaplar El Kitabı*, Ankara/Türkiye, TMMOB-MMO/2003/126-3.

Yağımlı, M. ve Tozan, H. (2018). *İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Eğitimi*. İstanbul/Türkiye, Beta Yayıncılık.

Yiğit, A. (2011). *İş Güvenliği*. İstanbul/Türkiye, Alfa Aktüel Yayıncılık

URL-1: [www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari), Erisim tarihi: 14.02.2021

# GeliŖmekte Olan Ülkelerde Çokuluslu İŖletmelerin Doğrudan Yabancı Yatırımlarında ÇKKV ile Lokasyon Seçimi: Türkiye Örneği

**Nilay Utlu**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0002-0626-7406)

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0002-6283-5340)

**Esin Can**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
(0000-0003-1754-4867)

## GİRİŞ

Bu bölümde, gelişmekte olan ülkeler arasında sayılan Türkiye'nin Çokuluslu İşletmelerin (ÇUI), Doğrudan Yabancı Yatırımlarının (DYY) lokasyon seçimlerinde yardımcı olacak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu karar modeli ile Türk ÇUI'lerin lokasyon seçimlerinde etkili olan kriterler ve alternatif lokasyonların sırasıyla incelenmesi hedeflenmiştir.

Yerli ve yabancı literatür incelendiğinde, ÇUI'lerin gerçekleştirdiği DYY'lerde lokasyon seçimi için geliştirilen bir modele rastlanmamıştır. Araştırmanın önemi, alandaki boşluğun giderilmesiyle sağlayacağı katkı olarak düşünülmektedir. Geliştirilen karar modeli hem ÇUI'lerin DYY lokasyon seçimlerinde hem de gelecekte yapılacak araştırmalara yol gösterici olacaktır.

Bölümde sırasıyla, literatür taraması başlığı altında, DYY, DYY'lerin lokasyon seçimlerini etkileyen faktörler, ÇKKV modellerinden Analytic Network Process (ANP) yönteminden bahsedilmiş; sonrasında geliştirilen karar modeli ile elde edilen sonuç, öneriler ve gelecekteki araştırmalar için yönlendirmelere yer verilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

OECD tanımına göre; DYY, yatırımcının kendi ülkesi dışındaki girişiminin minimum %10'luk payında şirket yönetiminde etkiye ve kontrol hakkına sahip olmasıdır. Bir ÇUI'nin, ev sahibi ülkede bulunan işletmenin %10 veya üstü hisseye sahip olması doğrudan yabancı yatırım iken; %10'dan az hisseye sahip olması portföy yatırımdır (OECD, 1996). DYY, iki yolla gerçekleşebilir. Birincisi, işletmenin kendi üretim tesislerini yabancı ülkede kurması; ikincisi, işletmenin yabancı ülkede bulunan kurulu bir işletmeyle birleşme veya onu satın almasıdır (Can, 2012). Kendi mal veya hizmetleriyle rekabete sıfırdan başlamak isteyen çokuluslu işletmeler birinci yolu tercih ederken; ürün veya coğrafi çeşitlilik, tecrübe edinimi, pazara hızlı giriş isteyen çokuluslu işletmeler ikinci yolu tercih edebilir. ÇUI'lerin sıfırdan bir fabrika kuracağı DYY'lerde lokasyon seçim aşaması, itici ve çekici faktörlerin etkili olduğu dinamik bir süreçtir. Lokasyon seçimini etkileyen itici faktör, ÇUI'lerin hangi amaçla DYY yaptığıdır. Çekici faktör ise ev sahibi ülkedeki yatırım ortamıdır (Huifang, 2006).

Dolayısıyla bir ÇUI'nin DYY yapma amaçları ile ev sahibi ülkeye özgü özellikler eşleŖtiğinde yatırım yapılacak yer belirlenmiŖ olacaktır. Bu araŖtırmada, ÇUI'lerin DYY lokasyon seçimini etkileyen faktörler olarak; ÇUI'lerin DYY yapmalarındaki Dunning'in temel motivasyonlar olarak bahsettiği stratejik hedefler (doğal kaynak aramak, pazar aramak, etkinlik aramak, stratejik varlık ve kapasite aramak) ve ev sahibi ülkeye özgü PESTLE analizi (politik, ekonomik, sosyal, teknolojik, hukuki, çevresel faktörler) ele alınacaktır (Dunning ve Lundan, 2008).

ÇKKV yöntemlerinden ANP'nin uygulanması beŖ adımda gerçekteŖir (Dağdeviren vd., 2006; Lombardi vd., 2007; Önder, 2015). Bu adımlar sırasıyla; birinci adım, ÇKKV problemi tanımlanması ve bağımlılıkların tespiti ile ağ modelinin oluŖturulmasıdır. Öncelikle karar probleminin amacı, kriterler, alt kriterler, karar vericiler, karar vericilerin hedefleri detaylı olarak tanımlanır. Ağ modelini oluŖturmak için içsel, dıŖsal bağımlılık ve geri bildirim dikkate alınarak kümeler ve düğümler saptanır (Dağdeviren vd., 2006; Lombardi vd., 2007). Bir küme diğer bir kümeyi veya kendi içindeki alt kriterleri etkiliyorsa, etkileyenden etkilenene doğru bir ok çekilir. Gösterilen bu iliŖki doğrultusunda bir ağ modeli meydana gelir ve bir sonraki adıma yani ikili karŖılaŖtırma adımına geçilir. İkinci adım, ikili karŖılaŖtırmalar, karar vericinin bilgi, deneyim ve önceliklerine göre faktörlerin önem derecelerini puanlamasıdır. Puanlamada, Saaty tarafından önerilen 1-9 ölçeği kullanılır. Üçüncü adım, ikili karŖılaŖtırmalar sonucu öncelik değerlerin (öz vektörlerin) bulunması ile süpermatrisin oluŖturulmasıdır. Süpermatris, kriter ve kriter kümeleri arasındaki bağımlılıkların etki matrisinde gösterilen ikili karŖılaŖtırmalar sonrasında bulunan her bir matrisin büyük bir matriste birleŖtirilmesidir (Dağdeviren vd., 2006). Sonuçta süpermatris, ağdaki faktörler arasındaki tüm etkileŖimleri gösteren bir matris yapısıdır. Çözüme yönelik iŖlemlerin yapılabilmesi için, süpermatrisin stokastik (kolonlar toplamı 1'e eŖit) yapıda olması gerekir. Dolayısıyla süpermatriste kolonlar 1'e eŖit olacak Ŗekilde normalize edilir. Bu Ŗekilde oluŖturulan yeni matrise ađırlıklandırılmıŖ süpermatris denir. Dördüncü adımda, ANP, alternatifler arasından seçimler sunan bir model olduğundan, kriterler arası karŖılaŖtırmaların tutarlı olup olmadığını kontrolünün yapılması gerekir.



Karşılaştırmanın tutarlılık kontrolü için ise Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR) hesaplanmasından yararlanır. Beşinci adımda ise, ağıdaki kriterlerin doğrudan veya dolaylı olarak etkilerini yakalamak ve önceliklerini belirlemek için süpermatrisin üssünü alma işlemi gerçekleştirilir. Ağırlıklandırılmış matrisin limit üssünü hesaplamak için ağırlıklandırılmış süpermatrisin  $(2k+1)$  sayıda üssü alınır.  $\lim_{k \rightarrow \infty} W^k$ . Buradaki  $k$  rastgele seçilmiş büyük bir sayıdır (Bottero vd., 2007). Bu işlem sonucunda global öncelikler vektörü elde edilir. Formülde de gösterildiği gibi kuvvetleri yükseltılarak türetilen matris limit süpermatrisi denir. Limit süpermatrisin değerleri, karar ağında istenen öncelikleri veya nihai ağırlıkları gösterir. Limit süpermatris ile ağırlıklandırılmış süpermatris ile aynı formdadır; tek farkı, limit süpermatrisin tüm sütunlarının aynı olmasıdır. Limit süpermatrisin belli bir satırdaki değerler o satırdaki faktörün global öncelik değerini verir. Sonuç olarak, alternatifler öncelik ağırlıklarına göre sıralanır ve en yüksek öncelik ağırlığına sahip olan seçilir.

## LOKASYON SEÇİMİ UYGULAMASI

Araştırmanın ana kütesini, 2014 yılında DEİK'in sunduğu raporda, finans sektöründe yer almayan 29 Türk ÇUI oluşturmaktadır. Araştırmanın örnekleme ise, Türk ekonomisine yüksek katma değer sağlayan otomotiv ve yan sanayi sektörü olarak seçilmiştir. Otomotiv ve yan sanayi sektöründe toplamda 7 ÇUI faaliyet göstermektedir. Ancak 2 ÇUI'nin yurtdışında DYY gerçekleştirmek yerine, distribütörlük veya ortaklık anlaşmalarının olduğu görülmüştür. Dolayısıyla araştırmanın örnekleminde 5 ÇUI yer almaktadır ve örneklemdaki işletmelerin tamamına ulaşılmıştır. Veri toplama tekniği olarak anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması, 5 ÇUI'nin CEO'su, CFO'su ile Strateji ve İş Geliştirme, Ar-Ge departmanları genel müdürleriyle yüz yüze gerçekleştirilmiştir, böylece ankette yer alan kavramların tanımlarında gerektiğinde açıklamalarda bulunularak, anketteki soruların daha anlaşılabilir olması hedeflenmiştir. Ayrıca anket çalışması, doğrudan yabancı yatırım alanında uzmanlaşmış 5 öğretim üyesine (2 Prof. Dr., 2 Doç. Dr., 1 Dr.) e-posta yoluyla yapılmıştır. Anket çalışmasında geri dönüş oranı %100 olup tüm cevaplar değerlendirmeye alınmıştır. Ankette, PESTLE analizi kriterlerinin alt kriterlerinde anket uygulamasında ifadelerin anlaşılabilir olması için alt kriterlerin benzer olanlarının bir başlıkta

toplanmasıyla alt kriter sayısında azaltmaya gidilmiŖtir. Böylelikle anket yapacak olan kiŖilerden hata olasılığını düŖürerek, anlaşılır kriterlerle dikkat dağıtmadan doğru cevaplar alınması hedeflenmiŖtir. Türk ÇUI'ler ve öğretim üyeleri ile yapılan görüŖmeler sonucunda, geliŖtirilen modelin Türk ÇUI'lerin DYY'lerinde lokasyon seçimlerine yön verecek yetkinlikte olduğu ifade edilmiŖtir.

AraŖtırma, Haziran-Aralık 2018 tarihleri arasında 6 aylık sürede tamamlanmıŖ olup, araŖtırmanın yapıldığı zaman dilimindeki mevcut durumu yansıtmaktadır.

### ***Analitik Ağ Süreci Yönteminin Uygulanması***

#### **Adım 1: İliŖki Matrisinin OluŖturulması**

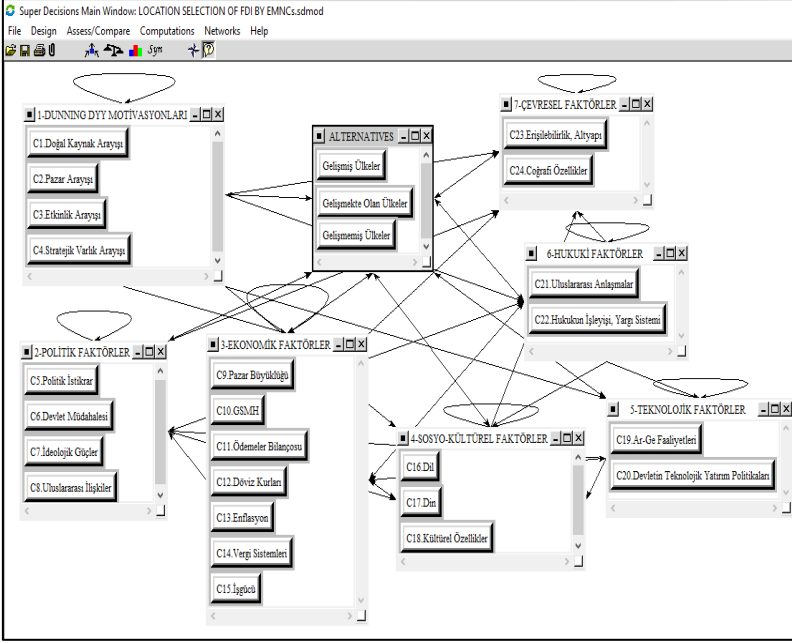
İliŖki matrisinin oluŖturulması aŖamasında tüm kriterlerin birbirini etkileme ve etkilenme durumları ortaya konulmaktadır. Eğer satırda yer alan bir kriter sütunda yer alan diğer bir kriterden etkileniyorsa matris formunda iki kriterin kesiŖimine “+” iŖareti konulur eğer etki yoksa iŖaret konulmaz. ÇalıŖma kapsamında tüm kriterler için bu değerlendirme yapılarak iliŖki matrisinde Türk ÇUI'lerin DYY'lerinde lokasyon seçimini etkileyen kriterlerin birbirleriyle olan iliŖkisi ortaya konulmuŖtur (EK 1).

EK 1'deki iliŖki matrisine göre; doğal kaynak arayışının, iŖgücü, coğrafi özellikler kriterlerinden ve alternatif lokasyonlardan etkilendiği; pazar arayışının ise, pazar büyüklüğu, GSMH, ödemeler bilançosu, döviz kurları, enflasyon, vergi sistemleri, iŖgücü, kültürel özellikler, erişilebilirlik ve altyapı kriterlerinden ve alternatif lokasyonlardan etkilendiği görülmektedir. Matriste alternatif lokasyonlar, geliŖmiŖ ülkeler, geliŖmekte olan ülkeler ve geliŖmemiŖ ülkeler olarak verilmiŖtir. Alternatif lokasyonlar, Super Decision yazılımında “alternatives” bileŖeninde gösterilmiŖtir. Alternatifler, hem tüm kriterleri etkileyen hem tüm kriterlerden etkilenen konumundadır.

#### **Adım 2: Ağ Modelinin Kurulması**

Ağ modelindeki kümeler, alt kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra aralarındaki geri bildirimler ve bağımlılıklar analiz edilir (Saaty, 1999). Dolayısıyla öncelikle ağ modelindeki bu iliŖkiler belirlenir ve bir sonraki adım olan ikili karŖılaŖtırmaların puanlamasına geçilir.

Araştırmada, ikili karşılaştırmaların yapılacağı ağ modeli, uzman görüşleri ve literatür çerçevesinde hazırlanmıştır. Lokasyon seçimini etkileyen kriterlerle oluşturulan ANP modeli, Şekil 1’de, Super Decision yazılımı kullanılarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Super Decision Ağ Modeli Ekran Görüntüsü

Şekil 1’de görüldüğü gibi, Super Decision yazılımı kullanılarak her bir küme (1, 2, 3..) ve kümelerin alt kriterleri (C1, C2, C3..) yazıldıktan sonra kümelerin kendi içindeki ve tüm alt kriterlerin birbirleriyle olan ilişkileri yansıtılmıştır.

### Adım 3: Potansiyel Lokasyon Özellikleri Tanımlama

Uluslararası kuruluşlar, dünya ülkelerin mevcut durumları göz önünde tutarak ülkeleri gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkeler olarak sınıflandırır. Gelişmişlik göreceli bir kavram olmakla birlikte henüz uluslararası kuruluşlar tarafından ortak bir tanımlama söz konusu değildir. Dünya Bankası Grubu tarafından ülkelerin kişi başına düşen Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH), gelişmişlik için bir ölçü kabul edilir ve ilgili çevrelerde genelde bu sınıflama kabul görür. Dünya Bankası, ülkeleri 4 şekilde gelir gruplarına (yüksek gelir-high income, üst orta gelir-upper middle income, alt orta gelir-lower middle income, düşük

gelir-low income) göre sınıflandırmıştır (World Bank, 2017) Ayrıca bu sınıflandırmada düşük gelirli, gelişmemiş ülkeler; alt orta gelirli ve üst orta gelirli, gelişmekte olan ülkeler; yüksek gelirli ise gelişmiş ülkeler olarak kabul edilir.

#### **Adım 4:** Birbirleriyle İliŖki Değişkenlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

ÇUI'lerin DYY lokasyon seçimini etkileyen kriterlerin önem derecesini belirlemek ve üç alternatif lokasyon arasından uygun lokasyonu seçmek için uzmanlardan anketteki soruları puanlamaları istenmiştir. Puanlamada, Saaty'nin ikili karşılaştırmalar için geliştirdiği 1-9 ölçeği kullanılmıştır.

İkili karşılaştırmalar, uzmanlara sunulan anketten alınan puanların geometrik ortalamaları ( $G = \sqrt[n]{X_1 X_2 \dots X_n}$ ) Super Decision'da "Direct" sekmesinden girilerek oluşturulmuştur. Anket formuyla; birinci aşamada, alternatiflere (gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler veya gelişmemiş ülkeler) yatırım yaparken her bir  $X_i$  kriterinin belirlenen diğer değerlendirme kriterlerine göre önem derecesi sorulmuş, ikinci aşamada ise, tüm kriterler açısından alternatiflerin (gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler, gelişmemiş ülkeler) önem derecesini ortaya koymak üzere kıyaslanması sağlanmıştır. Uzmanlar tarafından yapılan ikili karşılaştırmaların geometrik ortalamaları alındıktan sonra veri giriŖiyle elde edilen tüm matrislerin topluca görüldüğü büyük matris, ağırlıklandırılmamış süpermatristir. Ağırlıklandırılmış süpermatris ise, ağırlıklandırılmamış süpermatrisin normalize edilmiş hali yani sütun toplamalarının 1'e eŖit olduğu stokastik bir matristir.

#### **Adım 5:** Önceliklerin Değerlendirilmesi

Son adımda, limit süpermatris değerleri elde edilir. Limit süpermatrisin bileşenler bazında normalize edilmesi sonucunda her bir bileşenin ağırlık değerleri elde edilmiş olur. Benzer şekilde alternatif kümesinde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif de en iyi çözüm olarak gösterilir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi, Türk ÇUI'lerin yurtdışına DYY gerçekleştirirken lokasyon seçimi etkileyen kriterler arasından en yüksek puanı "C24-coğrafi özellikler" almıştır. Sonrasında, "C21-uluslararası anlaşmalar" ve "C18-kültürel özellikler" kriterleri takip

etmiştir. Ayrıca Türk ÇUI'lerin lokasyon seçiminde alternatifler arasında öncelikle “gelişmekte olan ülkeler”i, sonrasında “gelişmemiş ülkeler” ve “gelişmiş ülkeler”i tercih ettikleri görülmektedir.

Tablo 1. ANP çözümü sonucu elde edilen kriter ve alternatif ağırlıkları

	Ana Kriter Numaraları						
	1 %6,88	2 %20,24	3 %18,45	4 %15,88	5 %10,75	6 %11,65	7 %16,15
<b>Alt Kriterler</b>	C1-0,223 C2-0,278 C3-0,265 C4-0,234	C5-0,297 C6-0,263 C7-0,297 C8-0,143	C9-0,185 C10-0,184 C11-0,081 C12-0,130 C13-0,108 C14-0,089 C15-0,223	C16-0,171 C17-0,402 C18-0,427	C19-0,488 C20-0,512	C21-0,592 C22-0,408	C23-0,4 C24-0,6
<b>Alternatifler</b>	Gelişmekte Olan Ülkeler – 0,364						
	Gelişmemiş Ülkeler – 0,324						
	Gelişmiş Ülkeler – 0,312						

## SONUÇ

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında, Türk ÇUI'lerin DYY gerçekleştirirken öncelikli önem verdiği ilk üç kriterin sırasıyla, coğrafi özellikler, uluslararası anlaşmalar ve kültürel özellikler olduğu görülmektedir. Birinci sırada coğrafi özellikler, ülkelerin sahip olduğu konuma dikkat çeker. Nitekim 2014 yılında DEİK'in yaptığı araştırmaya göre, yapılan mülakatlar sonucu, Türk yatırımcıların kısa ve orta vadeli yurt dışı yatırımlarının %80'inin 4 saatlik uçuş uzaklığındaki bölgelerde yoğunlaştığını belirtilmiştir (DEİK, 2014). Yatırım yapılacak ülkeye coğrafi olarak yakın olmak, ulaşım ve zaman maliyeti açısından avantaj sağlar. İkinci sırada, Türk ÇUI'ler, yurt dışına yatırım yapacakları ev sahibi ülkelerin, uluslararası anlaşmalardan Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşmaları (ÇVÖ) ve Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunması Anlaşmalarına (YKTK) taraf olup olmadığına dikkat eder. DEİK'in gerçekleştirdiği “Türk Şirketlerinin Yurtdışı Yatırım Tecrübeleri” Söyleşisinde, Türk ÇUI yöneticileri, yatırımlarını uluslararası anlaşmalara taraf olan ülkelerde gerçekleştirdiklerini özellikle belirtmiştir (T.C. Ekonomi Bakanlığı, 2014). ÇVÖ Anlaşması, bir uluslararası vergi anlaşmasıdır. Bu anlaşmanın hükümleri, gelir üzerinden alınan vergilere uygulanmaktadır. Gelirin hem ana ülkede hem de ev sahibi ülkede ayrı

ayrı vergilendirilmesini önleyen anlaşmadır. Böylece uluslararası yatırımcılar vergilendirmeyi belli prensibe bağlayarak, yerli ve yabancı mükellefler arasında oluşabilecek ayırım engellenir. YKTK Anlaşması ise, yatırımcıya ev sahibi ülkede uygulanacak muamelenin sınırlarının belirlenmesi, temel haklarının uluslararası hukuk temelinde korunması, kar transferlerinin güvence altına alınması, ev sahibi devletin yapılması muhtemel kamulaştırma işlemlerinin şartlarının belirlenmesi, uyuşmazlık halinde uluslararası tahkime başvurulması gibi çok önemli hakları içeren bir anlaşmadır. T.C. Ekonomi Bakanlığı'nın müzakerelerini yürüttüğü bu anlaşmayı Türkiye toplamda 94 ülkeyle imzalamıştır (T.C. Ekonomi Bakanlığı, 2017). Üçüncü sırada olan kültürel özellikler ise, yatırım yapılacak ülkelerde var olan değerler, inançlar, tutumlar, estetik veya alışkanlıkları kapsar. Nitekim 2017 yılında T.C. Ekonomi Bakanlığı'nın yayınladığı Türkiye'nin Yurtdışı Yatırımları raporunda, işletmelerin kültürel olarak kendilerine yakın hissettikleri ülkelerde yatırım gerçekleştirmeyi tercih ettiklerini belirtilmiştir. Örneğin, Türkiye'nin yurtdışı yatırımlarında ilk olarak Türk Cumhuriyetlerine yoğunlaşmaya başlaması kültürün DYY üzerindeki etkisine örnek olarak gösterilebilir (T.C. Ekonomi Bakanlığı, 2017). Bunun yanında, DEİK'in sunduğu raporda Türk yatırımcıları dış ülkelere yönlendiren değişkenler arasında üçüncü sırada "iş yapma kültürü uyumu" nun yer almaktadır (DEİK, 2014). Bu da kültürel yakınlığın ve uyumun yatırımcılar için önemine dikkat çeker.

Araştırmada, DYY yapılacak ülkeler arasında birinci sırada gelişmekte olan ülkeler gelmiştir. Nitekim DEİK üyesi 402 şirket arasında gerçekleştirilen "Algı Anketi" nde, gelişmesi beklenen ülkelere yatırım yapmayı düşünen katılımcıların, en yüksek yatırım iştahına sahip grup olarak ön plana çıktığı görülmüştür (DEİK, 2019). Bunun yanında, DEİK Yurtdışı Yatırımlar İş Konseyi Mülakatlarında, kısa ve orta vadede yatırımların yöneleceği bölgeler çoğunlukla CIS ve MENA bölgeleri olduğu; Irak, Rusya, Çin ve Hindistan pazarının yatırım planlarında öne çıkan ülkeler oldukları belirtilmiştir (DEİK, 2014). Gelişmekte olan ülkeler, büyüme potansiyelleri olan, yatırım yapacak ÇUİ'ler için "kurtarıcı" pazarlar olarak görülmektedir.

Bu araştırma sonucuyla gelecekte yapılabilecek çalışmalar için çeşitli öneriler getirilebilir. Araştırmada, Türk ÇUİ'lere DYY faaliyetlerinde lokasyon seçiminde yardımcı olacak ANP modeli geliştirilmiştir,

dolayısıyla yatırımlarını gerçekleştirmeden önce Türk ÇUI'lere geliştirilen karar modelinden faydalanılması önerilir. Araştırmada geliştirilen ANP modeli, birden fazla ülkede yurtdışı yatırımı olan Türk ÇUI'ler üzerinde uygulanmıştır. Yalnızca tek ülkede yurtdışı yatırımı bulunan henüz uluslararası işletme statüsünde olan işletmelerin DYY'lerin lokasyon seçim kararlarını ve bu kararı etkileyen faktörlerini analiz edebilmek için önerilen model değerlendirilebilir. Önerilen model, farklı gelişmişlik seviyelerinde olan ülkelerde doğan ÇUI'lerin DYY'leri için lokasyon seçimlerini ve bu kararı etkileyen faktörlerini anlayabilmek açısından da dikkate alınabilir özellik taşımaktadır. Önerilen model, gelişmiş ülkelerde doğan ÇUI'ler ile gelişmemiş ülkelerde doğan ÇUI'ler üzerinde uygulanıp ortaya çıkan farklılıklar değerlendirilebilir.

## KAYNAKÇA

Bottero, M., Mondini, G., ve Valle, M. (2007). The Use of Analytic Network Process For The Sustainability Assesment of An Urban Transformation Project. *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and Its Assesment*, 1-22.

Can, E. (2012). *Uluslararası İşletmecilik*. İstanbul, Beta Basım.

Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M. (2006). Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2), 247-255.

DEİK. (2014). *Dünyada ve Türkiye'de Yurtdışı Doğrudan Yatırımlar*. İstanbul: Yurtdışı Yatırımlar İş Konseyi. [https://www.deik.org.tr/uploads/dunya-da\\_ve\\_turkiye-de\\_yurtdisi\\_yatirim\\_raporu-2014\\_.pdf](https://www.deik.org.tr/uploads/dunya-da_ve_turkiye-de_yurtdisi_yatirim_raporu-2014_.pdf) adresinden alınmıştır.

DEİK. (2019). *Outbound Investment Index*. <https://www.deik.org.tr/country-profiles-outbound-investment-index-2019> adresinden alınmıştır.

Dunning, J. H., ve Lundan, S. M. (2008). *Multinational Enterprises and the Global Economy (Second Edition)*. U.S., Edward Elger Publishing.

Huifang, L. (2006). The Theory Basis on Location Choice in FDI of the Multinational Enterprise. *Canadian Social Science*, 2(4), 72-75.

Lombardi, P. L., Lami, M., Bottero, M. ve Grasso, C. (2007). Application of The Analytic Network Process and The Multi-Modal Framework to An Urban

Upgrading Case Study. *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assesment*, 1-17.

OECD. (1996). *Detailed Benchmark Definition of Foreign Direct Investment*. Paris, OECD Publication.

Önder, E. (2015). Analitik Ağ Süreci. E. Ö. Bahadır Fatih Yıldırım içinde, *İŖletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönelmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (s. 75-117). Bursa, Dora.

Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of The Analytic Network Process. *The International Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHP)*, (s. 1-14). Kobe, Japan.

T.C. Ekonomi Bakanlığı. (2014, Ocak). *T.C. Ekonomi Bakanlığı*. [www.ekonomi.gov.tr:https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/yatirim/yurtdisinaYatirim](https://www.ekonomi.gov.tr:https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/yatirim/yurtdisinaYatirim) adresinden alınmıştır.

T.C. Ekonomi Bakanlığı. (2017). *T.C. Ekonomi Bakanlığı*. [www.ekonomi.gov.tr:https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/yatirim/yurtdisinaYatirim](https://www.ekonomi.gov.tr:https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/yatirim/yurtdisinaYatirim) adresinden alınmıştır.

World Bank. (2017). *World Bank List of Economies*. Washington, USA, [databank.worldbank.org](http://databank.worldbank.org). adresinden alınmıştır.



EK1

İlişki Matrisi

		Dunning DYY Motivasyonları				Politik Faktörler				Ekonomik Faktörler				Sosyo-Kültürel Faktörler		Teknolojik Faktörler	Hukuki Faktörler	Çevresel Faktörler	Lokasyon										
		Doğal Kaynak Arayışı	Pazar Arayışı	Etkinlik Arayışı	Stratejik Varlık Arayışı	Politik İstikrar	Devlet Müdahalesi	İdeolojik Güçler	Uluslararası İlişkiler	Pazar Büyüklüğü	GSMH	Ödemeler Bilançosu	Döviz Kurları	Enflasyon	Vergi Sistemleri	İşgücü	Dil	Din	Kültürel Özellikler	Ar-Ge Faaliyetleri	Devletin Teknolojik Yatırım Politikaları	Uluslararası Anlaşmalar	Hukukun İşleyiş Yargı Sistemi	Erişilebilirlik, Altyapı	Coğrafi Özellikler	Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler	Gelişmemiş Ülkeler	
Dunning DYY Motivasyonları	Doğal Kaynak Arayışı	✓																											
	Pazar Arayışı		✓																										
	Etkinlik Arayışı			✓																									
	Stratejik Varlık Arayışı				✓																								
Politik Faktörler	Politik İstikrar					✓																							
	Devlet Müdahalesi						✓																						
	İdeolojik Güçler							✓																					
	Uluslararası İlişkiler								✓																				
Ekonomik Faktörler	Pazar Büyüklüğü									✓																			
	GSMH										✓																		
	Ödemeler Bilançosu											✓																	
	Döviz Kurları												✓																
	Enflasyon													✓															
	Vergi Sistemleri														✓														
Sosyo-Kültürel Faktörler	İşgücü														✓														
	Dil															✓													
Teknolojik Faktörler	Din																✓												
	Kültürel Özellikler																	✓											
	Ar-Ge Faaliyetleri																		✓										
Hukuki Faktörler	Devletin Teknolojik Yatırım Politikaları																			✓									
	Uluslararası Anlaşmalar																				✓								
Çevresel Faktörler	Hukukun İşleyiş Yargı Sistemi																					✓							
	Erişilebilirlik ve Altyapı																						✓						
Lokasyon	Coğrafi Özellikler																							✓					
	Gelişmiş Ülkeler																								✓				
	Gelişmekte Olan Ülkeler																									✓			
	Gelişmemiş Ülkeler																										✓		



# **Bulanık AHS ve EDAS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi: İmalat Sektöründe Bir Uygulama**

**Elçin Kerkhoff**

*İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-1275-0661)**

**Ali Görener**

*İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6000-5143)**

## GİRİŖ

Tedarikçilerin seçilmesi ve hangi tedarikçilerle uzun vadeli ilişkiler geliştirileceği, kuruluşlar açısından kritik önemdedir (Andersen vd., 2016). İşletmeler uygun maliyette ve istenilen nitelikte hizmet verebilen, aynı zamanda talepte meydana gelebilecek değişiklere kolay uyum sağlayabilen tedarikçilerle çalışmak istemektedirler. Tedarikçilerden beklentilerin çeşitli ve fazla olması, firmaların tedarikçi seçimi yapmasını zorlaştıran etkenlerdendir (Baynal ve Yüzügüllü, 2013). İmalat işletmeleri, satın alma uygulamalarının sürekliliği ve üretim süreçlerinin verimliliği açısından performansı yüksek tedarikçilerle çalışmak istemektedirler (Küçük ve Ecer, 2007). Kuruluşlar tedarikçi seçimi yapmadan önce işletmelerinin önceliklerini belirleyerek tedarikçilerinde aradıkları özelliklere karar vermelidirler (Coşkun vd., 2015). Rekabet ortamında özenle seçilen tedarikçilerle çalışmak, işletmenin çıktı kalitesini de olumlu etkilemektedir (Şahin ve Supçiller, 2015).

Çok kriterli karar verme yöntemleri, değerlendirme kriteri sayısının fazla olduğu durumlarda bilimsel yaklaşımlarla alternatifler arasında karar vermeyi sağlayan modellerdir (Ömürbek ve Kınay, 2013). Bu yöntemlerin tedarikçi seçiminde kullanılmasıyla, nitel ve nicel kriterlerin aynı anda değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Özçakar ve Demir, 2011). Ayrıca tedarikçi seçim süreçleri, farklı safhaları içerdiğinden hibrit yaklaşımlara gerek duyulmaktadır (Chai ve Ngai, 2020). Bu çalışmada, imalat sektöründe bir firma için tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin değerlendirilmesi aşamasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS), alternatiflerin sıralaması safhasında ise Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme (EDAS) yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular farklı karar verme yöntemleri ile karşılaştırılarak sonuçlar tartışılmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Tedarikçi seçme ve değerlendirme alanındaki ilk çalışmalar Dickson tarafından yapılmıştır (Dickson 1966). Chen'e göre Dickson; tedarikçi değerlendirme sürecinde fiyat, kalite ve teslim kriterlerini en önemli kriterler olarak tanımlamıştır. Tam ve Tummala; telekomünikasyon sektöründe tedarikçi seçim kararı için AHS yöntemini uygulamış, maliyet ve kalite ana kriterlerini kullanmışlardır (Tam ve Tummala,

2001). Dağdeviren ve Eren; kalite, tedarik performansı, maliyet ve teknoloji kriterlerini dikkate alarak değerlendirme yapmışlardır (Dağdeviren ve Eren, 2001). Uygulamada AHS yöntemi ve 0-1 Hedef Programlama yöntemi kullanılmışlardır. Küçük ve Ecer; bir mağazalar zincirine mal ve hizmet sunan tedarikçilerin değerlendirilmesine yönelik çalışmada Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemini kullanılmışlardır (Küçük ve Ecer, 2007).

Chan ve arkadaşları havacılık endüstrisinde AHS yöntemiyle gerçekleştirdikleri tedarikçi seçimi çalışmasında; maliyet, hizmet, güvenilirlik, proaktiflik, dijital imkanlar, toplam kalite yönetimi-altı sigma çalışmaları, ar-ge, örgüt kültürü ve strateji, uyumlu çalışma, risk yönetimi, finansal durum, teknoloji, güvenlik, çevre ve eğitim ana kriterlerini kullanmışlardır (Chan vd., 2007). Özyörük ve Özcan otomotiv sektöründe yaptıkları çalışmada, AHS yöntemini, ürünün kalitesi, teslim tarihine uyum, sipariş miktarına uyum, sipariş verilen ürünün özelliklerine uyum ve yaşanan sorunlara karşı yaklaşım kriterleri kapsamında uygulamışlardır (Özyörük ve Özcan, 2008). Dağdeviren ve Erarslan ise PROMETHEE yöntemiyle tedarikçi seçimi gerçekleştirmişlerdir (Dağdeviren ve Erarslan, 2008). Uygulamada beş alternatif tedarikçi; kalite, fiyat, tedarik performansı, esneklik, teknoloji, uzaklık kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Supçiller ve Çapraz çalışmalarında, en uygun tedarikçinin seçiminde AHS ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır (Supçiller ve Çapraz, 2011). Kalite, maliyet, teslimat ve hizmet kriterlerini ana kriter olarak belirlemişlerdir. UmaDevi ve arkadaşları, tedarikçi seçimi için AHS yöntemini kullanmışlardır (UmaDevi vd., (2012). Maliyet, ilişkiler, talep karşılama becerisi, riskten kaçınma ve nitelik, değerlendirme kriterleri olarak belirtilmiştir. Veni ve arkadaşları, tedarikçi seçiminde AHS ve VZA kullanmışlardır (Veni vd., 2012). Maliyet, tedarikçi profili, risk yönetimi, uzun dönemli ilişki kurabilme ve hizmet kriterlerini dikkate almışlardır. Baynal ve Yüzügüllü, Analitik Ağ Süreci ile tedarikçi seçimi yapmışlardır (Baynal ve Yüzügüllü, 2013). Uygulamada, dağıtım, fiyat, hizmet, işletmenin genel yapısı, kalite, teknik yetenekler ve mühendislik, üretim yetenekleri olmak üzere yedi ana kriter kullanan Ofluoğlu ve Miran, araştırmaları sonucunda, hazır giyim sektöründe tedarikçi seçimi için en önemli kriterin müşteri isteklerini karşılamak, ikincisinin ise kalite olduğunu ifade etmişlerdir (Ofluoğlu ve Miran, 2014). Junior ve arkadaşları, otomotiv sanayinde

tedarikçi seçimi yapmak için BAHS ve BTOPSIS yöntemini karşılaŖtırmıŖlardır (Junior vd., 2014). Karar vericiler kalite, fiyat, teslimat, tedarikçi profili (itibar ve finansal durumu), tedarikçi ilişkileri kriterlerine göre değerlendirme yapmıŖlardır. Dargi ve arkadaşları, otomotiv sanayisinde tedarikçi seçimi yapmak için Bulanık AAS yöntemiyle çalışma yapmıŖlardır (Dargi vd., 2014). Uygulamada belirledikleri yedi kriter; kalite, fiyat, üretim kapasitesi, teknik yeterlilikler, servis dağıtımı, firmanın itibarı ve coğrafi konumu kriterleridir.

Galankashi ve arkadaşları otomotiv sanayinde tedarikçi seçimi yapmak için Dengeli Başarı Ölçüm Karnesi ve Bulanık AHS yöntemlerini kullanmıŖlardır (Galankashi vd., 2016). Tedarikçiler; finansal durumları, müşterileri, öğrenme kapasiteleri ve büyümeleri, uluslararası ticari durumları dikkate alınarak deęerlendirilmiŖlerdir. Shakourloo ve arkadaşları kapalı döngü tedarik zincirlerinde Bulanık AHS ve çok amaçlı doğrusal programlama ile tedarikçi seçimi için bir model önerisi yapmıŖlardır (Shakourloo vd., 2016). Teslimat süresi, hata oranı, taktiksel bilgi, maliyet ve saygınlık kriterlerini dikkate almıŖlardır. Sureeyatanapas ve arkadaşları, kesin olmayan bilgilerin yer aldığı ve seçimin belirsiz olduğu durumlarda kullanılabilmesi amacıyla TOPSIS tabanlı bir yöntem önermiŖlerdir (Sureeyatanapas vd., 2018). Ürün kalitesi, paketleme kalitesi, ürünün fiyatı, ulaşım performansı, servis kabiliyeti kriterlerini kullanmıŖlardır.

Son birkaç yılda yapılan bazı çalışmalara baktığımızda ise; Li ve arkadaşları, yalın ve çeviklik ekseninde gerçekleŖtirdikleri çalışmalarında, DEMATEL yöntemini kullanmıŖlardır (Li vd., 2020). Maliyet, kalite, kaynak kullanımı, temin süresi, tesislerin durumu, lojistik, kayıpların elimine edilmesi, stoklar, süreç entegrasyonu, pazardaki durum ve hizmet düzeyi kriterlerini kullanmıŖlardır. Agrawal ve arkadaşları bulanık TOPSIS ile gerçekleŖtirdikleri tedarikçi seçimi çalışmalarında; kalite güvenilirliği, coğrafi konum, fiyat, kalite standartı, teslimat güvenilirliği, sipariŖ gecikme yüzdesi, maliyet azaltma yeteneği, fiyat istikrarı, yeni üretim teknolojileri sahipliği, satıŖ sonrası hizmet, kusurlu ürün politikası, yanıt verme ve tutum kriterlerini kullanmıŖlardır (Agrawal vd., 2021). Mina ve arkadaşları yapmıŖ oldukları çalışmada Bulanık AHS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıŖlardır (Mina vd., 2021). Ana seçim kriterleri olarak; teslimat, kalite, döngüsel ekonomiye uyum ve

yetenekler (teknolojik, finansal vb.) kriterlerini göz önünde bulundurmuşlardır.

## UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

### ***Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci***

Karar vericiler yargılarını belirtirken, insan olmanın doğası gereği her zaman net sayıları kullanamayabilirler. Belirsizlik ortamında daha etkili karar verebilmek için AHS yöntemi bulanık mantıkla birleştirilerek Bulanık AHS yöntemi ortaya konmuştur (Coşkun vd., 2015). BAHS konusundaki ilk çalışma, üçgensel bulanık sayılarla Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından gerçekleştirilmiştir (Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983). Buckley'in çalışmasında ise yamuk bulanık sayıları kullanılarak bir model geliştirilmiştir (Buckley, 1985). Kaptanoğlu ve Ozok; Chang'ın yeni bir yaklaşım ortaya koyarak, Bulanık AHS'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgensel bulanık sayıları ve karşılaştırmaların yapay değerleri için merteye analizini kullandığını belirtmişlerdir (Chang, 1996; Kaptanoğlu ve Özok, 2010).

Bulanık AHS yönteminde ikili karşılaştırmalar için Tablo 1'de görülen çeşitli ölçekler kullanılmakta olup, en sık kullanılanı üçgensel bulanık sayılardan oluşmaktadır (Göksu ve Güngör, 2008).

*Tablo 1. BAHS önem ölçeği*

<b>Dilsel Değişken</b>	<b>Üçgensel Bulanık Sayı</b>	<b>Eşleniği</b>
Eşit Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Daha Önemli	( $\frac{2}{3}, 1, \frac{3}{2}$ )	( $\frac{2}{3}, 1, \frac{3}{2}$ )
Çok Daha Önemli	( $\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2}$ )	( $\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}$ )
Çok Fazla Önemli	( $\frac{5}{2}, 3, \frac{7}{2}$ )	( $\frac{2}{7}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}$ )
Kesin Önemli	( $\frac{7}{2}, 4, \frac{9}{2}$ )	( $\frac{2}{9}, \frac{1}{4}, \frac{2}{7}$ )

Bulanık AHS metotları içerisinde en çok kabul gören ve kullanılan yöntem, Chang'ın yaklaşımıdır (Chang, 1996). Chang'ın ortaya koyduğu metodun sıklıkla kullanılmasının en önemli nedeni, yöntemin klasik AHS yöntemine benzerliği ve diğer bulanık AHS yöntemlerine göre uygulanmasının daha kolay olmasıdır (Şen ve Cenççi, 2009). Yönteminin karar vericiler tarafından sıklıkla seçilmesinin diğer

nedeni, belirsizliğin karar verme sürecindeki etkilerini azaltmaktır (Vatansever ve Uluköy, 2013). Yöntemin adımlarının matematiksel gösterimleri, sentetik değerlerin oluşturulması ve diğer adımlar için ilgili kaynaklara başvurulabilir (Şen ve Cenççi, 2009; Özdağoğlu, 2011).

### **EDAS**

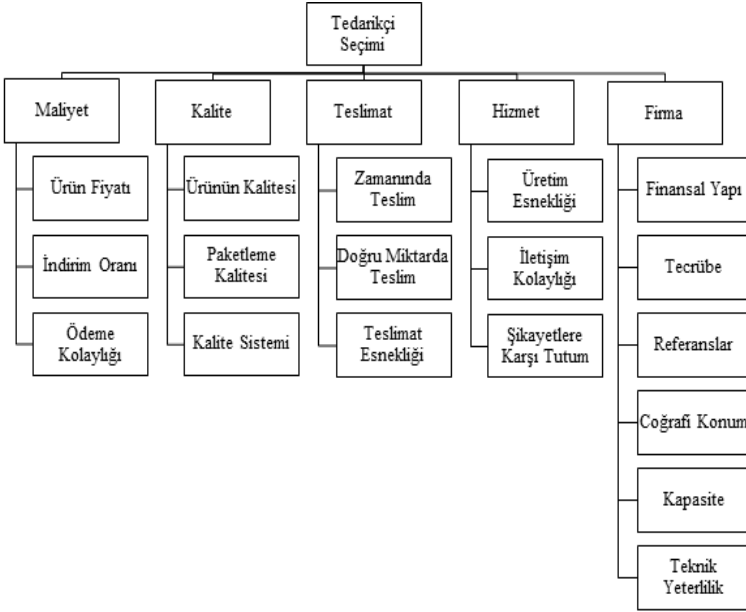
EDAS, ilk kez Ghorabae ve arkadaşları tarafından envanter sınıflandırılmasında kullanılmıştır (Ghorabae vd., 2015). İngilizce açılımı; “Evaluation based on Distance from Average Solution” olarak ifade edilen ve dilimizde “Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme” şeklinde benimsenmiş bir yöntemdir (Özbek ve Engür, 2018). Yöntem yeni olmasına rağmen, bir çok konuda uygulama alanı bulduğu görölmektedir (Ulutaş, 2017). Yöntemin, karmaşık karar problemleri için etkili ve pratik çözüm sunduğu belirtilmiştir (Özçelik, 2020). Uygulama süreci sonunda karar alternatiflerinin ortalama çözümden pozitif uzaklıklarının yüksek, negatif uzaklıklarının ise düşük olması istenmektedir (Ayçin, 2020).

EDAS yönteminde öncelikle karar matrisi oluşturulur. Karar alternatiflerinin kriterler kapsamındaki değerlerini içeren matristen ortalama çözüm matrisi elde edilir. Ortalamadan uzaklıkların tespit edilmesini takiben, pozitif ve negatif uzaklık matrisleri oluşturularak ağırlıklı toplam değerler elde edilir. Son aşamada ise ağırlıklı toplam değerler normalize edilerek,  $AS_i$  şeklinde ifade edilen değerlendirme skorları hesaplanır. En yüksek skora sahip karar alternatifi, en iyi olarak belirlenir. Yayın formatı gereği, sayfa sayısı sınırını aşmamak için matris hesap adımları burada ifade edilmemiştir. İlgili kaynaklardan hesaplama detaylarına ulaşılabilir (Karabasevic vd., 2018; Kısa ve Ayçin, 2019; Asante vd., 2020).

### **UYGULAMA**

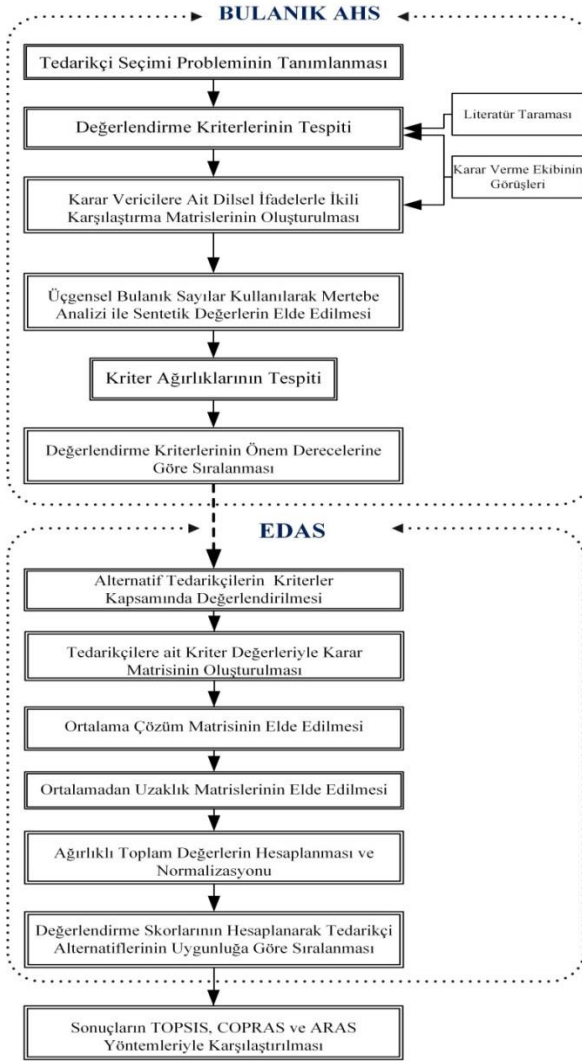
Çalışma, İstanbul’da bulunan yaklaşık 40 ülkede faaliyet gösteren, Avrupa merkezli bir imalat işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Türkiye’deki aydınlatma projelerinin tasarımını, parça üretimini, montajını gerçekleştirerek kendi projelerine ve sektörde bulunan birçok firmaya ürün tedariki sağlamaktadır. Uygulama kapsamında, işletmede ihtiyacı oluşan; 2x1, 5 TTR tipi kablo için tedarikçi seçimi çalışması yapılmıştır.





Şekil 1. Hiyerarşik kriter yapısı

Literatürde yer alan kriterlerin açıklamaları ve kullanılan yöntemlerin mantığı; satın alma, pazarlama ve imalat müdürlerinden oluşan üç kişilik çalışma grubuna, çalışmanın yazarları tarafından sunulmuştur. Karar verme ekibi tarafından 5 ana kriter ve 18 alt kriter belirlenmiştir (Şekil 1). Uygulamanın ana kriterleri; maliyet, kalite, teslimat, hizmet ve firma özellikleri olarak isimlendirilmiştir. Ana kriterler kendi içerisinde alt kriterlere ayrılmaktadır. Bu alt kriterler; ürün fiyatı, indirim oranı, ödeme kolaylığı, ürünün kalitesi, paketleme kalitesi, kalite sistemi, zamanında teslim, doğru miktarda teslim, teslimat esnekliği, üretim esnekliği, iletişim kolaylığı, şikayetlere karşı tutum, finansal yapı, tecrübe, referanslar, coğrafi konum, kapasite ve teknik yeterlilikten oluşmaktadır. Uygulanan hibrit metodolojiye ait akış şeması Şekil 2’de ifade edilmiştir.



Şekil 2. Uygulanan metodolojiye ait akış şeması

Öncelikle kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için karar vericilerden dilsel değişkenleri kullanarak kriterlerin ikili karşılaştırmalarını yapmaları istenmiştir. Bu aşamada ana kriter karşılaştırması için kullanılan yarı yapılandırılmış formlardan biri, örnek olması açısından Tablo 2’de ifade edilmiştir. Tüm alt kriter kümeleri için benzeri formlarla görüşler alınmıştır.

Tablo 2. Yarı yapılandırılmış form

	Kesin Önemli	Çok Fazla Önemli	Çok Daha Önemli	Daha Önemli	Eşit Önemli Sahip	Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesin Önemli	
Maliyet			x							Kalite
Maliyet								x		Teslimat
Maliyet			x							Hizmet
Maliyet				x						Firma
Kalite								x		Teslimat
Kalite							x			Hizmet
Kalite						x				Firma
Teslimat			x							Hizmet
Teslimat			x							Firma
Hizmet						x				Firma

Üç karar vericinin verdiği cevapların bulanık sayı değerlerinin geometrik ortalaması alınarak BAHS yönteminin adımları uygulanmaya başlanmıştır. Örnek olması açısından ana kriter karşılaştırmaları Tablo 3'te ifade edilmiştir. Ana kriterlere uygulanan BAHS yönteminin işlem aşamaları tüm kriter kümelerine uygulanmıştır.

Tablo 3. Ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları

Ana Kriterler	Maliyet (M)	Kalite (K)	Teslimat (T)	Hizmet (H)	Firma (F)
<b>M</b>	(1 1 1)	(0,843 1 1,186)	(0,379 0,481 0,621)	(0,737 1 1,357)	(0,424 0,55 0,737)
<b>K</b>	(0,843 1 1,186)	(1 1 1)	(0,894 1 1,119)	(1 1,145 1,326)	(0,763 1 1,31)
<b>T</b>	(1,609 2,08 2,639)	(0,894 1 1,119)	(1 1 1)	(1,145 1,587 2,109)	(1,145 1,587 2,109)
<b>H</b>	(0,737 1 1,357)	(0,754 0,874 1)	(0,474 0,63 0,874)	(1 1 1)	(0,621 0,794 1,036)
<b>F</b>	(1,357 1,817 2,359)	(0,763 1 1,31)	(0,474 0,63 0,874)	(0,965 1,26 1,609)	(1 1 1)

Kriter karşılaştırmaları ve yapılan hesaplamalar sonucunda, tüm değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Tablo 4'de tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları sunulmuştur. Ortaya çıkan en önemli üç seçim kriteri sırasıyla; doğru miktarda teslim, zamanında teslim ve ürün kalitesi olarak karşımıza çıkmıştır.

Tablo 4. Hesaplanan kriter ağırlıkları

<i>Ana Kriterler</i>	<i>Alt Kriterler</i>	<i>Ana Kriter Ağırlıkları</i>	<i>Alt Kriter Ağırlıkları</i>	<i>Global Ağırlık</i>
<b>Maliyet (M)</b>	Ürün Fiyatı (ÜF)	0,094	0,555	0,052
	İndirim Oranı (İO)	0,094	0,174	0,016
	Ödeme Kolaylığı (ÖK)	0,094	0,271	0,025
<b>Kalite (K)</b>	Ürünün Kalitesi (ÜK)	0,187	0,536	0,100
	Paketleme Kalitesi (PK)	0,187	0,128	0,024
	Kalite Sistemi (KS)	0,187	0,336	0,063
<b>Teslimat (T)</b>	Zamanında Teslim (ZT)	0,347	0,341	0,118
	Doğru Miktarda Teslim (DMT)	0,347	0,377	0,131
	Teslimat Esnekliği (TE)	0,347	0,282	0,098
<b>Hizmet (H)</b>	Üretim Esnekliği (ÜE)	0,123	0,333	0,041
	İletişim Kolaylığı (İK)	0,123	0,385	0,048
	Şikayetlere Karşı Tutum (ŞKT)	0,123	0,282	0,035
<b>Firma (F)</b>	Finansal Yapı (FY)	0,249	0,163	0,041
	Tecrübe (TC)	0,249	0,168	0,042
	Referanslar (R)	0,249	0,099	0,025
	Coğrafi Konum (CK)	0,249	0,183	0,046
	Kapasite (KA)	0,249	0,171	0,043
	Teknik Yeterlilik (TY)	0,249	0,215	0,054

Tüm kriterlerin ağırlıkları BAHS yöntemiyle belirlendikten sonra tedarikçi seçimi için EDAS yönteminden faydalanılmıştır. Dört kablo tedarikçisi belirlenen kriterler ışığında değerlendirilmiştir. Ürün fiyatı ve coğrafi konum dışındaki tüm kriterler pozitif yönlüdür.

Aydınlatma firmasına kablo tedarikçisi seçimi için ilgili firmaların on sekiz kritere göre değerlendirilmesi Tablo 5'te yer almaktadır. Araştırma kapsamında değerlendirilen alternatif tedarikçiler; T1, T2, T3 ve T4 olarak ifade edilmiştir.

Tablo 5. Alternatif tedarikçiler

Seçim Kriterleri	Açıklama	Ağırlıklar	Alternatif Tedarikçiler				
			T1	T2	T3	T4	
M	Ürün Fiyatı (ÜF)	Adet ürün fiyatı (TL/metre)	0,052	1,55	0,59	2,1	1,9
	İndirim Oranı (İO)	Çoklu alımlardaki indirim oranı (%)	0,016	40	40	40	50
	Ödeme Kolaylığı (ÖK)	Ödeme imkanları (0-100 arasında puanlama)	0,025	100	50	10	10
K	Ürünün Kalitesi (ÜK)	Hatalı ürün oranı (%)	0,100	2	2	2	2
	Paketleme Kalitesi (PK)	0-100 arasında puanlama	0,024	95	70	95	60
	Kalite Sistemi (KS)	ISO 9001 kalite sistemi (Var=1, Yok=0)	0,063	1	1	1	1
T	Zamanında Teslim (ZT)	0-100 arasında puanlama	0,118	100	75	75	50
	Doğru Miktarla Teslim (DMT)	0-100 arasında puanlama	0,131	100	100	100	100
	Teslimat Esnekliği (TE)	0-100 arasında puanlama	0,098	100	50	100	30
H	Üretim Esnekliği (ÜE)	Farklı tipte ürün isteğinizi karşılanması (Evet=1, Hayır=0)	0,041	1	1	1	1
	İletişim Kolaylığı (İK)	0-100 arasında puanlama	0,048	90	90	90	90
	Şikayetlere Karşı Tutum (ŞKT)	0-100 arasında puanlama	0,035	100	100	100	70
F	Finansal Yapı (FY)	0-100 arasında puanlama	0,041	70	50	70	100
	Tecrübe (T)	Sektördeki yıl sayısı	0,042	30	34	30	80
	Referanslar (R)	Çalıştıkları firmaların sayısı	0,025	100	50	100	50
	Coğrafi Konum (CK)	Firmanın bulunduğu ilçeye olan uzaklık (kilometre)	0,046	46	5	16	68
	Kapasite (K)	0-100 arasında puanlama	0,043	100	80	70	70
	Teknik Yeterlilik (TY)	0-100 arasında puanlama	0,054	75	70	100	80

Çalışmanın bu aşamasında bulanık olmayan (crisp) EDAS yönteminin kullanımına geçilmiştir. Öncelikle problem ait karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 6). Karar matrisindeki değerlerin bir kısmı gerçek rakamlar olup, bir kısmı da karar verme grubunun puanlamalarına dayanmaktadır.

Tablo 6. Karar matrisi

	ÜF	İO	ÖK	ÜK	PK	KS	ZT	DMT	TE	ÜE	İK	ŞKT	FY	T	R	CK	K	TY
T1	1,55	40	100	2	95	1	100	100	100	1	90	100	70	30	100	46	100	75
T2	0,59	40	50	2	70	1	75	100	50	1	90	100	50	34	50	5	80	70
T3	2,1	40	10	2	95	1	75	100	100	1	90	100	70	30	100	16	70	100
T4	1,9	50	10	2	60	1	50	100	30	1	90	70	100	80	50	68	70	80

Karar matrisi kullanılarak ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (NDA) elde edilmiştir (Tablo 7 ve 8).

Tablo 7. Ortalamadan pozitif uzaklık matrisi

	ÜF	İO	ÖK	ÜK	PK	KS	ZT	DMT	TE	ÜE	İK	ŞKT	FY	T	R	CK	K	TY
T1	0,000	0,000	1,353	0,000	0,188	0,000	0,333	0,000	0,429	0,000	0,000	0,081	0,000	0,000	0,333	0,000	0,250	0,000
T2	0,616	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,081	0,000	0,000	0,000	0,852	0,000	0,000
T3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,188	0,000	0,000	0,000	0,429	0,000	0,000	0,081	0,000	0,000	0,333	0,526	0,000	0,231
T4	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,379	0,839	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 8. Ortalamadan negatif uzaklık matrisi

	ÜF	İO	ÖK	ÜK	PK	KS	ZT	DMT	TE	ÜE	İK	ŞKT	FY	T	R	CK	K	TY
T1	0,010	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,310	0,000	0,363	0,000	0,077
T2	0,000	0,059	0,000	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,286	0,000	0,000	0,000	0,310	0,218	0,333	0,000	0,000	0,138
T3	0,368	0,059	0,765	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,310	0,000	0,000	0,125	0,000
T4	0,238	0,000	0,765	0,000	0,250	0,000	0,333	0,000	0,571	0,000	0,000	0,243	0,000	0,000	0,333	1,015	0,125	0,015

Bu aşamadan sonra daha önce belirlenen kriter ağırlıkları hesaplamaya dahil edilerek, ağırlıklandırılmış toplam pozitif ve negatif değerler normalize edilmiştir. Son olarak her bir alternatif için değerlendirme skorları hesaplanmıştır (Tablo 9). Değerlendirme skoruna göre, en yüksek değeri alan T1 tedarikçisi, üzerinde çalışılan bu veri seti kapsamındaki en uygun tedarikçidir.

Tablo 9. EDAS yöntemine göre tedarikçilerin uygunluk sıralaması

	$SP_i$	$SN_i$	$NSP_i$	$NSN_i$	$AS_i$	Sıralama
<b>T1</b>	0,141	0,037	1,000	0,819	<b>0,909</b>	<b>1</b>
<b>T2</b>	0,078	0,069	0,555	0,657	<b>0,606</b>	<b>3</b>
<b>T3</b>	0,094	0,059	0,666	0,709	<b>0,687</b>	<b>2</b>
<b>T4</b>	0,053	0,202	0,378	0,000	<b>0,189</b>	<b>4</b>

## SONUÇ

Uygulamış olduğumuz seçim yöntemiyle elde edilen sonuçlar, diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile de karşılaştırılmıştır. Literatürde AHS'den sonra en fazla bilinen ve kullanılan yöntem olduğundan TOPSIS (Hwang ve Yoon, 1981; Zyoud ve Fuchs-Hanusch, 2017; Çelikbilek ve Tüysüz, 2020), göreceli yeni bir farklı yöntem olarak ARAS (Zavadskas vd., 2010) ve kabul görmüş metotlardan (Valipour vd., 2017) olan, oransal değerlerle karşılaştırmaya imkan sunabildiği için (Ayçin, 2020) COPRAS bu aşamada kullanılmıştır (Zavadskas ve Kaklauskas, 1996).

Tablo 10. EDAS sonuçlarının diğer yöntemlerle karşılaştırılması

Tedarikçi	Karar Verme Yöntemleri							
	EDAS		TOPSIS		COPRAS		ARAS	
	$AS_i$	Sıra	$C_i^*$	Sıra	$P_i$	Sıra	$K_i$	Sıra
<b>T1</b>	0,909	1	0,641	1	100,00	1	0,827	1
<b>T2</b>	0,606	3	0,506	3	99,41	2	0,802	2
<b>T3</b>	0,687	2	0,569	2	92,68	3	0,772	3
<b>T4</b>	0,189	4	0,257	4	79,02	4	0,662	4

Tablo 10 kapsamında, yapmış olduğumuz çalışmada kullanılan tüm yöntemlerde birinci sırada çıkan tedarikçi aynı olup, bazı yöntemlerde geri kalan sıralamada değişiklikler olduğu görülmektedir. Tek tedarikçi ile çalışmak isteyen bir işletme için hesaplamalarımız kesin bir çözümü işaret edebilmektedir. Fakat 70-30 gibi yöntemlerle, bazı malzemelerde iki tedarikçi ile çalışmak isteyen, JIT gibi yaklaşımları kullanan firmalar için çalışma yeterli derinlikte olmayabilir. Bu tip sorunların üstesinden gelebilmek için ilerleyen çalışmalarda, alternatiflerin ayrışabileceği daha fazla kriterle analizi gerçekleştirmek, alternatiflere ilişkin kriter değerlerinin daha net ifade edilebilmesi önem kazanacaktır. Ayrıca alternatiflerin sıralanması aşamasında bulanık ve kesin değerleri bir arada hesaplamaya katabilecek hibrit

modellerin geliŖtirilmesi söz konusu olabilir. Karar vericilerin görüŖlerindeki deęiŖikliklerin, sonucu nasıl etkileyeceğine iliŖkin duyarlılık analizleri yapılması da çalıŖmayı geliŖtirebilecek diğer bir nokta olarak ifade edilebilir.

Gerçek iŖ dünyası ortamında tamamen kesin veya tamamen bulanık değerlerle çalıŖmak genellikle söz konusu olamamaktadır. Bu nedenle araŖtırmacıların, akademik olarak ileri seviye olarak nitelendirilen, oldukça karmaŖık hesaplamaları içeren, sektörel olarak kullanımı ve anlaşılması pek mümkün olmayan bilimsel metotların yanı sıra iŖ dünyasının ihtiyaçlarını da karşılayabilecek formatta çözümlere de zaman ayırması gerekmektedir. Böylece çok kriterli karar verme yöntemleri, çeŖitli endüstrilerdeki firmalar tarafından anlaşılır ve faydalı Ŗekilde kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

Agrawal, V., Dixit, J. K., Agarwal, S. (2021). FTOPSIS approach for material supplier selection: A study. *Materials Today: Proceedings* (Article in Press).

Andersen, P. H., Ellegaard, C., Kragh, H. (2016). I'm your man: How suppliers gain strategic status in buying companies. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(2), 72-81.

Asante, D., He, Z., Adjei, N. O., Asante, B. (2020). Exploring the barriers to renewable energy adoption utilising MULTIMOORA-EDAS method. *Energy Policy*, 142, 111479.

Ayçin, E. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara/Türkiye, 2. Basım, Nobel Yayınları

Baynal, K., Yüzügüllü, E. (2013). Tedarik zinciri yönetiminde analitik ağ süreci ile tedarikçi seçimi ve bir uygulama. *Istanbul Uni. Journal of the School of Business Administration*, 42(1), 77-92.

Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233-247

Chai, J., Ngai, E. W. (2020). Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, 140, 112903.

Chan, F. T. S., Chan, H. K., Ip, R. W. L., Lau, H. C. W. (2007). A decision support system for supplier selection in the airline industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(4), 741-758.



- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.
- Chen, K. L., Chen, K. S., Li, R. K. (2005). Suppliers capability and price analysis chart. *Int. Journal of Production Economics*, 98(3), 315-327.
- Coşkun, S., Polat, O. ve Kara, B. (2015). Tedarikçi Seçiminde İşletmelerde Sistem Yönetimi ve Güvenliği Kriterlerine Dayalı Bir Karar Modeli ve Modelin Uygulaması. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(4), 134-144.
- Çelikkbilek, Y., Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300.
- Dağdeviren, M., Eren, T. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üni. Müh. Mimarlık F. Dergisi*, 16(1), 41-52.
- Dağdeviren, M., Erarslan, E. (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üni. Müh. Mimarlık F. Dergisi*, 23(1), 69-75.
- Dargi, A., Anjomshoae, A., Galankashi, M. R., Memari, A., Tap, M. B. M. (2014). Supplier selection: A fuzzy-ANP approach. *Procedia Computer Science*, 31, 691-700.
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
- Galankashi, M. R., Helmi, S. A., Hashemzahi, P. (2016). Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 93-100.
- Ghorabae, K. M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451.
- Göksu, A., Güngör, İ. (2008). Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1-26.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- Junior, F. R. L., Osiro, L., Carpinetti, L. C. R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.

Kaptanoğlu, D., Özok, A. F. (2010). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. *İTÜ Dergisi/d*, 5(1), 193-204.

Karabasevic, D., Zavadskas, E.K., Stanujkic, D., Popovic, G., Brzakovic, M. (2018). An approach to personnel selection in the IT industry based on the EDAS method. *Transformations in Business and Economics*, 17 (2), 54-65.

Kısa, A.C.G., Ayçin, E. (2019). OECD ülkelerinin lojistik performanslarının SWARA tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1), 301-325.

Küçük, O. ve Ecer, F. (2008). İmalatçı işletmelerde uygun tedarikçi seçimi: Analitik hiyerarŖi yöntemi ile bir KOBİ uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 435-450.

Küçük, O. ve Ecer, F. (2007). Bulanık TOPSIS kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi ve Erzurum'da bir uygulama. *AİBÜ-İİBF Ekonomik ve Sosyal AraŖtırmalar Dergisi*, 3(1), 45-65.

Li, Y., Diabat, A., Lu, C. C. (2020). Leagile supplier selection in Chinese textile industries: a DEMATEL approach. *Annals of Operations Research*, 287(1), 303-322.

Mina, H., Kannan, D., Gholami-Zanjani, S. M., Biuki, M. (2021). Transition towards circular supplier selection in petrochemical industry: A hybrid approach to achieve sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125273.

Ofluoğlu, P., Miran, B. (2014). Bulanık mantık yöntemiyle en iyi tedarikçi seçimi sorunu: Türkiye'deki hazır giyim firmalarına yönelik bir uygulama çalıŖması. *Tekstil ve Mühendis*, 21(96), 1-9.

Ömürbek, V., Kınay, B. (2013). Havayolu taşımacılığı sektöründe TOPSIS yöntemiyle finansal performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 18(3), 343-363.

Özbek, A., Engür, M. (2018). EDAS yöntemi ile lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21(2), 417-429.

Özçakar, N., Demir, H. (2011). Bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi seçimi. *İstanbul Ü. İşletme İktisadi Ens. Yönetim Dergisi*, 22(69), 25-44.

Özçelik, G. (2020). EDAS yöntemi ile medical cihaz seçimi. Kabak. M. ve Çınar. Y. (Ed), *Çok kriterli karar verme yöntemleri* (307-318). Ankara, Nobel Yayınları.

Özdağoğlu, A., Bahar, S., & Yakut, E. (2017). Machine selection with fuzzy AHP in a dairy factory. *Yönetim ve Ekonomi*, 24(2), 295-308.

Özyörük, B., Özcan, E. C. (2008). Analitik hiyerarşi sürecinin tedarikçi seçiminde uygulanması: Otomotiv sektöründen bir örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 133-144.

Shakourloo, A., Kazemi, A., Javad, M. O. M. (2016). A new model for more effective supplier selection and remanufacturing process in a closed-loop supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 40(23-24), 9914-9931.

Sureeyatanapas, P., Sriwattananusart, K., Niyamosoth, T., Sessomboon, W., Arunyanart, S. (2018). Supplier selection towards uncertain and unavailable information: An extension of TOPSIS method. *Operations Research Perspectives*, 5, 69-79.

Supçiller, A., Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması. *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, (13), 1-22.

Şahin, Y., Supçiller, A. (2015). Tedarikçi seçimi için bir karar destek sistemi. *Müh. Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(2), 91-104.

Şen, C. G., Cenççi, D. (2009). An integrated approach to determination and evaluation of production planning performance criteria. *Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma*, 27, 1-19.

Tam, M. C., Tummala, V. R. (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29(2), 171-182.

Ulutaş, A. (2017). EDAS yöntemi kullanılarak bir tekstil atölyesi için dikiş makinesi seçimi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 169-183.

UmaDevi, K., Elango, C., Rajesh, R. (2012). Vendor selection using AHP. *Procedia Engineering*, 38, 1946-1949.

Valipour, A., Yahaya, N., Md Noor, N., Antuchevičienė, J., Tamošaitienė, J. (2017). Hybrid SWARA-COPRAS method for risk assessment in deep foundation excavation project: An Iranian case study. *Journal of Civil Eng. and Management*, 23(4), 524-532.

Van Laarhoven, P. J., Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.

Vatansever, K., Uluköy, M. (2013). Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: Üretim sektöründe bir uygulama. *Celal Bayar Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 274-293.

Veni, K. K., Rajesh, R., Pugazhendhi, S. (2012). Development of decision making model using integrated AHP and DEA for vendor selection. *Procedia Engineering*, 38, 3700-3708.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. (1996). Determination of an efficient contractor by using the new method of multicriteria assessment. In *International Symposium for "The Organization and Management of Construction"*. *Shaping Theory and Practice*, Vol. 2, 94-104.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying ARAS method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3), 123-141.

Zyoud, S. H., Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. *Expert Systems with App.*, 78, 158-181.

# **Bulanık AHP Yöntemi ile Bir Dağıtım Planlama Uygulaması**

**Ozan Ateş**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4178-2603)**

**Cem Savaş Aydın**

*İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-2995-0168)**

## GİRİŖ

Çalışmamızda çok kriterli karar verme metodolojilerinden Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi son dönemde çok popüler bir yöntem olmakla beraber çalışmamızda bulanık mantık ile birlikte kullanıldığı Bulanık AHP yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntemde ikili karşılaştırma matrislerinin değerlerinin 1-9 önem skalasına göre doğrudan bir sayı içermesi yerine üçgensel bulanık değerler içermektedir. Üçgensel bulanık değerler örneğin 4,5,6 gibi bir değere sahip olabilir. Bunun anlamı ilgili ikili karşılaştırma sonucunun daha çok 5 değerine üye olmakla birlikte 4 ve 6 değerlerine de üye olduğu ve 4-6 arasında değiştiğidir. Bulanık mantık, ikili karşılaştırma değerinin doğrudan bir değere sahip olmak yerine birkaç değer arasında değişmesi durumunda bir esneklik sağlamaktadır.

Çalışmamızda üç ayrı karar verici ekibi, altı farklı kriterden yararlanarak üç alternatif arasından en iyi seçeneği belirlemeye çalışmışlardır. Karar vericilerin birbirlerine karşı eşit önemde olduğu varsayıldığı çalışmamızda altı kriterin birbirlerine karşı önem seviyeleri her karar verici ekibinde değişkenlik göstermiştir. Her ekibin belirlenen kriterlere farklı önem seviyeleri atfetmesi nedeniyle her ekibin çalışması ayrı yürütölmüş ve çalışmamızın sonucunda üç ekibin sonuçları ve genel durum birlikte sunulmuştur.

Hesaplamalar Çekya Palacky Üniversitesi, Fen Faköltesi, Matematik Analizleri ve Uygulamaları Departmanı Araştırma Ekibinin ücretsiz kullanıma sunduğu web tabanlı Fuzzy MCDM (Multi Criteria Decision Making – Çok Kriterli Karar Verme) programında yapılmıştır (URL-1). Hesaplamaların hangi formlere göre nasıl yapıldığı bir sonraki bölümde ele alınmıştır.

Uygulama çalışması Türkiye’de faaliyet gösteren bir paketli kuruyemiş firmasında yapılmıştır. Mevcut durumda firmanın tüm yurtiçi dağıtım faaliyeti tek dağıtım merkezinden yürütölmektedir. Türkiye genelindeki 110 tane bayiye Gebze Dağıtım Merkezinden bitmiş ürün transferi yapılmaktadır. Yurtiçi dağıtımın altı coğrafi bölge üzerinden ele alındığı mevcut operasyon yapısında karar vericiler, doğru bir dağıtım planlama ile doğru sayıda dağıtım merkezi sayısı ile çalışmak istemektedir. Bu amaçla altı coğrafi bölgeye yapılan sevkiyatların palet sayıları ve bu operasyona ilişkin lojistik maliyet bilgileri

değerlendirilmiştir. Doğru kararı verebilmek için altı kriter belirlenmiş ve üç alternatif üzerinden bir değerlendirme yapılarak doğru dağıtım merkezi sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Karar vericiler üç ayrı ekipten oluşmakta olup ekipler sırasıyla şunlardır: Depo Operasyon Ekibi, Dağıtım Planlama Ekibi, Tedarikçi ve Bayi Operasyonları Ekibi. Karar vericiler ilgili ekiplerin başındaki yönetici seviyesindeki kişilerdir.

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bulanık AHP ve lojistik/dağıtım planlama faaliyeti ile ilgili 2021 yılına dair yayınlanan beş yayına bu bölümde yer verilmiştir. Wang ve diğerleri “Bulanık AHP ve Bulanık VİKOR Yöntemlerini ile Sürdürülebilir Bir Tedarik Zinciri Yönetiminde Uzlaşılabilir Üçüncü Parti Lojistik Servis Sağlayıcı Seçimi” isimli çalışmalarında COVID 19 pandemi koşullarında e-ticaret trendinin dünya çapında ilerlemesi ve tedarik zincirinin öneminin artmasına bağlı olarak kurumların üçüncü parti lojistik servis sağlayıcılarına ihtiyaçları artmıştır. Söz konusu çalışma karar vericilere tutarlı bir model teşkil etmekte olup Bulanık VİKOR ve Bulanık AHP yöntemlerinin kombinasyonu ile alternatiflerin daha doğru sıralanması ve doğru alternatifin belirlenmesinde bir yaklaşım sunulmuştur (Wang vd., 2021). Zu ve diğerleri “Bütünleşik Ulaştırma Ağlarının Modal Koordinasyonunu Değerlendirmek için Bulanık AHP Tabanlı Bir Yöntem” isimli çalışmalarında bölgesel sosyo-ekonomi üzerinde büyük bir etkisi bulunan ulaştırma ağlarının koordinasyonu için üç aşamalı bir değerlendirme sistemi önermişlerdir. Bütünleşik bir ulaşım ağının koordinasyonunu değerlendirmek için önerilen bu yöntem, bölgesel ulaşım ağlarının planlanması ve yapısal yerleşim optimizasyonu için bilimsel bir temeldir (Zhu vd., 2021). Kaewfak ve diğerleri “Multimodal Taşımacılıkta Güzergâh Seçimi için Bulanık AHP Yaklaşımı: Tayland’da Kömür Endüstrisi Örneği” isimli çalışmalarında lojistik maliyetleri düşürmede önemli bir yere sahip olan multimodal taşımacılık için güzergâh seçiminde birbirleriyle çakışan kriterler ve kesin olmayan ifadeler nedeniyle Bulanık AHP kullanımı önerilmiştir. Sonuçlar bu yaklaşımın multimodal güzergâhların öncelik sıralamalarının belirlenmesinde rehberlik niteliği taşıdığını göstermiştir (Kaewfak vd., 2021).

Shahbazi ve diğerleri “Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS’e Dayalı İnsan Odaklı Bir Yaklaşım Geliştirerek Kentsel Ulaşımaya Yönelik Değerlendirme ve Önceliklendirme Projeleri” isimli çalışmalarında İran Tahran şehrinin ulaşım sistemini daha insancıl bir şekilde yeniden değerlendirmek üzerine bir çerçeve sunulmuştur. Bu çerçevede insan odaklı kriterler geliştirilmiş ve Tahran’daki dört ana karayolunun Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralaması gerçekleştirilmiştir (Shahbazi vd., 2021). Gündoğdu ve diğerleri “Bulanık AHP ve Doğrusal Atama Modeli Kullanılarak Toplu Taşıma Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi” isimli çalışmalarında hibrit bir model uygulanmıştır. Bu metodolojinin yararı uzman görüşlerinin belirsizlik düzeyleri için Bulanık AHP kullanımı ve öznellikten kaçınmak için doğrusal atama modellerinin kullanılmasıdır (Gündoğdu vd., 2021).

2021 yılında yayınlanan son beş çalışmadan dördü lojistik sektörünün dışında ve toplu ulaşım ağlarının optimizasyonu ile ilgilidir. Geriye kalan çalışma üçüncü parti lojistik servis sağlayıcı seçim prosedürü ile ilgilidir. Çalışmamız da lojistik sektörü ile ilgili olup uygulama çalışması yapılan şirket bünyesinde kaç adet dağıtım merkezi ile çalışılacağına karar süreci incelenmiştir.

## BULANIK AHP HESAPLAMALARI

Karar vericiler için bazen belirli kriter çiftlerini karşılaştırmak zor olabilir bu durumda matrisin değeri gerçek bir sayı olabileceği gibi bulanık sayılar da olabilir. İkili karşılaştırma matrislerinde bulanık ifadeler sayesinde çok çeşitli değerler kullanılabilir. Çok çeşitli yöntemler içerisinde Ramik tarafından tanımlanan yaklaşım, sunulan yazılımda kullanılmıştır. Bu yaklaşımın en büyük avantajları sağlam bir matematiksel temele dayanması ve hesaplamalara uygun olmasıdır. Bu yaklaşımda iki karşılaştırma matrisleri üçgensel değerler içermektedir. Böyle bir  $\tilde{A}$  matrisi aşağıdaki formdadır (Ramik ve Korviny, 2010).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} [a_{11}^L & a_{11}^M & a_{11}^U] & \cdots & [a_{1n}^L & a_{1n}^M & a_{1n}^U] \\ & \vdots & \ddots & & \vdots \\ [a_{n1}^L & a_{n1}^M & a_{n1}^U] & \cdots & [a_{nn}^L & a_{nn}^M & a_{nn}^U] \end{bmatrix}$$



$i, j = 1, \dots, n;$  için

$a_{ij}^L, a_{ij}^M, a_{ij}^U$  reel sayılardır öyleki seçili bir sabit  $\sigma > 1$  değeri için

$$1/\sigma \leq a_{ij}^L \leq a_{ij}^M \leq a_{ij}^U \leq \sigma$$

$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}^L, a_{ij}^M, a_{ij}^U)$  aynı zamanda  $\tilde{a}_{ji} = \frac{1}{a_{ij}^U}, \frac{1}{a_{ij}^M}, \frac{1}{a_{ij}^L}$  anlamına gelmektedir (zıtlık)

Burada bulanık (bulanık) ağırlıklar  $\tilde{w}_k = (w_k^L, w_k^M, w_k^U)$   $k = 1, \dots, n$  bu prosedürde aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$w_k^L = C_{min} \cdot \frac{(\prod_{j=1}^n a_{kj}^L)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij}^M)^{1/n}} \quad \text{burada} \quad (1)$$

$$C_{min} = \min_{i=1, \dots, n} \left\{ \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij}^M)^{1/n}}{(\prod_{j=1}^n a_{ij}^L)^{1/n}} \right\} \quad (2)$$

$$w_k^M = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{kj}^M)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij}^M)^{1/n}} \quad (3)$$

$$w_k^U = C_{max} \cdot \frac{(\prod_{j=1}^n a_{kj}^U)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij}^M)^{1/n}}$$

$$C_{max} = \max_{i=1, \dots, n} \left\{ \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij}^M)^{1/n}}{(\prod_{j=1}^n a_{ij}^U)^{1/n}} \right\} \quad (4)$$

Üçgensel fonksiyona sahip bulanık elemanlardan oluşan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlığını ölçmek için Ramik aşağıdaki indisi önermiştir:

$$NI_n^\sigma(\tilde{A}) = \gamma_n^\sigma \cdot \max_{i,j} \left\{ \max \left\{ \left| \frac{w_i^L}{w_j^L} - a_{ij}^L \right|, \left| \frac{w_i^M}{w_j^M} - a_{ij}^M \right|, \left| \frac{w_i^U}{w_j^U} - a_{ij}^U \right| \right\} \right\}, \quad (5)$$

$$Y_n^\sigma = \begin{cases} \text{eğer } \sigma < \left(\frac{n}{2}\right)^{\frac{n}{n-2}} \text{ ise} & \frac{1}{\max\left\{\sigma - \sigma^{\left(2\frac{2n}{n}\right)}, \sigma^2\left(\left(\frac{2}{n}\right)^{2/(n-2)} - \left(\frac{2}{n}\right)^{n/(n-2)}\right)\right\}}, \\ \text{aksi taktirde} & \frac{1}{\max\{\sigma - \sigma^{(2-2n/n)}, \sigma^{(2n-2/n)} - \sigma\}} \end{cases} \quad (6)$$

## UYGULAMA ÇALIŖMASINA DAİR SAYISAL VERİLER

Çalışmamız, paketli kuruyemiş üretimi yapılan bir firmada yürütülmüştür. Firma Türkiye genelindeki 110 tane bayisine Gebze Dağıtım Merkezinden dağıtım faaliyetlerini yürütmektedir. Mevcut dağıtım merkezine yakın olan coğrafi bölgelerin lojistik maliyetleri, bu bölgelere yapılan sevkiyat hacmi ile kıyaslandığında daha makul çıkmakla beraber bu dağıtım merkezinden daha uzak coğrafi bölgelerdeki lojistik maliyetleri bu bölgelere yapılan sevkiyat hacmi ile kıyaslandığında daha yüksek çıkmaktadır. Bu bilgiden hareketle karar vericiler birden fazla dağıtım merkezi ile çalışma seçeneğini değerlendirerek sevkiyat hacimleri ile uyumlu lojistik maliyetler elde edebilmeyi amaçlamışlardır. Altı coğrafi bölge için 2020 yılına ait 12 aylık sevkiyat hacim bilgileri (palet adedi cinsinden) ve lojistik maliyet bilgileri (TL cinsinden) Tablo 1’de sunulmuştur.

Palet sayılarına ilişkin genel sevkiyat hacmi oranları ve lojistik maliyet oranları Tablo 2’de sunulmuştur. Lojistik maliyetlerin sevkiyat hacmi ile doğru orantılı olması, hedeflenen ideal durum olup ilgili dağıtım merkezinden daha uzak olan yerlerde mesafeden kaynaklı olarak sevkiyat hacmine göre daha fazla lojistik maliyetin ortaya çıkması söz konusu olabilir. Tablo 2 incelendiğinde Doğu olarak isimlendirilen Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine yapılan sevkiyatın oranı % 6,25 olup bu bölgeye yapılan lojistik maliyetin oranı % 20,41 şeklindedir. Bu fark Doğu bölgesinin Gebze’ye olan mesafesinden kaynaklanmaktadır. Bu bölgeye daha yakın konumlandırılabilir bir dağıtım merkezinden sevkiyat yaparak outbound (giden) lojistik maliyetlerinin düşürülmesi sağlanabilir.

Tablo 1. Coğrafi Bölgelere Sevk Edilen Palet Sayıları (Adet) ve Lojistik Maliyetleri (TL) Bakımından Aylık Görünümü 2020

	İstanbul Palet	İstanbul Lojistik Maliyeti	Ege - Akdeniz Palet	Ege - Akdeniz Lojistik Maliyeti	Trakya Palet	Trakya Lojistik Maliyeti	Karadeniz Palet	Karadeniz Lojistik Maliyeti	İç Anadolu Palet	İç Anadolu Lojistik Maliyeti	Doğu - G. Doğu Palet	Doğu - G. Doğu Loj. Mal.
Ocak	7259	189890	2146	154023	581	25833	1697	147000	1323	120394	987	182045
Şubat	8919	202501	2617	173937	879	35791	2394	206035	1311	140650	1274	223214
Mart	10091	230158	3177	200887	1176	49166	2392	222505	1637	151821	1350	251236
Nisan	9212	207107	3861	244418	959	34853	2329	208769	1681	160782	1285	243956
Mayıs	10441	238013	4235	277887	1238	54375	3213	280151	2379	225909	1549	245846
Haziran	11989	258441	4291	255065	1505	52114	3792	332289	1772	153864	1372	255419
Temmuz	13269	290311	5711	349877	1559	57749	4420	374005	2135	225421	1497	250917
Ağustos	11200	246022	4504	280418	1412	48046	3481	311705	2097	193428	1471	265689
Eylül	11466	261055	3602	245996	1049	40299	2265	215809	1702	175275	1484	264394
Ekim	10255	235113	3817	246334	885	31330	2095	194939	1733	182172	1046	214796
Kasım	9500	214604	2545	176314	1034	39786	1890	179171	1406	151166	1187	218911
Aralık	11711	249769	3325	214725	866	34248	2489	226439	1635	164409	1215	226908
Toplam	125312	2822984	43831	2819881	13143	503590	32457	2898817	20811	2045291	15717	2843331
Oran (%)	49,87	20,26	17,44	20,24	5,23	3,61	12,92	20,80	8,28	14,68	6,25	20,41

*Tablo 2. Coğrafi Bölgelerin Sevkiyat Hacmi (Palet) ve Lojistik Maliyeti Oranları (%) 2020*

<b>Coğrafi Bölgeler</b>	<b>Sevkiyat Hacmi Oranı</b>	<b>Lojistik Maliyet Oranı</b>
İstanbul	49,87	20,26
Ege - Akdeniz	17,44	20,24
Trakya	5,23	3,61
Karadeniz	12,92	20,80
İç Anadolu	8,28	14,68
Doğu - G. Doğu	6,25	20,41

Bu aşamada karar vericiler üç farklı alternatif belirlemişlerdir. Bu alternatifler ve açıklamaları Tablo 3’de sunulmuştur.

*Tablo 3. Alternatifler ve Açıklamaları*

<b>Alternatifler</b>	<b>Alternatiflerin Açıklamaları</b>
1 Depo (A1)	Altı Bölgenin Mevcut Gebze Dağıtım Merkezinden Beslenmesi
2 Depo (A2)	İstanbul, Ege ve Akdeniz ve Trakya’nın Gebze Dağıtım Merkezinden, Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu ve G. Doğu Anadolu Bölgelerinin Ankara Dağıtım Merkezinden Beslenmesi
3 Depo (A3)	İstanbul ve Trakya’nın Gebze Dağıtım Merkezinden, Ege ve Akdeniz ve İç Anadolu’nun Ankara Dağıtım Merkezinden ve Karadeniz ile Doğu ve G. Doğu Anadolu Bölgelerinin Erzurum Dağıtım Merkezinden Beslenmesi

Karar vericiler bu üç alternatifi altı kriter bakımından değerlendireceklerdir. Söz konusu kriterler ve açıklamaları Tablo 4’te sunulmuştur.

*Tablo 4. Kriterler ve açıklamaları*

<b>Kriterler</b>	<b>Kriterlerin Açıklamaları</b>
Zamanında Teslimat (K1)	Bitmiş Ürünlerin İlgili Dağıtım Merkezinden Bayilere Vaktinde Teslim Edl.
Inbound Lojistik Maliyeti (K2)	Üretim Tesisinden İlgili Dağıtım Merkezine Olan Lojistik Faaliyetin Mal.
Outbound Lojistik Maliyeti (K3)	İlgili Dağıtım Merkezinden Bayilere Olan Lojistik Faaliyetin Maliyeti

Tablo 4. (devam)

Kriterler	Kriterlerin Açıklamaları
Dağıtım M. İşletim Maliyeti (K4)	İlgili Dağıtım Merkezinin İşletme Maliyeti
Ağırlıklı Araç Doluluk Oranı (K5)	Inbound ve Outbound Loj. Faaliyetleri Sağlayan Araçların Kapasite Kul.
Anlık Ürün Bulunurluğu (K6)	Bayilerde t Anında Herhangi Bir Ürünün Bulunması Olasılığı

## FUZZY MCDM PROGRAMI

Fuzzy MCDM programı, hesaplaması yapılacak karar verme işlemine göre adım sayısı çıkarmaktadır. Program ile ilgili detaylı bilgiler ilgili kaynakta yer almaktadır (Ramik ve Perzina, 2014). Bizim örneğimizde üç karar verici, üç alternatif ve altı kriter bakımından toplamda 27 adımlık bir hesaplama yapılmıştır. Birinci adımda kriterlerimizi, ikinci adımda alternatiflerimizi, üçüncü adımda karar vericilerimizi, dördüncü adımda kaç tane senaryo ile çalışacağımızı, beşinci adımda varsa karar vericilerin birbirlerine göre ikili karşılaştırmalarını tanımlıyoruz. Altıncı adımda dağıtım planlama karar verici grubu için kriterlerin birbirleri ile karşılaştırıldığı üçgensel bulanık değerlerin yer aldığı matris yer almaktadır, Şekil 1'i inceleyebilirsiniz.

	Zamanında Teslimat	Inbound Lojistik Maliyeti	Outbound Lojistik Maliyeti	Depo İşletim Maliyeti	Ağırlıklı Araç Doluluk Oranı	Anlık Ürün Bulunurluğu
Zamanında Teslimat	1	2 3 4	1	4 5 6	6 7 8	1
Inbound Lojistik Maliyeti	1/4 1/3 1/2	1	1/4 1/3 1/2	4 5 6	2 3 4	1/6 1/5 1/4
Outbound Lojistik Maliyeti	1	2 3 4	1	6 7 8	4 5 6	1/4 1/3 1/2
Depo İşletim Maliyeti	1/6 1/5 1/4	1/6 1/5 1/4	1/8 1/7 1/6	1	1	1/6 1/5 1/4
Ağırlıklı Araç Doluluk Oranı	1/8 1/7 1/6	1/4 1/3 1/2	1/6 1/5 1/4	1	1	1/5 1/4 1/3
Anlık Ürün Bulunurluğu	1	4 5 6	2 3 4	4 5 6	3 4 5	1

Şekil 1. Dağıtım planlama karar vericisi için kriterlerin karşılaştırma matrisi

7 – 12. adımlar arasında dağıtım planlama karar verici grubu için her bir kriter bakımından alternatiflerin birbirleri ile karşılaştırmaları yer almaktadır. Altı kriter için altı farklı adım bulunmaktadır. Tablo 5’de genel durum sunulmuştur.

13. adımda depo operasyonları karar verici grubu için kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmaları yer almaktadır, Şekil 2’yi inceleyebilirsiniz. 14 – 19. adımlar arasında dağıtım planlama karar verici grubu için her bir kriter bakımından alternatiflerin birbirleri ile karşılaştırmaları yer almaktadır. Altı kriter için altı farklı adım bulunmaktadır. Tablo 6’da genel durum sunulmuştur.

	Zamanında Teslimat	Inbound Lojistik Maliyeti	Outbound Lojistik Maliyeti	Depo İşletim Maliyeti	Ağırlıklı Araç Doluluk Oranı	Anlık Ürün Bulunurluğu
Zamanında Teslimat	1	1/2 3	2 3 4	1 2 3	1/8 1/7 1/6	1/8 1/7 1/6
Inbound Lojistik Maliyeti	1/2 1/2 1	1	2 3 4	2 3 4	1/4 1/3 1/2	1/4 1/3 1/2
Outbound Lojistik Maliyeti	1/4 1/3 1/2	1/4 1/3 1/2	1	1/3 1/2 1	1/6 1/5 1/4	1/10 1/9 1/8
Depo İşletim Maliyeti	1/3 1/2 1	1/4 1/3 1/2	1 2 3	1	1/6 1/5 1/4	1/9 1/8 1/7
Ağırlıklı Araç Doluluk Oranı	6 7 8	2 3 4	4 5 6	4 5 6	1	1/4 1/3 1/2
Anlık Ürün Bulunurluğu	6 7 8	2 3 4	8 9 10	7 8 9	2 3 4	1

Şekil 2. Depo operasyon karar vericisi için kriterlerin karşılaştırma matrisi

Tablo 5. Dağıtım planlama karar vericisi için her kriter bakımından alternatiflerin karşılaştırmaları

K1	A1	A2	A3
A1	1	¼, 1/3, ½	1/9, 1/8, 1/7
A2	2, 3, 4	1	¼, 1/3, ½
A3	7, 8, 9	2, 3, 4	1
K2	A1	A2	A3
A1	1	2, 3, 4	7, 8, 9
A2	¼, 1/3, 1/2	1	2, 3, 4
A3	1/9, 1/8, 1/7	¼, 1/3, 1/2	1
K3	A1	A2	A3
A1	1	2, 3, 4	7, 8, 9
A2	¼, 1/3, ½	1	2, 3, 4

Tablo 5. (devam)

A3	1/9, 1/8, 1/7	¼, 1/3, 1/2	1
<b>K4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	¼, 1/3, ½	1/9, 1/8, 1/7
A2	2, 3, 4	1	¼, 1/3, ½
A3	7, 8, 9	2, 3, 4	1
<b>K5</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	¼, 1/3, ½	1/9, 1/8, 1/7
A2	2, 3, 4	1	¼, 1/3, ½
A3	7, 8, 9	2, 3, 4	1
<b>K6</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	¼, 1/3, ½	1/10, 1/9, 1/8
A2	2, 3, 4	1	1/5, ¼, 1/3
A3	8, 9, 10	3, 4, 5	1

Tablo 6. Depo operasyon karar vericisi için her kriter bakımından alternatiflerin karşılaştırmaları

<b>K1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	1/6, 1/5, 1/4	1/10, 1/9, 1/8
A2	4, 5, 6	1	1/3, ½, 1
A3	8, 9, 10	1, 2, 3	1
<b>K2</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	2, 3, 4	8, 9, 10
A2	¼, 1/3, ½	1	2, 3, 4
A3	1/10, 1/9, 1/8	¼, 1/3, ½	1
<b>K3</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	4, 5, 6	8, 9, 10
A2	1/6, 1/5, 1/4	1	1, 2, 3
A3	1/10, 1/9, 1/8	1/3, ½, 1	1
<b>K4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	¼, 1/3, ½	1/10, 1/9, 1/8
A2	2, 3, 4	1	¼, 1/3, ½
A3	8, 9, 10	2, 3, 4	1
<b>K5</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	1/6, 1/5, ¼	1/10, 1/9, 1/8
A2	4, 5, 6	1	1/3, ½, 1
A3	8, 9, 10	1, 2, 3	1
<b>K6</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	1/6, 1/5, 1/4	1/10, 1/9, 1/8
A2	4, 5, 6	1	1/3, ½, 1
A3	8, 9, 10	1, 2, 3	1

20. adımda tedarikçi ve bayi operasyonları karar verici grubu için kriterlerin birbirleri ile karşılaŖtırmaları yer almaktadır, Ŗekil 3'ü inceleyebilirsiniz. 21 – 27. adımlar arasında tedarikçi ve bayi operasyonları karar verici grubu için her bir kriter bakımından alternatiflerin birbirleri ile karşılaŖtırmaları yer almaktadır. Altı kriter için altı farklı adım bulunmaktadır. Tablo 7'da genel durum sunulmuŖtur.

	Zamanında Teslimat	Inbound Lojistik Maliyeti	Outbound Lojistik Maliyeti	Depo İŖletim Maliyeti	Ağırıklı Araç Doluluk Oranı	Anlık Ürün Bulunurluğu
Zamanında Teslimat	1	2 3 4	2 3 4	4 6 6	1 2 3	1/4 1/3 1/2
Inbound Lojistik Maliyeti	1/4 1/3 1/2	1	1/4 1/3 1/2	6 7 8	1/3 1/2 1	1/4 1/3 1/2
Outbound Lojistik Maliyeti	1/4 1/3 1/2	2 3 4	1	6 7 8	1 2 3	1
Depo İŖletim Maliyeti	1/6 1/5 1/4	1/8 1/7 1/6	1/8 1/7 1/6	1	1/6 1/5 1/4	1/8 1/7 1/6
Ağırıklı Araç Doluluk Oranı	1/3 1/2 1	1 2 3	1/3 1/2 1	4 5 6	1	1/3 1/2 1
Anlık Ürün Bulunurluğu	2 3 4	2 3 4	1	6 7 8	1 2 3	1

Ŗekil 3. Tedarikçi ve bayi operasyonları karar vericisi için kriterlerin karşılaŖtırma matrisi

Tablo 7. Tedarikçi ve bayi operasyonları karar vericisi için her kriter bakımından alternatiflerin karşılaŖtırmaları

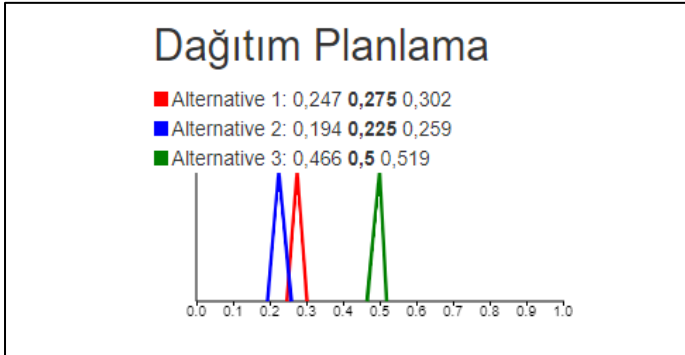
<b>K1</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	1/4, 1/3, 1/2	1/8, 1/7, 1/6
A2	2, 3, 4	1	1/4, 1/3, 1/2
A3	6, 7, 8	2, 3, 4	1
<b>K2</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	2, 3, 4	6, 7, 8
A2	1/4, 1/3, 1/2	1	2, 3, 4
A3	1/8, 1/7, 1/6	1/4, 1/3, 1/2	1
<b>K3</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	2, 3, 4	7, 8, 9
A2	1/4, 1/3, 1/2	1	2, 3, 4
A3	1/9, 1/8, 1/7	1/4, 1/3, 1/2	1
<b>K4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
A1	1	1/4, 1/3, 1/2	1/9, 1/8, 1/7
A2	2, 3, 4	1	1/4, 1/3, 1/2
A3	7, 8, 9	2, 3, 4	1



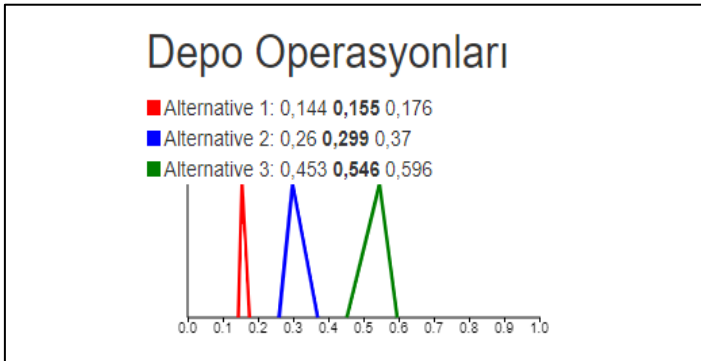
Tablo 7. (devam)

K5	A1	A2	A3
A1	1	1/6, 1/5, 1/4	1/8, 1/7, 1/6
A2	4, 5, 6	1	1/3, 1/2, 1
A3	6, 7, 8	1, 2, 3	1
K6	A1	A2	A3
A1	1	1/6, 1/5, 1/4	1/8, 1/7, 1/6
A2	4, 5, 6	1	1/3, 1/2, 1
A3	6, 7, 8	1, 2, 3	1

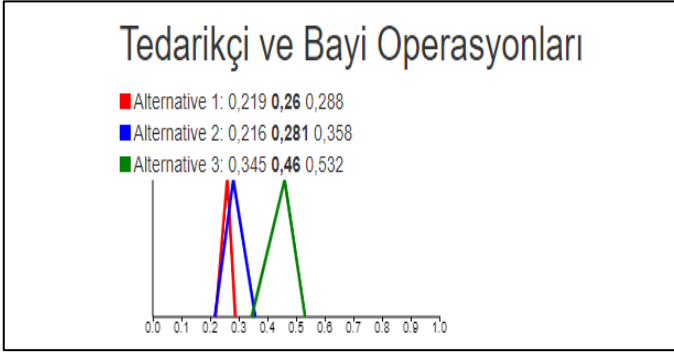
Fuzzy MCDM programının; Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ile Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7'deki ikili karşılaştırma matrisi değerlerine ve (1), (2), (3), (4), (5) ve (6) formüllerine göre yaptığı hesaplamalar sonucunda her karar vericinin sonuçları ve genel durum Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de sunulmuştur (Holecek ve Talasova, 2016).



Şekil 4. Dağıtım planlama karar vericisi için hesaplama sonuçları

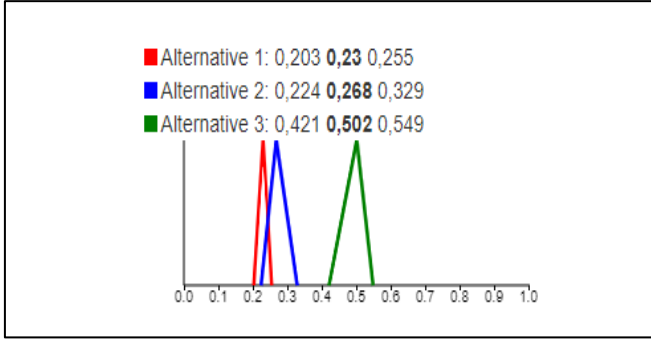


Şekil 5. Depo operasyonları karar vericisi için hesaplama sonuçları



Şekil 6. Tedarikçi ve bayi operasyonları karar vericisi için hesaplama sonuçları

Üç ayrı karar vericinin her bir alternatif açısından sayısal sonuçlarının aritmetik ortalaması genel hesaplama sonucu olarak Şekil 7'deki gibidir. Fuzzy MCDM programı birden fazla karar vericinin sayısal sonuçlarının aritmetik ortalaması ile genel hesaplama sonuçlarını oluşturmaktadır.



Şekil 7. Genel hesaplama sonuçları

Her karar verici için ve genel duruma göre alternatiflerin tercih sıralamaları Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Tüm karar vericiler ve genel durum açısından alternatiflerin tercih sıralamaları

	<b>Dağıtım Planlama</b>	<b>Depo Operasyon</b>	<b>Bayi ve Tedarikçi Op</b>	<b>Genel Durum</b>
A1	2. Öncelikli	3. Öncelikli	3. Öncelikli	3. Öncelikli
A2	3. Öncelikli	2. Öncelikli	2. Öncelikli	2. Öncelikli
A3	1. Öncelikli	1. Öncelikli	1. Öncelikli	1. Öncelikli

Dağıtım planlama karar vericisine göre Alternatif 3 (üç dağıtım merkezi) seçeneği birinci öncelikli iken Alternatif 1 (bir dağıtım merkezi) seçeneği ikinci öncelikli ve Alternatif 2 (iki dağıtım merkezi) seçeneği üçüncü öncelikli şeklinde sıralanmıştır. Depo operasyon, bayi ve tedarikçi operasyonları ve genel duruma göre Alternatif 3 (üç dağıtım merkezi) seçeneği birinci öncelikli, Alternatif 2 (iki dağıtım merkezi) seçeneği ikinci öncelikli ve Alternatif 1 (bir dağıtım merkezi seçeneği) üçüncü öncelikli şeklinde sıralanmıştır. Alternatif 3 (üç dağıtım merkezi) ile operasyonları sürdürme seçeneği tüm karar vericiler açısından ve genel duruma göre birinci öncelikli olmuştur. Firma mevcut dağıtım merkezine ilave olarak Ankara Dağıtım Merkezi ve Erzurum Dağıtım Merkezini aktif hale getirerek toplam üç dağıtım merkezi ile operasyonlarını sürdürmelidir.

## SONUÇ

Çok kriterli karar verme metodolojileri ile ilgili son yıllarda birçok çalışma yapılmaktadır. Analitik hiyerarşi proses (AHP) yöntemi de çok kriterli karar verme metodolojileri içinde son yıllarda oldukça popülerlik kazanmıştır. Çalışmamızda AHP yöntemi Bulanık ile birlikte yorumlanmış ve gerçek bir uygulama üzerinden karar verme çalışması yapılmıştır. Bu amaçla yurtiçi dağıtımını tek dağıtım merkezinden yöneten bir tesisin belirlenen kriterlere göre aslında kaç dağıtım merkezi ile çalışması gerektiği belirlenmiştir. Bunun için farklı operasyonlardan üç ayrı karar verici grubu tahsis edilmiş ve her grubun kriterleri farklı yorumlaması nedeniyle belirlenen alternatifleri değerlendirmesi istenmiştir. Alternatiflerin sıralamaları farklı olsa da tüm karar vericiler açısından üç tane dağıtım merkezi ile çalışma seçeneği birinci öncelikli seçilmiştir. Farklı karar vericilerin olması çalışmamıza zenginlik kazandırmıştır.

Müşteri istek ve beklentilerinin hızla değiştiği ve müşteri bilinç düzeyinin arttığı günümüz şartlarında rakiplerden ayrılarak müşterinin gözüne girmek büyük önem kazanmıştır. Diğer taraftan maliyetleri doğru yönetmek ve doğru alanda doğru maliyetlere sahip olmak firmalar açısından faaliyetlerin sürdürülebilirliği adına gereklidir. Belirlenen altı kriterin iki tanesi müşteri tatminini diğer dört tanesi maliyet kalemini ifade eden kriterlerdir. Firma ve müşteriler için gerekli olan kriterlerle çalışarak optimum seçenek bulunmaya çalışılmıştır.

Bulanık mantık ile çalışmayı tercih etmemizin nedeni hem bu alana yeni bir bilimsel çalışma ile katkıda bulunmak hem de uygulama örneği açısından bulanık mantık ile çalışmanın çok uygun olmasıdır. İkili karşılaştırma matrislerinin sonuçları her zaman kesin bir değere sahip olamayabilir veya kesin bir değer ile çalışmak yanıltıcı olabilir. Bu durumda birbirine yakın değerler arasında değışen ifadelerin kullanılabilmesi açısından bulanık mantık oldukça kullanışlıdır.

Çalışmamızda her ne kadar alternatiflerin ve kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmaları yapıldıysa da karar vericiler de birbirleri ile karşılaştırılabilir. Her karar verici grubu, üzerinde çalışılacak konu üstünde aynı yetkinliğe sahip olmayabilir ve gerçek iş dünyasında karar vericiler genelde farklı yetkinliklere sahiptirler. Bu sebeple karar vericileri de birbirleri ile karşılaştırıp daha yetkin karar vericilerin sonuçlar üzerinde daha fazla pay sahibi olması sağlanabilir. Böylece daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.

Çalışmamızda müşteri beklentileri ve maliyetler ile ilgili kriterler olup sonuçta müşteri beklentilerini karşılayacak bir karar verilirken maliyetler de göz önüne alınmıştır. Her ne kadar müşteri beklentilerinin karşılanması uzun vadede firmaların gelirlerini iyileştireceği öngörülse de maliyet kalemleri firmalar açısından sürdürülebilirlik anlamında hayatidir. Bu nedenle karar verme sürecinde daha farklı karar verme metotları kullanılarak ve sonuçlarını kıyaslayarak daha doğru kararlar verilebilir.

Gelecek çalışmalarda bizim çalışmamızın aksine ikili karşılaştırma matrisi değerleri sadece bulanık değerler yerine kesin ve bulanık değerleri birlikte içerebilir. Sadece kesin değerler ile çalışılan standart AHP yöntemlerinin aksine çalışmamızda sadece bulanık değerler kullanılmıştır. Kesin ve bulanık değerleri birlikte kullanarak bu alanda literatüre yeni bir katkı sunulabilir.

## **KAYNAKÇA**

Gündoğdu, F., K., Duleba, S., Moslem, S. ve Aydın S. (2021). Evaluating Public Transport Service Quality Using Picture Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Linear Assignment Model. *Applied Soft Computing*, 100, 106920. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106920>

Holecek, P. ve Talasova, J. (2016), *A Free Software Tool Implementing the Fuzzy AHP Method*, *Mathematical Methods in Economics*, 95-100.

Kaewfak, K., Ammarapala, V. ve Charoensiriwath, C. (2021). *Fuzzy AHP Approach for Route Selection in Multimodal Transportation: The Case of Coal Industry in Thailand*. Science and Technology Asia, 26(1), 84-95.

Ramik, J. ve Korviny, P. (2010). *Inconsistency of pair-wise comparison matrix with fuzzy elements based on geometric mean*. Fuzzy Sets and Systems 161, 11, 1604–1613.

Ramik, J., ve Perzina, R.. (2014). *Solving Decision Problems with Dependent Criteria by New Fuzzy Multi Criteria Method in Excel*. Journal of Business and Management 3, 4, 1–16.

Shahbazi, M., Fathi, M., R. ve Jesri, N.. (2021). *Evaluation and Prioritization Projects to Urban Transport by Develop Human-Centered Approach based on Fuzzy AHP And TOPSIS AHP*. Quarterly of Geography, 12(1), 661-677.

Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., Dang, T. T. ve Lu, C. M. A. (2021). *Compromised Decision-Making Approach to Third-Party Logistics Selection in Sustainable Supply Chain Using Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Methods*. Mathematics, 9, 886. Erişim adresi: <https://doi.org/10.3390/math9080886>

Zhu, S., Wang, Y., Sun, Z. ve Ren, G. (2021). *A Fuzzy AHP based Method for Evaluating the Modal Coordination of Integrated Transport Networks*, 4, 20651258, Erişim adresi: <https://doi.org/10.1109/ICMTMA52658.2021.00174>

URL-1 Çekya Palacky Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Analizleri ve Uygulamaları Departmanı Fuzzy MCDM Programı. (2021). Erişim adresi: <http://fuzzymcdm.upol.cz/fuzzyahp/CriteriaList> Erişim tarihi: 02.04.2021.

# **Sürdürülebilir Lojistik Sürecinde Araç Tedarik Performans Analizi**

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-1997-2005)**

**Burcu Özcan**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-0820-4238)**

## GİRİŞ

Tedarik zinciri, üretim girdilerinin tedarikinin planlaması ile başlayıp, istenen ürünün doğru kalitede üretilmesi ve sonrasında müşteriye gecikmeksizin ulaştırılmasını içeren bütünleşik bir yapıdır. Tedarik zinciri çarkındaki tüm dişlilerin koordineli olarak görev yapması ile işletmeler müşteri memnuniyetini artırıp, satışlarını ve dolayısıyla tedarik zincirinin sürekliliğini sağlayabilirler. Lojistik Yönetimi Konseyi – Council Of Logistics Management (CLM), lojistiğin tanımını; tedarik zincirinin bir parçası olan lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için ilk noktadan tüketim noktasına ürünün, hizmetin ve gerekli bilgilerin verimli bir akışla ulaştırılmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden olarak belirtmiştir (Lambert vd., 1998a).

Lojistik; hem diğer ekonomik aktiviteleri etkileyen ve etkilenen önemli bir harcama kalemi olarak, hem de neredeyse tüm ürün ve hizmetlerin hareketini sağlayarak satış ve ticareti kolaylaştırdığı için ekonomide kritik bir role sahiptir (Lambert vd., 1998b). Ulaştırma ve depolama giderleri ülkemizin gayrisafi yurtiçi hasılası içerisinde 2019 yılı itibariyle %8,6 ağırlıkla 370 milyar TL büyüklüktedir (URL-1).

Sevkiyat Lojistiği tedarik zincirinin sonunda yer almakta olup, sevke hazır ürünün müşteriye gecikmeksizin teslimini sağlayacak organizasyon birimidir. Tedarik zincirinin önceki aşamalarında yaşanabilecek gecikmelere de bağlı olarak, müşteri reaksiyonunun büyümemesi için, gerektiğinde yüksek maliyetler ile Sevkiyat lojistiğinin en önemli göstergelerinden olan zamanında teslimat göstergesi için, hazır olan ürünün müşteriye teslimatı için araç tedarik edilmesi önemli noktalardan biridir. Araç tedarikinde yaşanabilecek gecikmeler, ürünün müşteriye teslimini geciktirmekte ve lojistik performansını olumsuz etkilemektedir. Çalışmamızda öncelikle lojistik ve lojistik performans ölçümüne dönük literatür taranmıştır. Sonrasında bir firmanın 3 farklı noktadaki araç tedarik performans verisi ilgili istatistik metotlarla incelenerek değerlendirilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Dünya Bankası'nın 2007 yılından beri, 2 yılda bir düzenli olarak yayınladığı ülkelere ait Lojistik Performans Endeksi (LPE) raporunda;

ülkelerin ticaret yapma yeterlilikleri gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik yeterlilik, takip ve izleme ile zamanında teslimat olarak 6 başlıkta değerlendirmektedir (Demirbilek vd., 2018). Ülkemizin 2012 senesinde 27nci sırada olduğu ve 2018 senesi sonuçlarında ise 160 ülke arasında 47nci sarada yer aldığımız görölmektedir (URL-2). Lojistik performans endeksindeki durumumuza ilişkin yapılan bir değerlendirme çalışmasında; alt yapı eksiklikleri, gümrük süreçlerinin uzun olması, lojistik personelinin eğitiminin artması ve lojistik hizmet kalitesindeki artış olarak 4 başlıkta gelişim göstermemiz gerektiği tespiti yapılmıştır (Görgün, 2020).

Lojistik performans ölçütleri konusunda yapılmış başka bir çalışmada, Dünya Bankası'nın Lojistik Performans Endeksi dışında küresel düzeyde takip edilebilecek global göstergeler olarak Yeni Gelişen Pazarlar Lojistik Endeksi, Baltık Kuru Yük Endeksi, Küresel Lojistik Rehberi, Düzenli Hat Taşımacılığı Bağlanabilirlik Endeksleri belirtilmiştir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2015).

İşletmeler lojistik aktivitelerini etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için; kendilerinin süreci yönetmesi, bir lojistik şirket kurmak veya satın almayı değerlendirmek ile dış kaynak kullanımı ile bu hizmeti satınalma alternatifleri olarak, üç farklı yol izleyebilirler (Razzaque ve Sheng, 1998). İşletmelerin; depo yönetimi, eleman yönetimi, yükleme, depolama, araç tedarik, araç/filo yönetimi vb. konularda lojistik hizmeti aldıkları firmalar 3'ncü Parti Lojistik (3PL) Hizmet Sağlayıcı olarak adlandırılmaktadır (Özkazanç, 2008). Literatürde 3PL ile ilgili olarak; birinci parti tedarikçi (üretici, bayi, toptancı vb.), ikinci parti alıcı ve üçüncü parti ise lojistik hizmetini yürüten işletme olarak belirtilmektedir (Gülen, 2005). Avrupa'daki Fortune 500 listesinde yer alan şirketlerin %60'ı en az bir üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcı firma ile çalıştığı belirtilmiştir (Cornillie ve Macharis, 2006).

Türkiye'deki lojistik sektör çalışanlarıyla yapılan bir anket değerlendirmesi ile 3PL lojistik hizmetlerinin gelişimi ve önündeki zorluklar belirlenmeye çalışılmış ve en çok öne çıkan sebepler olarak lojistik maliyetlerinin azaltılması, lojistik araç havuzundan faydalanma, hız ve kalitede iyileşme ile işletmenin kendi esas işlerine daha çok zaman ve kaynak ayırabilmesi olarak belirtilmiştir (Kocaoğlu ve Gülsün, 2006).



Sektör bağımsız olarak Lojistiğin prensipleri standartlık, ekonomik olma, sürdürülebilirliği sağlayacak şekilde yeterlilik, elastikiyet, etkin ve verimli olacak şekilde sadelik, izlenebilirlik, koordinasyon ve planlama olarak 8 başlıkta sayılmıştır (Wolff ve Yıldız, 2018). Performans ölçümünün 1980 öncesi; daha çok finansal olup kar, yatırımın geri dönüş süresi gibi olduğu, 1980 sonrası ise değişen müşteri beklentilerinin yarattığı zorlu rekabet ortamında Tam Zamanında Üretim gibi yaklaşımların ortaya çıkmasıyla göstergelerin düşük maliyet, zamanında teslimat, yüksek kalite olarak değişmeye başladığı değerlendirilmiştir (Ghalayini vd., 1997).

Performans ölçütlerinin; stratejik, taktik ve operasyon olarak seviyelendirilmesi ve ilgili ölçütlerin uygun olan grupta izlenmesinin gerekliliği belirtilmiştir (Gunesakaran vd., 2001). Başka bir çalışmada, finansal ve finansal olmayan ölçütlerin beraber dengeli olarak yer aldığı, tedarik zincirindeki tüm işletmeleri bütünlük değerlendiren ve tedarik zincirinin kendi özgün yapısını da dikkate alan, hız ve esnekliğin yer aldığı ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi gerektiği önerilmiştir (Yüksel, 2004). Diğer bir çalışmada, teslimat performansına dönük literatür çalışmaları taranmış ve bu konuda eksik kalan alanların; müşteri talebine bağlı olarak yeterli üretim kapasitesinin sorgulanmasının önemi ve çevreci, sürdürülebilir ve karlı bir tedarik zinciri teslim modelinin entegre olmasının önemi olarak belirtilmiştir (Guiffrida vd., 2013).

Alternatifin fazla olduğu sektörlerde yer alan işletmeler arası rekabetin şiddetli olduğu ve bu çerçevede bu tarz işletmelerin ürün tedarik sürelerini düşürerek, maliyetlerini azaltmak zorunda oldukları belirtilmiş olup bu çerçevede performans ölçütlerinin hayati işaretler olduğu vurgulanmıştır (Kabadayı, 2002). Performans göstergelerinin, işletme stratejileri ile operasyon arasındaki çift yönlü iletişimin sağlanması ve buna bağlı olarak planlama, kontrol ve iyileştirme için bağlantılı olması önemlidir. Kalite (hatasız ürün yüzdesi vb.), teslimat (zamanında, hatasız teslimat), çevrim süresi (ürün geliştirmeden, işlemeye, taşımaya tüm çevrim süreleri) ve israf (değer katmayan tüm faaliyetler) olarak dört temel performans göstergesi ile gerekli bağlantının kurulabileceği belirtilmiştir (Lynch ve Cross, 1995).

Lojistik ve Tedarik Zinciri sürecinin performans ölçümü için yapılmış bir tarama çalışmasında değerlendirme ölçütleri; Balanced Score Card

olarak da bilinen Dengeli Skor Kartı, Tedarik Zinciri Konseyi'nin Skor yaklaşımı ve diğer grup Ekonomik Değer analizi, Faaliyet tabanlı maliyetleme modeli (ABC) ve Lojistik Skor Tablosu olarak belirtilmiŖtir (Özyazar vd., 2014).

Lojistik faaliyetlerin baŖarısında rol oynayan lojistik faktörlerin ISO en büyük 1.000 sanayi Ŗirketinden 199'unda yapılan anket çalıŖmasında; tedarikçi iliŖkileri, yenilikçilik, iletiŖim ve deęiŖim yönetiminin örgütsel performansa etki ettiği deęerlendirilmiŖtir (Bilginer vd., 2008). Lojistik performans göstergeleri konusunda yapılmıŖ bir literatür değerlendirme çalıŖmasında, zamanında teslimat ve toplama göstergesinin en çok öne çıkan gösterge olduğu görölmektedir (Baki ve ŖimŖek, 2004).

Avrupa, Asya ve Amerika pazarlarına binek araç üretimi yapan Güney Afrika'daki üreticilere, müŖterileri olan ölkelerin önemli tedarik zinciri göstergelerinin belirlenmesine dönük bir çalıŖmada, ürün teslimi yapılan ölkeden bağımsız, en önemli göstergelerin; kalite, ürün teslim zamanına uyum, maliyet ve tedarikçi güvenilirliği olarak belirtilmiŖtir (Ambe, 2014).

Gaziantep Sanayi Odasına kayıtlı iŖletmelerden 165 tanesiyle yapılan bir anket çalıŖmasıyla, lojistik performansın göstergesi olarak tedarikçi entegrasyonunun esneklik, maliyet, hız ve güvenilirlik ile kalite üzerindeki etkisine dönük değerlendirme, yapısal eŖitlik modeli ile yapılmıŖtır (ÇetindaŖ ve Çelik, 2020).

İstanbul ve Kocaeli Gebze bölgesinde faaliyet gösteren 156 sanayi kuruluşunda yapılan başka bir araŖtırmada, entegre yapıdaki tedarik zinciri organizasyonunda firmanın tedarik zincirinin çevik ve esnek olmasının firma performansı üzerindeki etkisi deęerlendirilmiŖ, tedarik zincirindeki entegrasyonun; iŖletmenin çevik olması, esnek olmasıyla beraber iŖletme performansını da olumlu yönde etkilediği belirlenmiŖtir (Yıldız ve ÇetindaŖ, 2019).

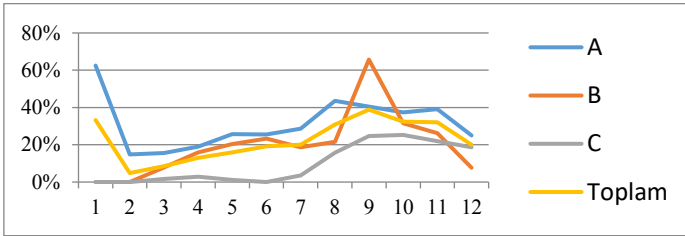
## **ARAÇ TEDARİK PERFORMANS ANALİZİ**

Bir Ŗirketin çalıŖtıęı 3PL lojistik firmasının, üç farklı sevkiyat noktasından bir yıllık döneme ait günlük araç talep sayıları ve bu araçların geç tedarik edilip edilmediği verisi SPSS programı ile analiz edilmiŖtir. Talep edilen aracın gün içinde saat 13:00'e kadar talep edilmesi

halinde, aynı gün tedarik edilmezse gecikme olarak yansımaya başlamakta; saat 13:00'den sonra yapılan araç taleplerinin gecikmesi ise ertesi gün başlangıç olarak dikkate alınmaya başlanmaktadır.

Sevk noktaları A, B ve C olarak ifade edilmiştir. Yükleme için kullanılan araç tipleri 15 tonluk Kamyon için 15, 20 tonluk Kırkayak için 20 ve 24 tonluk tır için 24 olarak belirtilmiştir. İstanbul Anadolu ve Avrupa yakası olarak 2 il olarak değerlendirilmiştir.

Sevk noktası bazında bir yıllık döneme ait aylık araç tedarik gecikmesi oranları Şekil 1'de gösterilmiştir. A sevk noktasında en yüksek geç tedarik oranı, C sevk noktasında ise diğer noktalara göre nispeten daha düşük geç tedarik oranı mevcuttur.



Şekil 1. Sevk noktasında aylık geç tedarik oranı

Öncelikle üç farklı noktanın aylık geç tedarik edilen araç sayısı ile talep edilen araç sayısı oranları değerlendirilmiştir. Tablo 1'de normallik test sonuçları gözükmekte olup; B ve C sevk noktaları geç tedarik normal dağılım sergilemezken, A sevk noktası normal dağılım sergilemektedir.

Tablo 1. Normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
A	,158	12	,200*	,922	12	,304
B	,200	12	,200	,853	12	,040
C	,289	12	,006	,792	12	,008
Toplam	,203	12	,183	,940	12	,499

### **Araç Talebi Yapılan Günün Geç Tedariğ>e Etkisi**

Araç talebi yapılan günün tedarik gecikmesiyle ilişkisinin ölçümü için aŖağıdaki hipotez kurulmuŖtur.

**Hipotez 1:** Araç talebi yapılan günün tedarik gecikmesiyle ilişkisi yoktur.

A noktasına yapılan araç talepleri gün bazlı incelendiğinde, Anova test sonuçlarına göre varyansların ortalamasında farklılık var gözükmektedir. Ancak veriler incelendiğinde cumartesi günü (haftanın 6ncı günü) hafta içi günlere göre daha kısa çalıŖılmakta olduğundan, talep edilen araç sayısı diğ>er günlere göre düşük kalmaktadır. Bu çerçevede Cumartesi hariç bakıldığında, gün bazlı ortalama talep ve tedarik gecikmesi ortalamalarında farklılık bulunmamaktadır.

B ve C sevk noktaları, normal dağılım sergilemediğinden, talep edilen gün ile tedarik gecikmesi arasında ilişki Kruskal Wallis ile test edilmiş olup test sonucuna göre talep edilen gün ile tedarik gecikmesi arasında ilişki yoktur.

*Tablo 2. Sevk noktası düzeyinde test sonuçları anlamlılık değ>erleri*

Sevk Noktası	Sig.
A -Cumartesi Dahil-	0,008
A -Cumartesi Hariç-	0,645
B	0,614
C	0,842

### **Araç Talep Sayısının Geç Tedariğ>e Etkisi**

Günlük talep edilen araç sayısının tedarik gecikmesiyle ilişkisinin ölçümü için aŖağıdaki hipotez kurulmuŖtur.

**Hipotez 2:** Günlük talep edilen araç sayısının tedarik gecikmesiyle ilişkisi yoktur.

A sevk noktası normal dağılım sergilediğinden Anova ile test edilmiştir. Günlük 1 araç talebinden 15 araca kadar talep yapılabilmektedir. Anova test sonucu Tablo 3'de gözükmekte olup, günlük talep edilen araç sayısı ile tedarik gecikmesi arasında ilişki vardır.

Tablo 3. A sevk noktası günlük araç talebiyle geç tedarik ilişkisi

ANOVA					
	Kareler Toplamı	Df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	7,621	12	,635	3,119	,000
Grup İçi	43,578	214	,204		
Toplam	51,198	226			

B ve C sevk noktaları normal dağılım göstermediğinden Kruskal Wallis ile analiz edilmiştir. B ve C sevk noktalarının Tablo 4’de yer alan test sonuçlarına göre de günlük talep edilen araç sayısı ile tedarik gecikmesi arasında ilişki mevcuttur.

Tablo 4. B ve C sevk noktalarına ait günlük araç talebiyle geç tedarik ilişkisi

Test İstatistikleri		
	B noktası	C noktası
Kruskal-Wallis	39,195	33,115
Serbestlik Derecesi	7	8
Anlamlılık Değeri	,000	,000
Kruskal Wallis Testi Günlük Araç Talebine göre değerlendirme sonuçları		

### **Araç Tipi ile Tedarik Gecikmesinin Değerlendirilmesi**

Araç tipinin tedarik gecikmesiyle ilişkisinin ölçümü için aşağıdaki hipotez kurulmuştur.

**Hipotez 3:** Araç tipiyle araç tedarik gecikmesi arasında ilişki yoktur.

A noktası için araç tipleri düzeyinde tedarik gecikmeleri ayırmakta olup Anova test sonucu Tablo 5’de görülmektedir. Ayırışmanın detayını tespit edebilmek için yapılan Post Hoc Games-Howell testiyle 24 tonluk tırın, diğer araç tiplerine göre daha geç tedarik edildiği görülmektedir.

Tablo 5. A sevk noktası araç tipiyle tedarik gecikmesi iliŖkisi

ANOVA						
		Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
talep	Gruplar Arası	,000	2	,000	.	.
	Grup İçi	,000	990	,000		
	Toplam	,000	992			
gecikme	Gruplar Arası	2,974	2	1,487	7,091	,001
	Grup İçi	207,570	990	,210		
	Toplam	210,544	992			

B ve C noktaları için Kruskal Wallis ile testler veri analizi yapılmıŖ olup test sonucu Tablo 6'da gözükmemektedir. B ve C sevk noktaları için araç tipiyle tedarik gecikmesi arasında iliŖki olduğu görülmüŖtür. Her iki sevk noktası için de Post Hoc, Tamhane testiyle, 24 tonluk tırn, 15 tonluk kamyonu göre daha geç tedarik edildiği gözlenmiŖtir.

Tablo 6. B ve C sevk noktası araç tipiyle tedarik gecikmesi iliŖkisi

Test İstatistiği				
	Talep – B sevk noktası	Gecikme – B sevk noktası	Talep – C sevk noktası	Gecikme – C Sevk noktası
Kruskal-Wallis H	,000	8,193	,000	7,918
Df	2	2	2	2
Asymp. Sig.	1,000	,017	1,000	,019
Kruskal Wallis Testi Araç tipine göre değerlendirme sonuçları				

### **Teslimat Yapılacak il ile Araç Tedarik Gecikmesi İliŖkisinin Değerlendirilmesi**

Sevk noktaları bazında, teslimat yapılacak iller için araç talepleri geç tedarik edildi ve vaktinde tedarik edildi olarak değerlendirilmesiyle, her teslimat ili için geç tedarik oranı hesaplanmıŖtır. Teslimat yapılacak illerin geç araç tedarik oranları kümeleme analizi ile incelenmiŖtir.

A, B ve C sevk noktalarından teslimat yapılan iller Tablo 7'de görüldüğu üzere 2 kümeye ayrılmıŖtır. Sevk noktalarının kümeler bazında gecikme oranları Tablo 8'de özetlenmiŖtir. A sevk noktasında 39 teslimat ilinden oluŖan ilk kümenin geç tedarik oran 0,25 olup, 3 teslimat ilinden oluŖan ikinci kümenin geç teslimat oranı 0,86

seviyesinde gözükmetedir. B sevk noktasında geç tedarik oran 0,52 olan 5 teslimat ili birinci kümede, geç teslimat oranı 0,11 olan ikinci küme 17 teslimat ilinden oluşmaktadır. C sevk noktasında 44 teslimat ilinden oluşan ilk kümenin geç tedarik oran 0,06 olup, 2 teslimat ilinden oluşan ikinci kümenin geç teslimat oranı 0,82 olarak gözükmetedir.

Tablo 7. A, B ve C sevk noktaları kümeleme analizi il kırılımı tablosu

Her Kümedeki Sayı				
Sevk Noktası		A	B	C
Küme	1	39,000	5,000	44,000
	2	3,000	17,000	2,000
Geçerli Sayı		42,000	22,000	46,000
Kayıp Sayı		,000	,000	,000

Tablo 8. A, B ve C sevk noktası kümeleme analizi gecikme oranı tablosu

Kümeleme Merkezleri			
	Sevk Noktası	Küme	
		1	2
gecikme_orani	A	,25	,86
	B	,52	,11
	C	,06	,82

## SONUÇ

Sevkiyat lojistiği, tedarik zincirinin son halkası olarak adlandırılabilir. Bu çerçevede tedarik zincirinin diğer halkaları gibi ürünün müşteriye vaktinde teslimi için önemli bir rolü vardır. Araç tedarigi, sevkiyat lojistiği sürecinin önemli bir parçasını oluşturur. Çünkü araç tedariginde yaşanan her gecikme günü, müşteriye ürünün geç tedarik edilen gün kadar geç teslimine sebep olur.

Bir işletmenin 3 farklı deposundan yapılan sevklere ilişkin araç tedarik verisi incelendiğinde, haftanın günü ile araç tedarik performansı arasında ilişki bulunmamıştır.

Günlük araç talep sayısı ile geç tedarik ilişkisi incelendiğinde anlamlı bir sonuç elde edilmiştir. Araç talep sayısı araç tedarigini etkileyen önemli bir faktördür. Dolayısıyla işletmenin işlerindeki yoğunlaşmaya

veya genel piyasadaki hareketliliğe bağlı olarak araç talebinin artması durumunda araç gecikmeleriyle karŖılaŖmasının mümkün olduğu ifade edilebilir.

Talep edilen araç tipinin de araç tedarikindeki gecikmeyle anlamlı bir iliŖkisi vardır. ÇalıŖılan en büyük araç tipi olan 24 tonluk tır araç tedarikinde diğer araç tiplerine göre gecikmeli tedarik edilmektedir. İŖletme bu araç tipinde talebin çoğaldığı durumlarda, vaktinde teslimin sağlanabilmesi için, ilave maliyetlere katlanarak, tır yerine daha küçük araçlarla teslim alternatifini değerlendirebilir.

Teslimat yapılan ilin de geç tedarik ile iliŖkisi bulunmaktadır. ÇalıŖmada üç farklı sevk noktası toplamında 10 farklı teslimat iliin yapılan araç taleplerinin diğer illere göre geç tedarik anlamında kümelendiği görölmektedir. Bu illere oluŖan araç taleplerinin geç karŖılanmasına bağlı olarak gecikmesi mümkün olarak değerlendirilebilir.

Araç tedarik performansı üzerinde; günlük talep edilen araç sayısı, talep edilen araç tipi ve teslimatın yapılacağı ilin belirleyici olduğu belirlenmiŖtir.

Üç farklı sevk noktasında da aynı unsurlar belirgin olarak öne çıkmaktadır. Yeni bir depo oluŖturularak, günlük araç talep sayısı ve farklı noktalara yakınlık azaltılarak araç tedarikinde gecikme yaŖanan noktalar bir miktar giderilebilir tespiti yapılabilir. Ancak yeni bir sevk noktasının oluŖturacaęı maliyet yüküyle elde edilecek faydanın değerlendirilmesi gerekir. Ayrıca ekonomik aktivitenin yoğunluk ölçümüyle araç tedarik performansı arasındaki iliŖki de araŖtırılabilecek bir konu olarak öne çıkmaktadır.

## KAYNAKÇA

Ambe, I. M. (2014). Key Indicators or Optimising Supply Chain Performance: The Case of Light Vehicle Manufacturers in Souht Africa, *The Journal of Applied Business Research*, 30(1), 277-290.

Baki, B. ve ŖimŖek, B. (2004). *Lojistik Faaliyetlere Göre Performans Ölçütlerin Belirlenmesi*. Yöneylem AraŖtırması/Endüstri Mühendisliği Kongresi, Adana, Türkiye toplantısında sunulmuŖtur.



Bayraktutan, Y. ve Özbilgin, M. (2015). Lojistik Maliyetler ve Lojistik Performans Ölçütleri, *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1 (2), 95-112.

Bilginer, N., Kayabaşı, A. ve Sezici, E. (2008). Lojistik Faaliyetlerin Süreçsel Etkinliğine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22.

Cornillie, I. ve Macharis, C. (2006). Impact of Globalisation on Logistic Service Providers in Belgium. *European Transport Conference*, (15-26). Strasbourg, France.

Çetindaş, A. ve Çelik, M. (2017). İmalat İşletmelerinin Tedarikçi Entegrasyonları ile Lojistik Performansları Arasındaki İlişki Üzerine Çevresel Belirsizliğin Düzenleyici Rolü, *İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), 132-146.

Demirbilek, A., Öz, S. Ve Fidan, Y. (2018). Lojistik Performans Endeksi ve Havayolu Kargo Taşımacılığı İlişkisi: 2007-2016 Türkiye Örneği, *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(1),1-24.

Ghalayini, A. M., Noble, J. S. ve Crowe, T. J. (1997). An Integrated Dynamic Performance Measurement System for Improving Manufacturing Competitiveness, *International Journal of Production Research*, 8(36), 207-225.

Görgün, M. R. (2020). Lojistik Performans Kriterlerinin Sağlanması Türk Lojistik Sektörünün Durumu, *EKEV Akademi Dergisi*, 24(81), 229-246.

Guiffrida, A. L., Chen, L., Liang, H., Ngniatedema, T. ve Tanai, Y. (2013). Modeling Supply Chain Delivery Performance: A Literature Review, *Las Vegas Conference Proceedings*, 3(13), 11-19.

Gülen, K. G. (2005). Lojistik Hizmetlerde Dış Kaynak Kullanımının Yaygınlaşması ve Tedarikçi İşletmelerde Gelişim Stratejileri, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(8), 29-48.

Gunasekaran, A., Patel, C. ve Tirtiroglu, E. (2001). Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment, *International Journal of Operations and Production Management*, 21(1), 71-87.

Kabadayı, E. T. (2002). İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme ile İlişkisi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 3(2), 61-75.

Kocaoğlu, B. ve Gülsün, B. (2006). Türkiye’de Üçüncü Parti (3PL) Lojistik Kavramı ve Uygulamada Yaşanan Problemlere Yönelik Bir Anket Çalışması, *Verimlilik Dergisi*, 1.

Lambert, D. M., Cooper M. C. ve Pagh, D. J. (1998a). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, *The International Journal of Logistics Management*, 9(2), 1-20.

Lambert, D. M., Stock, J. R. and Ellram, L. M. (1998b). *Fundamentals of Logistics Management*. USA, Irwin.

Lynch, R. L. ve Cross, K. F. (1995). *Measure up!: How to Measure Corporate Performance*. USA, Blackwell Publishers.

Özkazanç, Ü. A. (2008). *Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmetlerinde Sefer ve Sevkiyatların Planlanması için bir Lojistik Karar Destek Sistemi*, (Yayınlanmamış doktora tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.

Özyazar, Ö., Yardımcı, İ. ve Vayvay, Ö. (2014). *Lojistik ve Tedarik Zinciri Performans Ölçümü: Literatür Taraması*, III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Trabzon, Türkiye’de sunulmuştur.

Razzaque, M.A. and Sheng, C.C. (1998). Outsourcing of Logistics Functions: A Literature Survey, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 28(2), 89-107.

Wolff, R. A. ve Yıldız, D. (2018). Türkiye’de Lojistik Yönetimindeki Gelişmeler: Stratejik Bir Bakış Açısı, *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 7(3), 187-198.

Yıldız, B. ve Çetindaş, A. (2019). Tedarik Zinciri Entegrasyonunun Firma Performansı Üzerindeki Etkisinde Tedarik Zinciri Esnekliği ve Tedarik Zinciri Çevikliğinin Aracı Rolü, *Verimlilik Dergisi*, 1(3), 241-261.

Yüksel, H. (2004). Tedarik Zincirleri İçin Performans Ölçüm Sistemlerinin Tasarımı, *Yönetim ve Ekonomi*, 11 (1), 143-154.

URL-1 Türkiye İstatistik Kurumu. (2020). *Yıllık Gayrisafi Yurt İçi Hasıla 2019 raporu*. <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33671> Erişim tarihi: 10.10.2021.

URL-2 UTİKAD Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. (2018). *2018 Yılı Lojistik Performans Endeksi*. <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/23418/2018-yili-lojistik-performans-endeksi-aciklandi> adresinden alınmıştır. Erişim tarihi: 10.10.2021.

# Uyarlanabilir Üretim Sistemlerinde Dağıtım Maliyetlerinin Optimizasyonu

**Muhammet Kahrıman**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0002-1336-3746)

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0003-1997-2005)

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0002-6283-5340)

## GİRİŖ

GloballeŖen dünya ekonomisinde dağıtım süreçlerinin iyileŖtirilmesi ve lojistik maliyetlerinin optimizasyonu Ŗletmeler için günden güne önem kazanmaktadır. Üretimin, kalite ve maliyet esasları baz alınarak lokasyondan bağımsız olduğu günümüz yeni nesil Ŗletmelerinde, lojistik ağın verimliliği için ulaŖtırma problemlerinin kullanım gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. UlaŖtırma modeli sayesinde talep noktalarına müşteri ihtiyaçlarının en az maliyetle dağıtımı amaçlanmaktadır.

ÇalıŖmaya konu olan problem lojistik süreçlerinin iyileŖtirilmesine yönelik tamsayılı doğrusal programlama modelidir. Lojistik alanında önemli göstergelerden biri Dünya Bankası'nın 2 yılda bir yayınladığı Lojistik performans endeksidir (URL-1). UlaŖtırma ve depolama giderleri ölkemizin gayrisafı yurtiçi hasılası içerisinde 2019 yılı itibariyle %8,6 ağırlığı olan bir konumdadır (URL-2). Dolayısıyla lojistik alanında geliŖim imkanı bulunmakta olup verimlilik de önem arz etmektedir.

ÇalıŖmada ele alınan konu çoklu depoya sahip karma kapasiteli ulaŖtırma problemine uygun olmaktadır. 9 farklı ilden gelen taleplerin 3 farklı üretici (depo) tarafından karşılanarak dağıtılması konusu sebebiyle çok depolu ulaŖtırma problemine uygun olurken dağıtım esnasında 2 farklı kapasiteye sahip araçlar olması sebebi ile karma kapasiteli probleme dönüŖmektedir. ÇalıŖmada dağıtım probleminin optimum çözüme ulaŖtırılması hedeflendiği için tam sayılı matematiksel model kurularak problemin çözümlenmesi amaçlanmıŖtır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Doğrusal programlama probleminin özel hali olarak ifade edilen ulaŖtırma modeli, ürün veya hizmetlerin üretim noktalarından talep noktalarına dağıtımını esas almaktadır. Literatürdeki çalıŖmalarda toplam gidilen yolun minimizasyonu, yapılan tur süresinin minimizasyonu, kullanılan kaynak etkinliklerinin maksimizasyonu gibi konular amaçlanmıŖtır. Modeller gerçek hayat problemlerine uyarlanırken dağıtımda kullanılan araç kapasitesinin kısıtı, zaman kısıtı, sürücüler için zaman sınırı, müşterilerin çalıŖma saatleri, araçların tur sayıları, depo sayılarının birden fazla olması gibi kısıtlar problemleri karmaŖık hale getirmektedir. ÇalıŖma kapsamında yapılan literatür araŖtırmasına dair özetler sırasıyla aŖađıda verilmektedir.

Taşıma maliyeti minimizasyonu kapsamında gıda ürünlerini karayolu ile taşıyan bir firmaya yönelik yapılan çalışmada, firmanın mevcut taşıma sistemine karşı tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılarak alternatif dağıtım stratejisi belirlenmesi amaçlanmıştır. Dağıtımda kullanılan araç kapasitelerinin 13 ton, 20 ton ve 25 ton olarak farklılık gösterdiği modelde, 2 farklı dağıtım rotası ve toplam 24 dağıtım yeri bulunmaktadır. Matematiksel modeli yazılan problem Lindo paket programı yardımıyla çözüme ulaşılmıştır. Programdan elde edilen çıktılar firmanın mevcut dağıtım modelleri ile karşılaştırıldığında alternatif olarak sunulan modelin maliyet avantajı sağladığı görülmüştür (Ergülen, 2003). Tedarik Zinciri yapısında ağ tasarımı ile karma tam sayılı bir üretim ve dağıtım modeli çalışması Vogel yöntemi ile çözümlenmiştir. Farklı tedarikçilerden, farklı fabrika ve dağıtım merkezlerine ve o dağıtım merkezlerinden son tüketiciye dağıtım için modelleme yapılmıştır. Bu kapsamda tedarikçiler, fabrikalar, dağıtım merkezleri ve son tüketici talebiyle ilgili kısıtlar da belirtilerek problem incelenmiştir. Problem Xpress Solver Engine ile çözülmüş ve çalışma kapsamında modelleme yapılmıştır. (Paksoy, 2005). Benzer modellemenin Win QSB v.2.0 programı kullanılarak da farklı bir çalışmada değerlendirildiği görülmüştür (Atan ve Güldağı, 2019). Farklı özelliklerdeki kömürün 6 noktadan 4 tüketim merkezine dağıtımını ele alan çalışmanın, farklı özellikteki kömürler ve satış fiyatı kısıtlarıyla, en az taşıma olacak şekilde doğrusal programlama ile çözüldüğü görülmüştür. Amaç fonksiyonu satış ve maliyet gideri olarak ifade edilmiş ve talep ile kapasiteye bağlı kısıtlar ile problem TORA paket programı ile çözülmüştür. (Elevli vd., 2007). Denizli'deki bir gıda işletmesine ait depolardan farklı marketlere dağıtım için modelleme çalışmasının Vogel yaklaşımı ile modellendiği ve firmanın dağıtım giderinde yaklaşık %2 tasarruf sağlayacak bir sonuç elde edildiği görülmüştür (Ertuğrul ve Işık, 2008). Denizli ilinde faaliyet gösteren bir tekstil firmasının İstanbul, Denizli ve İzmir gümrük çıkışlı ihracat alternatiflerinin farklı ülke taleplerine göre değerlendirilmesi ele alınmıştır. Maliyet minimizasyonu hedeflenen çalışmada, Kuzey-Batı Köşe, Minimum Maliyetli Hücre, Vogel yaklaşımı ve RAM yaklaşımı ile başlangıç çözümü yapılmış, paket programı olarak WinQSB kullanılmıştır. En uygun başlangıç çözümünü sunan Vogel başlangıç çözümü MODI ve Atlama taşı metotlarıyla geliştirilerek optimum çözüm olan programın verdiği ile aynı değere ulaşılmıştır. Elde edilen sonucun firmanın kendi yönetimi

ile yaptığı maliyete göre %12 daha düşük maliyetli çözüm sunduğu görülmüştür (Çakanel, 2008). Ulaştırma probleminin farklı bir uygulamasına askeri birliklere ihtiyaç duyacakları malzemelerin ulaştırılması alanında rastlanmıştır. Sekiz tank birliğinin ihtiyaçlarının 3 farklı depodan karşılanması konusunda yapılan çalışmada, depolardan askeri birliklerin olduğu noktalara mesafeler ve taşıma giderleri ile ihtiyaçlar dikkate alınarak modelleme yapılmıştır. Kuzey-Batı Köşe, Minimum Maliyetli Hücre ve Vogel yaklaşımı ile çözüm aranmış, program olarak Lindo ve MS Excel kullanılmıştır. En iyi çözüm Vogel'in yaklaşımında elde edilmiş olup, başlangıç çözüm MODI ile geliştirilmiş ve bulunan bu çözüm programdan elde eden değerle aynı bulunmuştur (Atan vd., 2015). Başlangıç çözümlerinden Vogel yaklaşımından, Geliştirilmiş Vogel yaklaşımı elde edilerek yapılmış bir çalışmaya da rastlanmıştır. Geliştirilmiş Vogel yaklaşımının bulunduğu çözümün Vogel yaklaşımı ile neredeyse aynı olduğu ve diğer iki yöntemle göre daha düşük maliyetli olduğu çalışmada örnekler ile tespit edilmiştir. Hatta bazı problemlerde Geliştirilmiş Vogel yaklaşımı en iyi çözümü verdiği görülmüştür (Soomro vd., 2015). Farklı bir çalışmada başlangıç çözümü için kullanılan metotlardan minimum maliyetli hücre metodunun geliştirilmiş Atama tablosu adı verilen bir metot ile çözümü gözlenmiştir. Dört farklı örnek problem için yapılan değerlendirmede bu yöntemin en düşük maliyetli sonucu verdiği belirlenmiştir (Ahmed, vd., 2016). Alternatif model geliştirilen bir çalışmanın algoritmasında, her satırdaki minimum maliyetli hücre tespit edilerek diğer tüm hücrelerden bu çıkarılmaktadır. Aynı işlem tüm sütunlar için de yapılmaktadır. Sonrasında talep ve arz değerlerinden en düşük olan sütun ya da satırda en az maliyetli hücreye tahsis yapılmaktadır. Satır ve sütun atamaları yapılarak süreç devam etmektedir. Bulunan bu başlangıç çözümü farklı problemlerde test edilmiş ve MODI'ye yakın çözümler elde edildiği görülmüştür (Patel ve Bhathawala, 2016). Küçük bir aile şirketi olan et ve sosis üreticisi firmanın dağıtım optimizasyonunun Vogel yaklaşımı ile incelendiği ve yapılan çözümleme ile firmanın mevcut rotasının %10 seviyesinde azaldığı görülmüştür (Hlatká vd., 2017). Başka bir çalışmada hem Vogel hem de En Yakın Komşu yöntemleriyle aynı veri setinin çözüldüğü, yapılan değerlendirme sonucunda En yakın Komşu Metodunun firmanın mevcut rotasına göre %7 iyileşme sağladığı ve Vogel yaklaşımının kazanımına ulaşamadığı görülmüştür (Pečenýa vd., 2020). Başlangıç çözümleri içerisinde yer alan yöntemlerden yola

çıkılarak geliştirilmiş alternatif çözüm araçlarından biri de Kuzey-Doğu köşe yöntemi olarak gözlenmiştir. Bulunan bu yöntemin, Kuzey-Batı metodu yönteminden daha iyi sonuç verdiği ancak Vogel yaklaşımından daha iyi sonuç vermediği örnekler ile belirlenmiştir (Hanif ve Rafi, 2018). İşletmelerin, müşterilerine daha kısa sürede ürün teslimi için dağıtım merkezi kurması için yapılmış bir çalışmada; kısıt olarak, hız limiti, karbon gazı salınım miktarı, dağıtım noktaları kapasiteleri ve her noktaya dağıtımı sağlayacak şekilde müşteri ataması kriterinin dikkate alınarak karar problemi Lingo paket programı ile çözülmüştür (Akar, 2018). Nijerya'daki aynı gruba ait farklı şehirlerdeki iki çimento fabrikasının hangi şehirlere dağıtım yapmasının uygun olacağı konusunda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada R programlama dili ve TORA programları ile optimum çözüm aranmıştır. En düşük maliyet, Kuzey-Batı köşe ve Vogel yaklaşımı ile değerlendirilerek başlangıç çözümünde en iyi değeri en düşük maliyet ve Vogel yaklaşımları vermiş olmasına karşılık, geliştirilmiş çözümde üç metodun da aynı en iyi değeri verdiği gözlenmiştir. (Aliyu vd., 2019). Temel istatistik ortalama hesaplama değerleri ile çözüm elde edilmesine yönelik yapılmış bir çalışmada; Polonya ordusuna ait bir motorize piyade taburunun yemek, su, yakıt ve mühimmat ihtiyaçlarının 3 farklı noktadan karşılanması halinde oluşacak maliyet giderleriyle talep miktarının aritmetik, harmonik ve orta değer yöntemleriyle elde edilmiş sonuçları değerlendirilmiştir. Aritmetik, harmonik ortalama ve orta değer ile yapılan atamaların daha iyi başlangıç çözümü verdiği belirlenmiştir (Baboş, 2019). Aydın ilinde faaliyet göstermekte olan ve dağıtım süreçlerini kargo şirketleri ile sağlayan firmada toplam lojistik maliyetinin azaltılması için eş zamanlı topla-dağıt ulaştırma problemi kullanılmıştır. Endüstriyel bıçak bileme hizmeti vermekte olan firma 8 farklı şehirde 20 müşteriye ürün gönderimi yapmaktadır. Kurulan matematiksel model Gams prgramında kodlanarak Cplex paket programı ile çözülmüştür. Topla-dağıt problemi yapılan çalışmadan elde edilen sonuç mevcut dağıtım maliyetleri ile karşılaştırıldığında %33 oranında maliyet avantajı sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca araç kapasitesinin %83 olması sebebiyle yeni müşterilerin edinilmesi sonucunda elde edilen maliyet avantajının daha yüksek olabileceği ifade edilmiştir (Gonca ve Gülsün, 2020). Son yıllarda artan yaşlı nüfus arasında destek ihtiyacı olan kişilere gerekli hizmetin verilebilmesi için evde bakım hizmeti sağlayan Ankara Büyükşehir Belediyesi Yaşlı Hizmet Merkezi bünyesinde çalışanların

toplam mesafesini optimize etmek için dağıtım probleminden faydalanılmıştır. Farklı birimlerde görevli 29 ekibin 147 farklı adrese hizmet verdiği çalışmada tamsayılı programlama modeli kurulmuştur. Mevcut hizmette toplam mesafe ile kurulan matematiksel model Cplex programı ile çözülmüş, elde edilen sonuç karşılaştırıldığında önerilen modelin toplam kat edilen mesafeyi %9 oranında iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (Yurdakul vd., 2020).

## UYGULAMA

Uygulama kapsamında yılın en yoğun dönemlerine ait bir aylık sevkiyat miktarları üzerinden çalışmalar yapılmıştır. Gerçek verilerin incelendiği bu dönemde sevkiyatlar kamyon veya tır olmak üzere 2 farklı araç tipi ile sağlanmaktadır. Ulaştırma problemi olarak modellenen çalışmada yazılan model Excel Solver ile çözülmüş, kısıtlar eklenerek modeldeki değişkenlerin tamsayı olarak çözümü sağlanmıştır.

### ***Probleme Ait Bilgiler***

Çalışmadaki matematiksel modele dair bilgiler aşağıda yer almaktadır:

1. Amaç fonksiyonu, toplam taşıma maliyetini en azlamaktır.
2. Gönderimi yapılan ürün sıvı olduğundan dolayı taşıma birimi m3 olarak ifade edilmektedir.
3. A, B ve C olmak üzere 3 depodan gönderim yapılmaktadır. Depoların kapasiteleri gereği aylık yapılabilecek normal mesaili en fazla sevkiyat sırasıyla 4.000, 1750 ve 1.750 m3'tür.
4. 9 farklı teslimat noktası bulunmaktadır. Ancak her depodan her teslimat noktasına sevkiyat olmadığından dolayı bazı güzergahlarda tanımlı sevkiyat bulunmamaktadır.
5. Gönderimler kamyon ve tır olmak üzere 2 farklı tipte yapılabilmektedir (X: Kamyon, Z: Tır). Araçların kapasiteleri farklılık göstermekte olup kamyon kapasitesi 50 m3 iken tırın kapasitesi 80 m3'tür.
6. Depolardan illere olan uzaklıklar Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) web sayfasından iller arası mesafe cetveli bilgilerinden alınmıştır (URL-3). İller arası mesafelerde kamyon ve tırın nakliye ücretleri farklılık göstermektedir.
7. Karar değişkenleri, "araç türü, depo, sevkiyat noktası" sırası ile tanımlanmıştır. Örneğin XA19 değişkeni, "A deposundan 19



nolu teslimat noktasına kamyon ile yapılan sefer sayısı”nı ifade etmektedir. Birim taşıma maliyeti  $NX_{ij}$  ve  $NZ_{ij}$  olarak gösterilmektedir.

8. Depoların yerleşim düzeninden kaynaklı olarak yapılabilecek tır sevkiyatı sınırlıdır. A deposu için bu sınır 20 iken B ve C depoları için bu sınır 15 tır sevkiyatıdır.
9. Nakliye sağlayıcı firma, aylık en fazla 40 tır, 90 kamyon sevkiyatını garanti etmektedir.

Tablo 1. Depo-sevk noktası arası mesafe (km)

Teslimat Noktası	A	B	C
06	0	-	-
19	241	281	503
25	874	632	-
32	420	563	483
34	453	-	111
55	413	453	-
59	-	-	242
61	743	616	953
72	-	683	-

Tablo 1’de A, B ve C depoları ile 9 farklı teslimat noktası arasındaki uzaklıklar km cinsinden yer almaktadır. Tablo 1’de yazılı değerler KGM web sayfası üzerinde yer alan “İller Arası Mesafe Cetveli” Excel dosyasından alınmıştır.

Tablo 2. Araç türüne göre nakliye bedelleri (br)

Teslimat Noktası	A		B		C	
	X	Z	X	Z	X	Z
06	2.000	2.750	-			
19	2.338	3.341	2.394	3.439	2.705	3.983
25	3.224	4.892	2.885	4.299	-	
32	2.588	3.779	2.789	4.130	2.677	3.934
34	2.635	3.860	-		2.156	3.022
55	2.579	3.762	2.635	3.860	-	
59	-				2.339	3.343
61	3.041	4.571	2.863	4.260	3.335	5.085
72	-		2.957	4.424	-	

X: Kamyon, Z: Tır

Tablo 2’de yer alan değerler depolardan illere yapılacak sevkiyatların bedellerini belirtmektedir. Nakliye bedeli depo ve il arası mesafeden etkilendiği gibi araç türüne göre de değişkenlik göstermektedir. Örneğin B deposundan 72 nolu sevk noktasına kamyon ile yapılacak nakliye bedeli 2.957 br iken aynı seferin tır ile yapılması durumunda nakliye bedeli 4.424 br olmaktadır.

Tablo 3. Teslimat noktaları talepleri (m3)

Teslimat Noktası	Talep
06	1.180
19	840
25	710
32	700
34	1.140
55	650
59	570
61	540
72	790

Tablo 3’te teslimat noktalarının talepleri yer almaktadır. Müşteri taleplerin eksik ya da fazla değil birebir karşılanması beklenmektedir.

Yukarıda yazılı kısıtlar ve verilen bilgiler doğrultusunda matematiksel model kurularak çözülmesi amaçlanmıştır.

### **Matematiksel Model**

#### **Amaç Fonksiyonu ve Kısıtlar**

$$\text{Min} \left[ \sum_{j=06}^{72} \sum_{i=A}^C X_{ij} * NX_{ij} + \sum_{j=06}^{72} \sum_{i=A}^C Z_{ij} * NZ_{ij} \right] \quad (1)$$

$X_{ij}$ : i deposundan j talep noktasına yapılan kamyon sevkiyat sayısı

$Z_{ij}$ : i deposundan j talep noktasına yapılan tır sevkiyat sayısı

$NX_{ij}$ : i deposundan j talep noktasına yapılan kamyon nakliye bedeli

$NZ_{ij}$ : i deposundan j talep noktasına yapılan tır nakliye bedeli

Modelin taşıma maliyeti, yapılacak sevkiyat sayıları ile birim nakliye bedellerinin çarpımından elde edilen değerlerin toplamı olarak ifade

edilmiştir. İlgili güzergahta sevkiyat yapılmayacaksa bu güzergaha dair taşıma maliyeti oluşmayacaktır.

Probleme dair kısıtlar 4 bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla illerden gelen talepler, depoların kapasiteleri, araç türüne göre yapılacak sevkiyat sayısı ve en fazla izin verilen toplam tır sevkiyatıdır.

Talep kısıtında, gelen talepler tanımlı sevkiyat türlerine göre ve birebir karşılanmalıdır. Örneğin Tablo 2 ve Tablo 3'teki verilere göre 06 nolu teslimat noktasının talebi sadece A deposundan kamyon veya tır sevkiyatı ile 1.180 m<sup>3</sup> olarak karşılanmalıdır. Benzer şekilde 72 nolu sevkiyat noktasının talebi ise sadece B deposundan 790 m<sup>3</sup> olarak karşılanmalıdır. Depo kapasite kısıtlarına göre yapılacak sevkiyatların toplamı depo kapasitesini aşmamalıdır. Sevkiyat yapılırken araç türüne göre yapılacak sevkiyat kısıtında, dağıtım probleminde kullanılacak en fazla kamyon sevkiyat sayısı 90 iken yapılacak en fazla tır sevkiyatı ise 40 olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, A deposundan en fazla aylık 20 tır sevkiyatı yapılabilirken, B ve C depolarından en fazla 15 tır sevkiyatı yapılabilir. Modele ait son kısıtlar değişkenlerin negatif olmama şartına ilaveten- karar değişkenlerinin sevkiyat sayısı olarak tanımlanması sebebiyle- tam sayılı olmasıdır. Dolayısıyla problem tamsayı doğrusal programlama modeli olarak ele alınarak çözülmüştür.

### **Modelin Çözülmesi**

Belirlenen kısıtlara göre oluşturulan model Excel Solver ile çözülmüştür. Çözümde yer alan temel değişkenler, sevkiyat yapılacak depodan ürün talep eden sevk noktasına araç tipine göre sevkiyat sayısını ifade etmektedir. Çözücüden elde edilen matematiksel model çıktısı tablo halinde Tablo 4'te düzenlenmiştir.

*Tablo 4. Matematiksel model çıktısı – karar değişkenlerinin değerleri*

Teslimat Noktası	A	B	C
06	XA06 = 6	-	-
	ZA06 = 11		
19	XA19 = 12	XB19 = 0	XC19 = 0
	ZA19 = 3	ZB19 = 0	ZC19 = 0
25	XA25 = 1	XB25 = 2	-
	ZA25 = 0	ZB25 = 7	
32	XA32 = 14	XB32 = 0	XC32 = 0
	ZA32 = 0	ZB32 = 0	ZC32 = 0

Tablo 4. (devam)

Teslimat Noktası	A	B	C
34	XA34 = 0	-	<b>XC34 = 10</b>
	ZA34 = 0		<b>ZC34 = 8</b>
55	<b>XA55 = 13</b>	XB55 = 0	-
	ZA55 = 0	ZB55 = 0	
59	-	-	<b>XC59 = 5</b>
			<b>ZC59 = 4</b>
61	XA61 = 0	XB61 = 0	<b>XC61 = 6</b>
	<b>ZA61 = 3</b>	ZB61 = 0	ZC61 = 0
72	-	<b>XB72 = 11</b>	-
		<b>ZB72 = 3</b>	

Tablo 4'te yer alan model sonuçlarına göre 06 nolu sevkiyat noktasına A deposundan 6 kamyon seferi ve 11 tır seferi ile sevkiyat yapılması önerilmektedir. Bazı teslimat noktalarının talebi farklı depolardan karşılanmıştır. Örneğin, 61 nolu sevkiyat noktasının talebi A deposundan 3 tır sevkiyatı ve C noktasından 6 kamyon sevkiyatı ile karşılanması önerilmektedir.

Karar değişkenlerinin değerlerine göre, sevk noktalarının taleplerine ait kısıtlar karşılanmıştır. Depo kapasitelerine ait kısıtlar incelendiğinde; A deposunun kapasitesi 4.000 m<sup>3</sup> olmasına karşın 3.660 m<sup>3</sup> kullanılmış, depoda 340 m<sup>3</sup>'lük boş kapasite bulunduğu görülmüştür. B ve C depolarının 1.750 m<sup>3</sup> kapasiteleri bulunurken B deposundan 1.750 m<sup>3</sup> büyüklüğünde sevkiyat yapılarak kapasitenin tamamı kullanılmış, C deposundan 1.710 m<sup>3</sup> gönderim yapılarak 40 m<sup>3</sup> kapasite boşluğu olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla modelin önerdiği sonuçların depo kapasite kısıtlarını sağladığı tespit edilmiştir. Kısıtlar arasında yer alan bir konu ise araç türüne göre belirlenen sevkiyat sayılarının aşılması kısıttır. En fazla 90 kamyon sevkiyatına izin veren modelde 80 kamyon sevkiyatı yapılmış, 40 tır sevkiyatı kısıtına karşın 39 tır sevkiyatı yapılarak ilgili kısıtın şartı yerine getirilmiştir. Modelde yer alan diğer kısıt grubu olan depolardan izin verilen tır sevkiyat sayısına bakıldığında A deposundan 20 tır sevkiyatına olanak tanınırken modelin çözümü 17 tır sevkiyatını önermektedir. B ve C depolarından 15 tır sevkiyatına izin verilirken B deposundan 10 tır sevkiyatı ve C deposundan 12 tır sevkiyatı önerilerek modeldeki bu kısıt grubunun şartı da sağlanmıştır. Modelin son kısıt grubu olan değişkenlerin negatif olmama ve tamsayı olma kısıtının da verilerin

değerleri incelendiğinde karşılandığı görülebilmektedir. Modelin tüm kısıt grupları sağlandığına göre modelin geçerli olduğu belirtilebilir.

*Tablo 5. Toplam maliyet karşılaştırması (br)*

	<b>Mevcut</b>	<b>Model</b>
<b>Amaç Fonksiyonu Değeri</b>	345.810	336.668

Modelin çıktısına göre temel değişkenlerden elde edilen amaç fonksiyonu değeri 336.668 br olarak hesaplanmıştır. Tablo 5'te mevcut verilerden elde edilen maliyet bilgileri ile önerilen modelin toplam maliyet değeri yer almaktadır. Buna göre önerilen model %2,8 oranında maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

*Tablo 6. Kamyon sevkiyat sayılarının karşılaştırılması*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Toplam</b>
<b>Mevcut</b>	37	4	15	<b>56</b>
<b>Model</b>	46	19	15	<b>80</b>

Tablo 6'da ilgili döneme ait gerçekleşmiş kamyon sevkiyat sayılarına karşın modelin belirlenen kısıtlar altında önermiş olduğu kamyon sevkiyat sayısı görülmektedir. Mevcut durumda 56 kamyon sevkiyatı yapılmışken model 80 kamyon sevkiyatı önermektedir. Nakliye bedeli kamyon ile daha yüksek olmasına karşın model kısıtları arasında tır sevkiyat sayısının en fazla 40 olması gerektiği belirtildiği için önerilen modelde kamyon sevkiyat sayısı daha yüksek olmuştur.

*Tablo 7. Tır sevkiyat sayılarının karşılaştırılması*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Toplam</b>
<b>Mevcut</b>	29	14	11	<b>54</b>
<b>Model</b>	17	10	12	<b>39</b>

Firmanın ilgili ay içerisinde en fazla 40 tır sevkiyatı yapma kısıtı bulunmaktadır. Eğer ilgili ayda belirlenen bu sayı aşırsa her tır sevkiyatı için toplam nakliye bedelinin %20'si bedelince ek nakliye masrafı yansımaktadır. Tablo 7'ye göre firma 54 tır sevkiyatı yaptığına

göre 14 tır sevkiyatı için ayrıca ceza ücreti ödemiŖtir. Model, ilgili kısıtlar altında 39 tır sevkiyatı önermektedir.

Mevcut datalar ve önerilen modelin çıktıları karşılaştırıldığında matematiksel model ile sevkiyat sayılarının belirlenmesinin firma için avantaj sağladığı görülebilmektedir. Önerilen bu modelin henüz gerçekteŖmemiŖ aylar için uygulanması durumunda toplam maliyeti azaltarak firmanın ekstra tır sevkiyatları için ceza bedeli ödemesi engellemiŖ olacaktır.

## SONUÇ

Ürün veya hizmetlerin talep noktalarına dağıtımını amaçlayan ulaŖtırma modelleri, çeŖitli ürün ve kargo dağıtımlarında, evde bakım hizmetlerinde, geri dönüŖümlü atıkların toplanmasında ve buna benzer farklı alanlarda kullanılmaktadır. Çözüm yöntemi olarak matematiksel yöntemler kullanıldığı gibi sezgisel yöntemler de kullanılmaktadır. Çalışmaya konu olan problemde matematiksel model kurularak Excel Solver ile çözülmüŖtür. Elde edilen çözüm ile verilerin elde edildiği aylara ait sevkiyat programı toplam maliyet ve karar deęiŖkenleri detayında karşılaştırılmıŖtır. Kurulan modelin çıktılarının mevcut durum verilerine göre %2,8 maliyet avantajı sağlaması nedeniyle sonraki aylarda yapılacak sevkiyat planlarında kullanılması önerilmektedir.

Yapılan çalışmada 1 aylık veri ve 9 teslimat noktasına göre matematiksel model kurulmuŖtur. Modelin kapsamı genişletilerek 3 aylık, 6 aylık veya yıllık sevkiyat planı ele alınarak teslimat noktası artırılabilir ve ilgili döneme ait dağıtım planı önerisi ile bütçelemeye temel teşkil edebilir. Bunun yanı sıra modele nakliye süresi, illerdeki trafik yoğunlukları gibi yeni kısıtlar eklenerek modelin nakliye yüklenici firmalar için gerçek hayat problemini tamamen yansıtmayı sağlanabilir. Ancak eklenecek bu kısıtlar ve yeni deęiŖkenlerin modelin kompleksliğini artırıp çözüm süresini uzatacağı göz ardı edilmemelidir. Modelin çözümünü kolaylaŖtırmak ve çözüm süresini düşürmek amacıyla modele uygun sezgisel algoritmalar araştırılarak matematiksel model ile karşılaştırılması yapıp literatüre katkı sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Ahmed M. M., Khan A. R., Uddin Md. S. ve Ahmed, F. (2016). A New Approach to Solve Transportation Problems, *Open Journal of Optimization*, 5, 22-30.
- Akar, G. S. (2018). Dağıtım Merkezi Atama Problemi İçin Bir Optimizasyon Modeli, *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 1 (1): 39-46.
- Aliyu, M. L., Usman, U., Babayaro, Z. ve Aminu, M. K. (2019). A Minimization of the Cost of Transportation, *American Journal of Operational Research*, 9 (1), 1-7.
- Atan, M., Atan, S. ve Altan, Ş. (2015). Matematiksel Programlama ile Tedarik Zinciri Yönetiminde Etkinlik Planlaması, *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 3 (1), 15-24.
- Atan, S. ve Güldağı, L. S. (2019). Harekât Ortamında Mühimmat Lojistiğinin Optimizasyonu, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(2), 653-684.
- Baboş, A. (2019). Statistical Methods for Solving Transportation Problems, *International Conference Knowledge-Based Organization*, 25(2), 10-13.
- Çakanel, N. (2008). *Ulaştırma Modeli ile Maliyet Optimizasyonu ve Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi. Denizli, Türkiye.
- Elevli, B., Uzgören, N. ve Sezgin, A. (2007). Doğrusal Programlama Tekniği ile Kömür Dağıtım Optimizasyonu, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 20(1), 47-56.
- Ergülen A. (2003). Gıda Ürünlerinin Kara Yolu ile Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu: Bir Tamsayılı Doğrusal Programlama Uygulaması, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 203-232.
- Ertuğrul, İ. ve Işık, A. T. (2008). Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli ile Yeni Bir Dağıtım Planı Geliştirme, *KMU İİBF Dergisi*, 10 (14), 267-283.
- Gonca C. K. ve Gülsün B. (2020). Eş Zamanlı Topla-Dağıt Döngüsel Dağıtım Modeli ve Endüstriyel Bıçak Bileme Fabrikası Örnek Uygulaması, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(1), 55-73.
- Hanif, M. ve Rafi, F. S. (2018). A New Method for Optimal Solutions of Transportation Problems in LPP, *Journal of Mathematics Research*, 10(5), 60-75.

Hlatká, M., Bartuška, L. ve Ližbetin, J. (2017). Application of the Vogel Approximation Method to Reduce Transport-logistics Processes, *MATEC Web of Conferences – LOGI2017*, 134(19), 1-8.

Paksoy, T. (2005). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim – Dağıtım Modeli, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, 435-454.

Patel, R. G. ve Bhathawala, P. H. (2016). An Innovative Approach to Optimum Solution of a Transportation Problem, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(4), 5695-5700.

Pečenýa, L., Meškoa, P., Kampfb, R. ve Gašparík, J. (2020). Optimisation in Transport and Logistic Processes, *Transportation Research Procedia*, 44(2020), 15-22.

Soomro, A. S., Junaid, M. ve Tularam, G. A. (2015). Modified Vogel's Approximation Method For Solving Transportation Problems, *Mathematical Theory and Modeling*, 5(4), 32-42.

Yurdakul K., Alakaş H. M., Eren T. ve Gür Ş. (2020). Yaşlılara Evde Bakım Hizmetinde Bulunan Ekiplerin Rotalanması: Büyükşehir Belediyesinde Bir Uygulama, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 206-223.

URL-1 [https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoru\\_raporu2020-53923.pdf](https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoru_raporu2020-53923.pdf) (Erişim tarihi: 28.02.2021)

URL-2 <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33671>(Erişim tarihi: 06.12.2020)

URL-3 <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Root/Uzakliklar/ilmesafe.xls> (Erişim tarihi: 12.12.2020).



**Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi  
için Karınca Kolonisi Optimizasyonu ve  
Tavlama Benzetimi Algoritmaları  
Kullanılarak Bir Çözüm Önerisi**

**Selin Yalçın**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9926-2099)**

**Sabahattin Kerem Aytulun**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-4688-0408)**

## GİRİŖ

Günümüz koŖullarında dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak tüketim ihtiyaçlarının karŖılanabilmesi için üretim de eŖ zamanlı olarak artmıŖtır. Bu sebeple, tedarik zinciri büyük önem kazanmıŖtır. Tedarik zinciri, bir ürünün üretiminden, mal ve hizmetlerin tedarik aŖamasından, nihai ürünün tüketiciye ulaŖtırıncaya kadar geçen tüm süreçleri kapsamaktadır. Bir ürün veya hizmetin üretilmesinin yanı sıra tüketiciye de ulaŖtırılması oldukça önemlidir. Bu aŖamada, dağıtım faaliyetleri devreye girmektedir. Ürün veya hizmetin müşterinin talepleri doğrultusunda müşteriye ulaŖtırmak, müşteri memnuniyetini arttıracaktır. Bu nedenle, dağıtım faaliyetlerinde önemli bir yere sahip olan Araç Rotalama Problemi (ARP) ele alınmıŖtır. ARP, bir veya birkaç depodan, her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araç filosunun, belirli müşterilere toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyerek istenilen en yüksek kalitede hizmet sunmak amacıyla gerekli rotaların belirlenmesi problemidir (Çetin ve Gencer, 2010). ARP'nin en kısa zamanda, optimuma en yakın çözümü verecek şekilde çözülmesi gerekmektedir. Bu problemi çözebilmek için karınca kolonisi optimizasyonu algoritması, yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi çeŖitli çözüm metotları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, sezgisel yöntemlerden Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) ve Tavlama Benzetimi (TB) algoritmaları kullanılmıŖtır. KKO algoritmasının yerel aramaya takılmasını engellemek amacıyla TB algoritması ile birlikte ele alınmıŖtır. KKO algoritması, popülasyon tabanlı, karınca davranıŖlarını inceleyen bir optimizasyon yöntemidir. Literatürde birçok problemin optimizasyonunda başarı bir şekilde kullanılmıŖtır. SipariŖ miktarı belirleme, sinir ağları, akıŖ tipi çizelgeleme, güç ve voltaj kontrolü, tedarik seçimi ve sıralama gibi problemlerin çözümlerinde kullanılmaktadır. TB algoritması, katıların fiziksel tavlama sürecinden yararlanılarak geliştirilmiŖtir. VatandaŖlara doğrudan ulaŖmada önemli bir rol oynayan muhtarlıklar ve ilçe belediye başkanlıklarının nüfusa göre rota trafiğinin KKO ve TB algoritmaları ile incelenmesi hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf sağlayacaktır. Yerel aramaya takılabilen KKO'nun TB ile birlikte ele alınması algoritmanın daha verimli çalışmasını sağlamıŖtır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Araç Rotalama Problemi (ARP), ilk olarak Dantzig ve Ramser tarafından tanıtılmıştır (Dantzig ve Ramser, 1959). Benzin istasyonlarına benzin dağıtım problemi ele alınarak matematiksel modellemesi yapılmıştır. Clarke ve Wright aynı problemi geliştirerek tasarruf algoritmasını önermişlerdir (Clarke ve Wright, 1964). Literatürde ARP'lerin çözümlerinde kullanılmış çeşitli sezgisel yöntemler mevcuttur. Pisinger ve Ropke ARP'nin zaman pencereli ARP, kapasitif ARP, çok depolu ARP, sahaya bağlı ARP ve açık ARP olmak üzere beş farklı çeşidini çözebilen birleşik bir büyük komşuluk arama algoritması temelli bir çözüm yöntemi sunmuşlardır (Pisinger ve Ropke, 2007). Xiao ve arkadaşları yakıt tüketimini en aza indirmek amacıyla kapasiteli ARP temelli bir model önermişlerdir (Xiao vd., 2012). Önerilen modeli TB algoritması kullanarak çözmüşlerdir. Toth ve Vigo tabu aramasını geliştirerek sundukları granular tabu algoritmasını kullanarak kapasiteli ARP'ye yeni bir yaklaşımla çözüm getirmişlerdir (Toth ve Vigo, 2003). Lysgaard ve arkadaşları kapasiteli ARP için yeni bir dallanma ve kesme algoritması sunmuşlardır (Lysgaard vd., 2004). Algoritma; kapasite, çerçevesiz kapasite, genelleştirilmiş kapasite, güçlendirilmiş tarak, çok kademeli, kısmi çok kademeli, genişletilmiş hipotour eşitsizlikleri ve klasik Gomory karışık tam sayı kesimleri dâhil olmak üzere çeşitli kesme düzlemlerini kullanmışlardır. Szeto ve arkadaşları kapasiteli ARP'yi çözmek için yapay bir arı kolonisi algoritması sunmuşlardır (Szeto vd., 2011). Yapay arı kolonisi algoritması, bir bal arısı sürüsünün yiyecek arama davranışını taklit eden sürü tabanlı bir algoritmadır. Kara ve arkadaşları kapasiteli ARP için aracın mesafesine ve yüküne dayalı yeni bir maliyet fonksiyonu önermişlerdir (Kara vd., 2007). Bu yeni yük temelli maliyet hedefindeki ARP, enerjiyi en aza indiren ARP olarak adlandırılmaktadır. Kısıtlı tam sayılı doğrusal programlama formülasyonları, toplama ve teslim durumları için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Önerilen modeller, CPLEX 8.0 kullanılarak literatürdeki klasik kapasiteli ARP örnekleri ile test edilmiş ve gösterilmiştir. Chen ve arkadaşları ARP'yi çözmek için yeni bir hibrit yaklaşım algoritması geliştirmişlerdir (Chen vd., 2006). Hibrit algoritma, ayrık parçacık sürü optimizasyonu en iyi sonuçları aramak için global aramayı ve yerel aramayı birleştirmektedir. TB algoritması yerel bir optimumda kalmamak için belirli bir olasılık kullanmaktadır.

Hesaplamalı çalıŖma, önerilen algoritmanın, özellikle büyük ölçekli problemler için uygun ve etkili bir yaklaşım olduğunu göstermiştir. Tasan ve Gen kapasiteli ARP'nin bir uzantısı olan eşzamanlı teslim alma ve teslimatlarla ilgili ARP için, genetik algoritma tabanlı bir yaklaşım önermektedir (Tasan ve Gen, 2012). Hesaplamalı örnek, önerilen yaklaşımı göstermek için parametre ayarlarıyla birlikte sunulmuştur. Ayrıca, önerilen yaklaşımın performansı birkaç test problemi çözülerek değerlendirilmiştir. Mazzeo ve Loiseau kapasiteli ARP'nin çözümü için KKO algoritması temelli bir çözüm geliştirmişlerdir (Mazzeo ve Loiseau, 2004). KKO algoritmasının, ARP'yi çözmek için diğer metasezgiseller kadar başarılı olduğunu da göstermişlerdir.

## **ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ**

ARP'de problem boyutu düğüm sayısına göre üstel orantılı olarak artmaktadır. ARP'nin NP-Zor problemler kategorisinde yer alması klasik yöntemlerle çözülmesini zorlaştırmaktadır. Gerçek hayat problemlerine kolay uyarlanabilmesi, kısa sürede en uygun çözümler vermesi sezgisel yöntemlerin avantajlarından. Bu sebeple, rotasyonların belirlenmesinde sezgisel yöntemlerle oldukça yararlı sonuçlar elde edilmektedir.

### ***Sezgisel Yöntemler***

Karmaşık bir yapısı olan ARP'nin çözümünde Genetik Algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması gibi sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan sezgisel yöntemlerle hızlı ve optimuma yakın çözümler elde edilmektedir. ÇalıŖmada, algoritmaların birlikte kullanılması yerel aramaya takılma sorununu ortadan kaldırmaktadır. Kullanılan KKO ve TB algoritmaları detaylı olarak anlatılmıştır.

### ***Karıncı Kolonisi Optimizasyonu Algoritması***

Karıncaların besin bulma ve kolonilerine taşıma yeteneklerinden esinlenerek Dorigo tarafından geliştirilmiştir (Dorigo, 1992). Karıncalar yol üzerine feromon olarak adlandırılan kimyasal madde bırakırlar ve yön seçimlerini yol üzerindeki feromon miktarına göre yaparlar. Yol seçimlerinde feromon miktarı fazla olan yolu tercih ederler.

KKO algoritmasının sözde kodu aşağıdaki gibidir (Alataş ve Akın, 2004):

**Algoritma 1:** Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritması

```
1: Begin
2:   İlk feromon miktarının hesaplanması
3:   while (not durdurma kriteri)
4:     Aday çözümler oluştur
5:     Lokal arama gerçekleştirilir
6:   end while
7:   return  $\pi$  (En iyi çözüm)
8: End
```

**Tavlama Benzetimi Algoritması**

Metallerin fiziksel olarak tavllanması işleminden etkilenerek Kirkpatrick ve arkadaşları tarafından ilk defa ortaya konulmuştur (Kirkpatrick vd., 1983). TB algoritması, yerel aramanın farklı bir versiyonudur. Yerel aramanın en büyük dezavantajı global en iyi çözüm yerine yerel en iyide takılıp kalabilmesidir. TB algoritması, yerel iyiden kaçınmak için komşuluk durumlarını da dikkate aldığından bu dezavantajı ortadan kaldırarak global en iyiye ulaşmayı amaçlamaktadır.

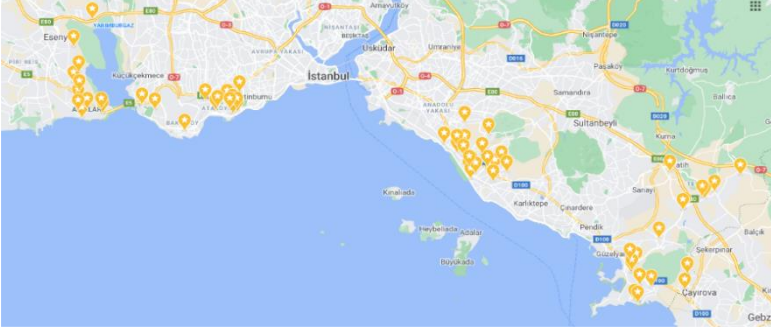
TB algoritmasının sözde kodu aşağıdaki gibidir (Kutucu ve Durgut, 2018):

**Algoritma 2:** Tavlama Benzetimi Algoritması

```
1: Begin
2:   İlk  $T$  sıcaklığını belirle
3:    $\alpha$ : soğutma parametresini belirle
4:    $\pi$  çözümü için  $f(\pi)$  değerini hesapla
5:   while  $T > 0.1$  do
6:     Yeni bir  $\pi'$  çözümü üret.  $f(\pi')$  değerini hesapla
7:      $\Delta f = f(\pi') - f(\pi)$ 
8:     if  $\Delta f < 0$  then
9:        $\pi' = \pi$ 
10:    else if  $\text{random}[0,1] < \exp(-\frac{\Delta f}{T})$  then
11:       $\pi' = \pi$ 
12:    else  $\pi'$  çözümünü iptal et
13:     $T = T \times \alpha$  \\ sıcaklığı güncelle
14:  return En iyi çözüm
15: End
```

## **Kapasite Kısıtlı ARP Problemine KKO ve TB Algoritmalarının Uygulanması**

Çalışmada, ilçe belediye başkanlıkları ve muhtarlıklar arasındaki rota trafiği ele alınmıştır. Muhtar, mahallenin ortak ihtiyaçlarını gönüllülerin katılımıyla belirlemek, mahallenin yaşam kalitesinin iyileştirilmesini sağlamak, belediye dâhil diğer kamu kurum ve kuruluşlarıyla ilişkilerini yürütmek, mahallesi ile ilgili konularda görüş bildirmek, kanunlarla verilen diğer görevleri yerine getirmek ile yükümlüdür (Göküş vd., 2013). Muhtarlar, mahalle sakinlerine doğrudan ulaşabilmektedir. Bu denli önemli bir konu olan muhtarlıkların ilçe belediye başkanlıkları ile arasındaki rota trafiği İstanbul'un ilçelerinden olan Avcılar, Bakırköy, Maltepe ve Tuzla ilçeleri için incelenmiştir. Şekil 1'de ilçelerin muhtarlık ve belediye başkanlıklarının lokasyonları haritada gösterilmiştir.



*Şekil 1. Avcılar, Bakırköy, Maltepe ve Tuzla ilçelerinin muhtarlık ve belediye başkanlıklarının lokasyonları*

Klasik kapasite kısıtlı ARP'nin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir (Şahin ve Eroğlu, 2014):

$V = \{v_0, v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$   $v_0$ : depo,

$q_i$ :  $i$  düğümünün talep miktarı,

$d_{ij}$ :  $i$  ve  $j$  düğümleri arasındaki mesafe,

$K = \{k_0, k_1, k_2, k_3, \dots, k_m\}$  araç filosu,

$Q$ : araçların kapasitesi // araç kapasiteleri homojen //  $k_i \in K$

*Karar değişkenleri:*

$$X_{i,j}^k \begin{cases} 1, \text{ eğer } k \text{ aracı } i \text{ düğümünden sonra } j \text{ düğümünü ziyaret ederse} \\ 0, \text{ aksi taktirde} \end{cases}$$

$$y_i^k \begin{cases} 1, \text{ eğer } i \text{ düğümüne } k \text{ aracı hizmet ederse} \\ 0, \text{ aksi taktirde} \end{cases}$$

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_{ij} X_{i,j}^k$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V} X_{i,j}^k = 1 \quad \forall i \in V$$

$$\sum_{j \in V} X_{i,j}^k + \sum_{j \in V} X_{j,i}^k = 1 \quad \forall i \in V, k \in K$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N X_{0,j}^k = K \quad \forall k \in K$$

$$\sum_{j \in V} X_{j,n+1}^k = 1 \quad \forall k \in K$$

$$X_{i,j}^k = 1 \Rightarrow y_i - q_i = y_j \quad \forall i,j \in V, \forall k \in K$$

$$y_0 = Q, \quad 0 \leq y_i \quad \forall i \in V$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{i=1}^N X_{i,j}^k \leq Q \quad k \in \{1, \dots, m\}$$

$$X_{i,j}^k \in \{0,1\} \quad \forall i,j \in V, \forall k \in K$$

Amaç fonksiyonu, araçların dolaşacağı toplam mesafenin minimizasyonunu sağlamaktadır. Kısıtlar ise, alt döngü oluşturmadan, her i-j bağlantısı arasına bir aracın hizmet vermesi, depodan çıkan araç sayısı ile toplam araç sayısının eşit olması, aracın depodan ve j. düğümünden bir defa çıkacağını, bir araca atanan müşterilerin toplam talebinin aracın kapasitesini aşmayacağını ifade etmektedir.

Kapasite kısıtlı ARP'nin matematiksel modelindeki talep, mahalle nüfusları olarak ele alınmış, KKO ve TB algoritmaları ile çözülmüştür. Çalışmada, üç araç kullanılacağı, araçların hızlarının ortalama 50 km/saat olacağı, araçların kapasitesinin 250.000 br ile sınırlandırılacağı varsayılmıştır. Bu kısıtlar altında, ilçe belediye başkanlıkları ve

muhtarlıklar arasındaki en uygun rota nüfus yoğunluğu da göz önüne alınarak belirlenmiştir.

*Tablo 1. Avcılar ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V1 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Varış Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 6	2,092	00:02:31	08:02:31
Muhtarlık 9	3,488	00:04:11	08:04:11
Muhtarlık 2	4,306	00:05:10	08:05:10
Muhtarlık 4	6,464	00:07:45	08:07:45
Muhtarlık 8	7,846	00:09:25	08:09:25
Belediye	12	00:14:24	08:14:24

*Tablo 2. Avcılar ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V2 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Varış Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 10	0,901	00:01:05	08:01:05
Muhtarlık 1	2,973	00:03:34	08:03:34
Muhtarlık 5	7,736	00:09:17	08:09:17
Muhtarlık 3	12,043	00:14:27	08:14:27
Muhtarlık 7	26,041	00:31:15	08:31:15
Belediye	27,994	00:33:36	08:33:36

*Tablo 3. Bakırköy ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V1 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Varış Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 10	0,789	00:00:57	08:00:57
Muhtarlık 14	2,024	00:02:26	08:02:26
Muhtarlık 4	3,795	00:04:33	08:04:33
Muhtarlık 11	6,956	00:08:21	08:08:21
Muhtarlık 12	6,956	00:08:21	08:08:21
Muhtarlık 2	14,598	00:17:31	08:17:31
Muhtarlık 1	16,107	00:19:20	08:19:20
Muhtarlık 6	16,761	00:20:07	08:20:07
Muhtarlık 13	18,912	00:22:42	08:22:42
Muhtarlık 3	23,829	00:28:36	08:28:36
Muhtarlık 9	27,923	00:33:30	08:33:30
Muhtarlık 15	31,407	00:37:41	08:37:41
Muhtarlık 5	34,488	00:41:23	08:41:23



Muhtarlık 8	36,303	00:43:34	08:43:34
Muhtarlık 7	38,078	00:45:42	08:45:42
Belediye	38,401	00:46:05	08:46:05

*Tablo 4. Maltepe ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V1 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Variş Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 17	3,553	00:04:16	08:04:16
Muhtarlık 3	5,017	00:06:01	08:06:01
Muhtarlık 18	9,303	00:11:10	08:11:10
Muhtarlık 10	13,532	00:16:14	08:16:14
Muhtarlık 11	14,215	00:17:03	08:17:03
Muhtarlık 5	17,329	00:20:48	08:20:48
Muhtarlık 12	18,465	00:22:09	08:22:09
Muhtarlık 15	20,015	00:24:01	08:24:01
Muhtarlık 6	20,911	00:25:06	08:25:06
Belediye	27,829	00:33:24	08:33:24

*Tablo 5. Maltepe ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V2 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Variş Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 2	3,704	00:04:27	08:04:27
Muhtarlık 14	7,576	00:09:05	08:09:05
Muhtarlık 13	10,244	00:12:18	08:12:18
Muhtarlık 4	13,351	00:16:01	08:16:01
Muhtarlık 1	17,122	00:20:33	08:20:33
Muhtarlık 7	17,924	00:21:31	08:21:31
Muhtarlık 16	21,12	00:25:21	08:25:21
Muhtarlık 8	23,575	00:28:17	08:28:17
Belediye	30,247	00:36:18	08:36:18

*Tablo 6. Maltepe ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V3 aracı ile karşılanması*

Lokasyon Adı	Toplam Mesafe	Toplam Yolculuk Süresi	Variş Zamanı
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 9	3,206	00:03:51	08:03:51
Belediye	5,795	00:06:57	08:06:57

*Tablo 7. Tuzla ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V1 aracı ile karşılanması*

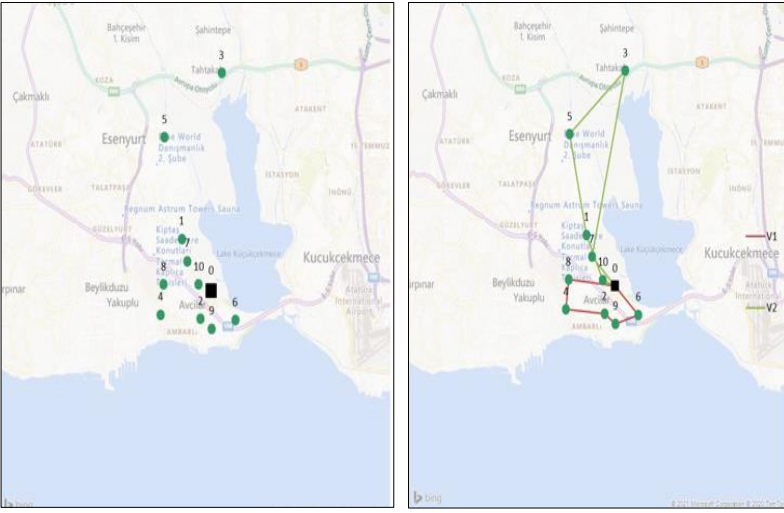
<b>Lokasyon Adı</b>	<b>Toplam Mesafe</b>	<b>Toplam Yolculuk Süresi</b>	<b>Varış Zamanı</b>
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 14	7,605	00:09:08	08:09:08
Muhtarlık 8	8,495	00:10:12	08:10:12
Muhtarlık 1	10,248	00:12:18	08:12:18
Muhtarlık 3	15,06	00:18:04	08:18:04
Muhtarlık 10	16,255	00:19:30	08:19:30
Belediye	20,27	00:24:19	08:24:19

*Tablo 8. Tuzla ilçesinin nüfusa bağlı taleplerinin V2 aracı ile karşılanması*

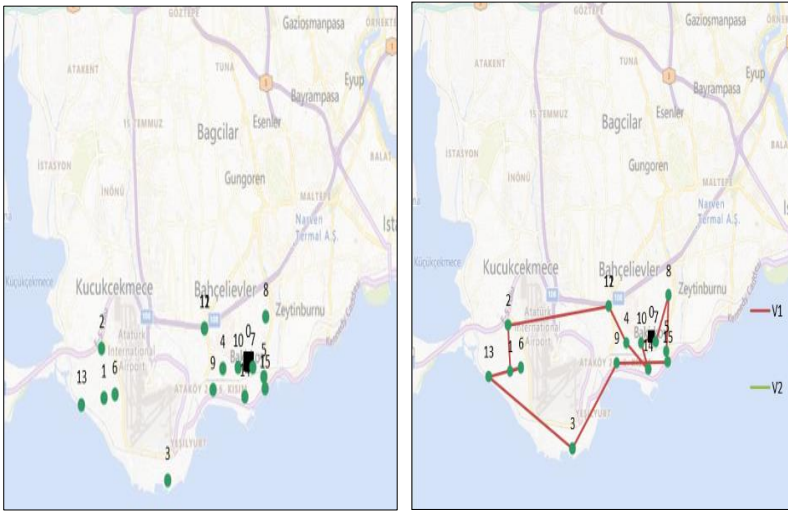
<b>Lokasyon Adı</b>	<b>Toplam Mesafe</b>	<b>Toplam Yolculuk Süresi</b>	<b>Varış Zamanı</b>
Belediye	0	00:00:00	
Muhtarlık 9	8,611	00:10:20	08:10:20
Muhtarlık 6	8,611	00:10:20	08:10:20
Muhtarlık 16	9,111	00:10:56	08:10:56
Muhtarlık 7	16,013	00:19:13	08:19:13
Muhtarlık 4	17,239	00:20:41	08:20:41
Muhtarlık 11	22,914	00:27:30	08:27:30
Muhtarlık 13	32,941	00:39:32	08:39:32
Muhtarlık 15	41,008	00:49:13	08:49:13
Muhtarlık 5	48,52	00:58:13	08:58:13
Muhtarlık 17	51,375	01:01:39	09:01:39
Muhtarlık 2	53,156	01:03:47	09:03:47
Muhtarlık 12	55,934	01:07:07	09:07:07
Belediye	57,622	01:09:09	09:09:09

Uygulama sonucunda Avcılar ve Tuzla belediyelerinin nüfusa bağlı taleplerini iki aracın, Maltepe belediyesinin nüfusa bağlı taleplerini üç aracın, Bakırköy belediyesinin nüfusa bağlı taleplerini bir aracın karşılayabileceği sonucuna varılmıştır. Araçların en uygun rotasyonları, toplam yolculuk süreleri ve muhtarlıklara varış zamanları bulunmuştur.

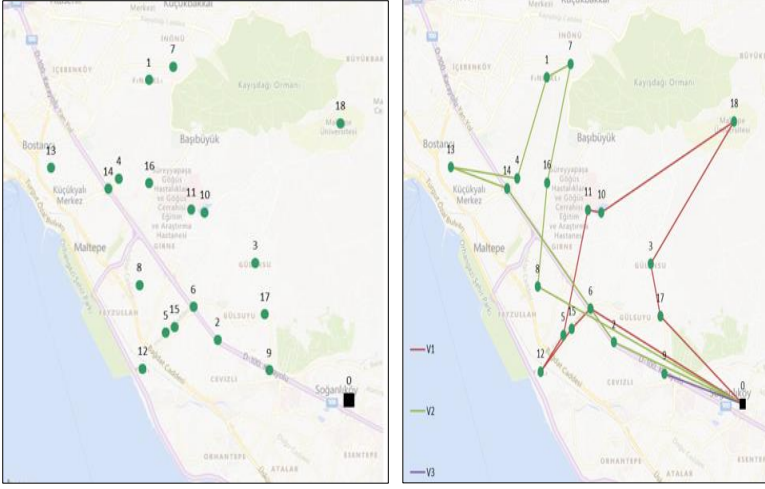
Avcılar (2 araç), Bakırköy (1 araç), Maltepe (3 araç) ve Tuzla (2 araç) ilçelerinin ilçe belediye başkanlıkları ve muhtarlıklar arasındaki nüfusa bağlı en uygun rotasyonları aşağıda gösterilmiştir.



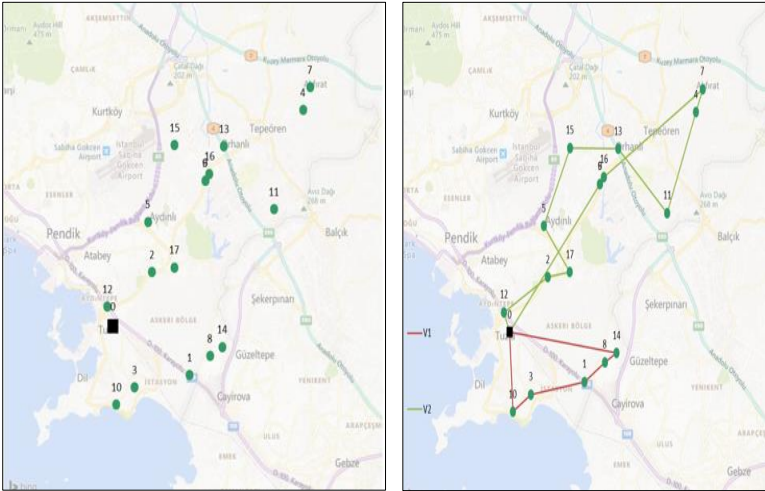
Şekil 2. Avcılar ilçesinin rotasyonu



Şekil 3. Bakırköy ilçesinin rotasyonu



Şekil 4. Maltepe ilçesinin rotasyonu



Şekil 5. Tuzla ilçesinin rotasyonu

İlçelerin nüfusa bağlı en uygun rotasyonları bulmuştur. Çözülmesi zor olan kapasite kısıtlı ARP probleminin KKO ve TB algoritmalarıyla kısa sürede en uygun çözümü verdiği görülmektedir.

## SONUÇ

Tedarik zincirinde dağıtım faaliyetleri geniş bir alana sahiptir. Dağıtımın en iyi şekilde yapılabilmesi için var olan sorunların ortadan

kaldırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, kapasite kısıtlı ARP ele alınmıştır. Probleminin zor ve karmaşık bir yapısı olması sebebiyle, işletmelere büyük maliyetler getirmekte ve zaman kaybına neden olmaktadır. Kullanılan sezgisel yöntem sayesinde hızlı bir şekilde çözüm bulunmuş ve mesafe minimizasyonu yapılmıştır. Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi, düğüm sayısı arttıkça karmaşıklık düzeyi üstel olarak (exponentially) artması sebebiyle problem polinom olmayan zor problemler (NP-hard) olarak sınıflandırılmaktadır. KKO ve TB algoritmaları karmaşıklık düzeyinin yüksek olduğu problemleri kısa ve optimum sürede çözebilmektedir. Arama uzayını en verimli şekilde kullanmak ve yerel aramaya takılmadan en uygun çözümleri bulabilmek için yöntemler birlikte kullanılmıştır. Algoritmaların birlikte kullanılması ile yerel aramaya takılma sorunu ortadan kaldırılmıştır.

İstanbul'da nüfus yoğunluğuna bağlı olarak çok sayıda mahalle muhtarlıkları bulunmaktadır. Muhtarlıkların önemli bir yeri olması sebebiyle Avcılar, Bakırköy, Maltepe ve Tuzla ilçeleri için nüfusa bağlı en uygun rotasyonlar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Bakırköy ilçesinde tek bir aracın yeterli olduğu ortaya çıkmıştır. Tuzla ilçesinde diğer ilçelere göre toplam katedilen mesafenin daha fazla olduğu da görülmektedir. KKO ve TB algoritmaları kullanılarak iki dakikada problem çözülmüştür. Algoritmaların bu kadar kısa sürede optimuma yakın sonuç vermesi sezgisel yöntemlerin avantajlarını da desteklemektedir.

Bu çalışmada birbirlerini desteklemesi açısından sadece KKO ve TB algoritmaları birlikte kullanılmıştır. Problemin çözümünde genetik algoritma ve parçacık sürü optimizasyonu algoritması gibi literatürde de yer alan sezgisel algoritmaların kullanılması durumunda ne gibi sonuçlar alınacağı konusu araştırılabilir. Ayrıca problemin boyutu daha fazla ilçelerin katılmasıyla arttırılarak sezgisel algoritmaların performansları karşılaştırılabilir. Önerilen araç rotalama problemi çözüm yaklaşımı, acil müdahale ve dağıtım, ekip planlama problemleri gibi belirli bir teması olan problemler için de kullanılabilir. Böylelikle alınan teorik sonuçlar ile birlikte problemin gerçek hayatta kullanılabilirliği de denenebilir. Ele alınan ilçelerdeki muhtarlıkların az olması sebebiyle üç araç kullanılmıştır. Gelecek çalışmalara ışık

tutmak amacıyla Ŗile gibi muhtarlıkları fazla olan ilçeler incelenebilir. Probleme üçten fazla araç dâhil edilebilir.

## KAYNAKÇA

Alataş, B. ve Akın, E. (2004). Sınıflandırma kurallarının karınca koloni algoritmasıyla keşfi. *ELECO2004*, 357-361.

Chen, A. L., Yang, G. K. ve Wu, Z. M. (2006). Hybrid discrete particle swarm optimization algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 7(4), 607-614.

Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations research*, 12(4), 568-581.

Çetin, S. ve Gencer, C. (2010). Kesin zaman pencereli-eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi: Matematiksel model. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 579-585.

Dantzig, G. B. ve Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management science*, 6(1), 80-91.

Dorigo, M. (1992). *Optimization, learning and natural algorithms*. Ph.D. Thesis, Politecnico di Milano, Italy.

Göküş, M., Bayrakçı, E. ve Alptürker, H. (2013). Mahalle yönetimi ve mahalle muhtarlarının vatandaşlar tarafından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 18(2)31-35.

Kara, I., Kara, B. Y. ve Yetis, M. K. (2007). Energy minimizing vehicle routing problem. In *International Conference on Combinatorial Optimization and Applications* (62-71). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D. ve Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.

Kutucu, H. ve Durgut, R. (2018). Silah hedef atama problemi için tavlama benzetimli bir hibrit yapay arı kolonisi algoritması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 263-269.

Lysgaard, J., Letchford, A. N. ve Eglese, R. W. (2004). A new branch-and-cut algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 100(2), 423-445.

Mazzeo, S. ve Loiseau, I. (2004). An ant colony algorithm for the capacitated vehicle routing. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 18, 181-186.

Pisinger, D. ve Ropke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers and operations research*, 34(8), 2403-2435.

Szeto, W. Y., Wu, Y. ve Ho, S. C. (2011). An artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 215(1), 126-135.

Şahin, Y. ve Eroğlu, A. (2014). Kapasite kısıtlı araç Rotalama problem için metasezgisel yöntemler: Bilimsel yazın taraması. *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 19(4),337-355.

Tasan, A. S. ve Gen, M. (2012). A genetic algorithm based approach to vehicle routing problem with simultaneous pick-up and deliveries. *Computers and Industrial Engineering*, 62(3), 755-761.

Toth, P. ve Vigo, D. (2003). The granular tabu search and its application to the vehicle-routing problem. *Inform journal on computing*, 15(4), 333-346.

Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I. ve Xu, Y. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers and operations research*, 39(7), 1419-1431.

# **Kimya Endüstrisinde Çok Kriterli ABC- VED Analizine Dayalı Envanter Yönetimi**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-6283-5340)**

**Ezel Özkan**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-2638-3674)**

**Sedanur Selay Kasap**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-4168-9436)**



## GİRİŞ

Kapasite ve envanter yönetimi, arz ve talebe karşılık gelen arz veya üretim tarafının planlanması ve kontrolü ile ilgili olarak operasyon yönetiminin temel konularıdır. Tedarik sistemini ve depo yönetimini kolaylaştırmak için malzemelerin doğru bir şekilde planlanması gerekmektedir. ABC analizi stok yönetiminde en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. ABC analizinde; A grubu en önemli ve en çok kontrol gerektiren ürünleri, B grubu daha az önemli ürünleri, C grubu ise az önemli ve kontrol gerektirmeyen ürünleri ifade etmektedir. Son yıllarda ise malzemelerin kritikliklerine göre gerçekleştirilen VED analizi kullanılmaktadır. VED analizinde, V (Vital) grubu hayati öneme sahip ürünleri, E (Essential) grubu gerekli ürünleri, D (Desirable) grubu ise tercihen ürün grupları olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Marmara Bölgesi'nde kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede hammaddeleri daha verimli bir şekilde kontrol etmek için bulanık DEMATEL esaslı ABC-VED sınıflandırmasına dayalı bir periyodik gözden geçirme politikası oluşturmaktır. Bu doğrultuda, işletmenin son beş yıl içerisinde mamul üretiminde kullanılan ve en çok hareket gören kırk malzemesinin satınalma verileri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan kriterler, birim fiyat, talep, teslim zamanı, yıpranma payı, stok tutma maliyeti, tedarik süresi olarak belirlenmiştir. Tespit edilen kriterler Bulanık DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Analiz sonucunda malzemeler A, B ve C sınıfına ve VED analizlerine göre gruplandırılmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, çalışma kapsamında değerlendirme yöntemi olarak kullanılan ABC ve VED yöntemleri ile ilgili araştırmalar incelenmiş ve kronolojik olarak verilmiştir. Sakthivelmurugan ve arkadaşları 2021 yılında yapmış oldukları çalışmada sağlık sektöründe yalın düşünce ve altı sigmayı kullanarak malzeme tüketimini incelemişlerdir. Çalışmada ABC ve VED analizlerini kullanmışlardır (Sakthivelmurugan vd., 2021). Edefo ve arkadaşları, Nijerya'nın Benin şehrinde sınırlı kaynaklar nedeniyle hastanelerde ilaçların etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için ilaçları kategorize etmeyi

amaçlamışlardır. Çalışmada, 2014-2018 yılına ait ilaç tüketim verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri ABC-VED analizi ile kategori 1'e ait olan ilaçların kontrol edilerek stok dışı tüketimin azaltılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır (Edefo vd., 2020). Hastanelerde ABC, VED, AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak ilaçların yönetilmesini kolaylaştırmayı amaçlayan diğer bir çalışmada; maliyet, tüketim, kritiklik ve tedarikçi riski kriterlerine göre değerlendirme gerçekleştirilmiştir (Böker ve Çetin, 2020). Yine özel bir hastanenin bir yıllık yoğun bakım bölümünün tıbbi sarf malzeme tüketim verileri ABC-VED yöntemleri ile analiz edilmiştir (Koçyiğit ve Çulha, 2020).

Delhi'de 2014-2015 yılları arasında satın alınan cerrahi sarf malzemeleri verilerini kullanarak gerçekleştirilen bir çalışmada malzemelerin ABC-VED analizi ile kategorize edilmesi sağlanmıştır (Hussain vd., 2019). Lestari ve arkadaşları, Endonezya'da yaşlı insanların hastalık şikayetlerine göre ilaçları sınıflandırmayı amaçlamışlardır. ABC-VED analizi ile 31 tür ilaca ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşmışlardır (Lestari vd., 2019). Diğer bir çalışmada, yapı projesinde envanter malzemelerini kontrol etmek amacıyla ABC analizi, VED analizi, HML analizi, EOQ analizi ve S-eğrisi yöntemleri kullanılmıştır. Analizler sonucunda, S-eğrisi analizi ile planlanan maliyet ve gerçek maliyet arasındaki sapma karşılaştırılmış tüm projenin tam maliyet kontrolünün sağlanacağı, projenin genel verimliliğinin artacağı sonuçlarına ulaşılmıştır (Praveen ve Suresh, 2019).

Metal sektöründe faaliyet gösteren bir firmada stok sınıflandırması için bulanık ABC-VED yöntemleri kullanılmıştır ve yöntemlerin analizi ile aynı sınıflandırmaların elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır (Dağsuyu, 2018). Hazrati ve arkadaşları 2018 yılında İran'da yapmış oldukları çalışmada kontrol gerektiren ilaçları belirlemek amacıyla ABC, VED, ABC-VED matrisi analizlerini uygulamışlardır. Çalışmada 2016 yılına ait 597 ilacın tüketim ve maliyet verilerini kullanarak sınıflandırma gerçekleştirmişlerdir (Hazrati vd., 2018).

## **ABC, VED VE BULANIK DEMATEL YÖNTEMLERİ**

Çalışma kapsamında ABC, VED ve DEMATEL yöntemleri kullanılarak çözüm gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde ilgili yöntemler hakkında teorik bilgiler sunulmaktadır.

### **ABC ve VED**

1896 yılında Vilfredo Pareto tarafından geliştirilen ABC (Always Better Control) analizi pareto kuralı olarak da bilinmektedir. Klasik ABC analizinde sınıflandırma gerçekleştirirken kullanılan malzemelerin yıllık tüketimlerinin ve birim maliyetinin bilinmesi gerekmektedir (Beğik vd., 2017).

Yöntem için maliyet dışında önemli olan unsurları temsil eden başka kriterler de vardır. Bunlar; teslim süresi, tüketim oranı, talep ve malzemelerin kritikliğidir (Flores ve Whybark, 1987).

ABC analizi, kuruluşların envanterlerini üç sınıfa ayırmasını sağlar. A sınıfı çok önemli, B sınıfı orta derecede önemli, C sınıfı en az öneme sahip malzemelerdir (Imarah ve Jaelani, 2020; Gupta vd., 2007).

Listelenen tüm malzemeler için VED kritiklik analizi, malzemeleri hayati (V-vital), önemli (E-essential) ve arzu edilen (D-desirable) kategorilerine sınıflandırmaktadır. Üretim için mutlaka gerekli olan ve her zaman mevcut olması gereken malzemeler V kategorisine, daha düşük kritiklik ihtiyacı olan malzemeler ve bulunabilecek malzemeler E grubuna, en düşük kritikliğe sahip kalan malzemeler ise kısıtlı üretime zarar vermeyecek olan D grubuna dahil edilmektedir.

ABC-VED analizini elde edebilmek için ABC ve VED analizinin sonuçlarının çaprazlanması ile tablo oluşturulmaktadır. Dokuz farklı alt grup kategorisi hazırlanarak AV, AE, AD, BV ve CV'den oluşan sınıf 1, BE, BD ve CE'den oluşan sınıf 2, ve CD'den oluşan sınıf 3 oluşturulmaktadır (Singh vd., 2015).

### **Bulanık DEMATEL**

DEMATEL yöntemi, ilk olarak 1973 yılında Cenevre Araştırma Merkezi aracılığıyla Battelle Memorial Enstitüsü tarafından karmaşık kriterler arasındaki etki ilişkisini analiz etmek ve yapısal bir model oluşturmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Neden-sonuç faktörleri

arasındaki ilişkiyi sistemin anlaşılır bir yapısal modeline dönüştürebilir (Chang vd., 2011).

Bulanık DEMATEL yönteminde sonuçlar, DEMATEL yönteminin bulanık küme teorisi ile birleştirilerek bulanık sayılara göre değerlendirilmesiyle elde edilmektedir. Yöntemin uygulama adımları sırasıyla;

**Adım 1:** Kriterlerin belirlenmesi ve değerlendirmenin yapılabilmesi için kriterlere bağlı olarak ilişkileri tespit etmek amacıyla bulanık dilsel değerlendirme ölçeği oluşturulması.

*Tablo 1. Bulanık dilsel değerlendirme ölçeği*

<b>Dilsel İfadeler</b>	<b>Bulanık Karşılıklar</b>
Çok az etkili	(0; 0; 0,25)
Az etkili	(0; 0,25; 0,5)
Normal etkili	(0,25; 0,5; 0,75)
Fazla etkili	(0,5; 0,75; 1)
<b>Çok fazla etkili</b>	<b>(0,75; 1; 1)</b>

**Adım 2:** Bulanık direkt ilişki matrisinin elde edilmesi. Burada i. kriterin j. kriter üzerindeki etki düzeyini gösteren p uzmanına ait  $\widetilde{z}_{ij}^p = (l_{ij}^p, m_{ij}^p, u_{ij}^p)$  ilişki matrisi oluşturulur.

$$\widetilde{z}^p = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \widetilde{z}_{1n}^p \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{z}_{n1}^p & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad p=1,2, \dots, k; \quad i=1,2, \dots, n \quad (1)$$

**Adım 3:** Normalize edilmiş bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması.

$$\widetilde{X}^p = [\widetilde{x}_{ij}^p]_{n \times n} \quad (2)$$

$$\widetilde{X}^p = \widetilde{z}^p / r^p; \quad r^p = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n u_{ij}^k$$

Karar vericilere göre oluşturulan normalize edilmiş ilişki matrisi ortalama alınarak hesaplanmaktadır.

**Adım 4:** Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması.

$$\tilde{T} = \lim_{k \rightarrow \infty} (\tilde{x}^1 + \dots + \tilde{x}^p) = \tilde{x}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (3)$$

$\tilde{T}$  = Toplam bulanık direkt ilişki matrisi;  $I$  = Birim matris

**Adım 5:** Neden sonuç ilişkilerinin belirlenmesi. Satır toplamları ile  $\tilde{D}_i$ , sütun toplamları ile  $\tilde{R}_i$  değerleri hesaplanmaktadır.

$$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} = 1/4(x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (4)$$

$$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} = 1/4(x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (5)$$

**Adım 6:** Ağırlıkların hesaplanması.

$$w_i = \{(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})^2 + (\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def})^2\}^{1/2} \quad (6)$$

## KİMYA SEKTÖRÜNDE STOK YÖNETİMİ UYGULAMASI

Çalışmanın amacı kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede malzemeleri daha verimli bir şekilde kontrol etmek için stok sınıflandırması gerçekleştirmektir. Çalışmada öncelikle klasik ABC-VED matris analizi yöntemiyle malzemelerin fiyat, talep, kritiklik kriterlerine göre sınıflandırılması sağlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında değerlendirme kriterlerine tedarik süresi, raf ömrü, ikame olanakları, ödeme vadesi ve stok bulundurma maliyeti de eklenerek sınıflandırmanın çok kriterli yapıda gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık DEMATEL yönteminden faydalanılmıştır. Kriter ağırlıklarının elde edilmesi sonrasında çok kriterli ABC-VED analizi gerçekleştirilmiştir. Klasik ABC-VED analizi ile çok kriterli ABC-VED analizi sonuçları kıyaslanarak yorumlanmıştır. Araştırmaya konu olan firma, stok sınıflandırmasını fiyat ve talebe bağlı klasik ABC analizi ile gerçekleştirdiğinden, çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar sayesinde daha etkin bir stok yönetim politikası önerilmiştir.

### **Klasik ABC-VED Analizi**

Sınıflandırmada kullanılacak veriler, son beş yılda en çok hareket gören malzemelerinin ortalamaları dikkate alınarak Tablo 2'deki gibi elde edilmiştir. Birim fiyat (BF), talep (T), tedarik süresi (TS), raf ömrü

(RO), ödeme vadesi (OV) ve stok bulundurma maliyeti (SM) son beŖ yılın verilerinin ortalama değerlerini göstermektedir. İkame olanakları (IO) ikamesi olması ve olmaması durumuna göre 0 ve 1 değerlerini almıŖtır. Raf ömrü kriteri de yıllara göre deęiŖkenlik göstermeyip, her bir malzeme için sabit bir değerdir.

ABC analizi sonucunda A grubunun toplam malzeme miktarı içindeki oranı %10 ve yıllık tüketim değeri içindeki oranı %87,82 olarak hesaplanmıŖtır. B ve C grubunun ise sırasıyla; miktar oranı %25, %65 ve yıllık tüketim değeri içindeki oranı %7,33, %4,85 olarak elde edilmiŖtir (Tablo 3).

*Tablo 2. Malzemelerin her bir kriter açısından değerleri*

<b>M</b>	<b>BF</b>	<b>T</b>	<b>TS</b>	<b>RO</b>	<b>IO</b>	<b>OV</b>	<b>SM</b>
1	23,09	13.786.067	100	10,00	1	10	9
2	12,59	14.950	5	0,25	0	2	2
3	14,63	56.357	7	1,00	0	1	1
4	0,35	3.691.181	90	8,33	1	9	8
5	4,59	106.218	5	0,50	0	1	2
6	8,61	5.919.409	95	9,09	0	9	9
7	6,04	250.000	7	0,50	0	1	1
8	10,03	355.000	5	0,10	1	1	1
9	8,61	192.922	20	0,25	0	5	3
10	10,87	100.112	6	0,10	0	2	1
11	4,27	10.597	5	0,2	0	1	1
12	8,13	86.650	7	0,50	0	1	1
13	5,51	458.500	7	1,00	0	1	1
14	35,21	34.295	90	10	0	10	9
15	39,66	153.089	100	6,67	0	10	9
16	15,04	953.150	5	1	0	3	2
17	3,66	214.104	5	1	0	1	1
18	3,84	245.889	5	0,20	0	1	1
19	10,31	22.150	14	1,00	0	2	3
20	23,72	128.371	85	9,00	0	10	9
21	17,88	2.142.600	85	10,00	1	10	9
22	7,32	61.138	5	0,50	0	1	1
23	12,83	10.267	10	0,50	0	2	2
24	30,00	10.000	85	8,00	1	8	9
25	4,29	179.820	7	0,20	0	1	1
26	8,04	871.200	5	0,25	0	1,5	1
27	6,55	148.067	7	1,00	0	1	1
28	35,01	12.199	4	1,33	0	2	2
29	4,52	309.850	3	0,20	0	1	1
30	5,16	114.716	5	0,25	0	1	1

(M: Malzeme Numarası)

Tablo 2. (devam)

M	BF	T	TS	RO	IO	OV	SM
31	9,64	160.515	5	1,00	0	1	1
32	8,08	3.621	60	5,00	1	3	2
33	6,44	54.205	8	0,20	0	2	2
34	12,05	26.253	10	0,50	0	3	2
35	35,47	10.092	30	6,00	1	7	8
36	16,38	28.107	14	1,00	0	3	7
37	5,46	36.000	7	1,00	0	1	1
38	25,41	20.946	80	9,09	1	9	9
39	40,50	5.161	90	8,33	1	10	9
40	1,50	75	5	0,50	1	1	2

(M: Malzeme Numarası)

Tablo 3. ABC analizi sonuçları

Gruplar	Malzeme Miktarı %	Malzeme Miktarı	Yıllık Tüketim Değeri %	Yıllık Tüketim Değeri TL
A	10,00	4	87,82	407552742,946
B	25,00	10	7,33	34014736,063
C	65,00	26	4,85	22510641,817
Toplam	100,00	40	100,00	464078120,826

1 üst düzey yönetici, 2 üretim mühendisi, 2 depo sorumlusu, 2 satınalma mühendisi ve 1 satınalma birimi yöneticisinden oluşan uzman ekibi görüşleri ile her bir malzeme kritiklik açısından değerlendirilmiştir. VED analizi sınıflandırma sonuçları Tablo 4'te gösterildiği gibidir.

Tablo 4. VED analizi sonuçları

Gruplar	Malzeme Miktarı %	Malzeme Miktarı	Yıllık Tüketim Değeri %	Yıllık Tüketim Değeri TL
V	20,00	8	80,74	374714641,376
E	32,50	13	3,40	15780178,107
D	47,50	19	15,86	73583301,343
Toplam	100,00	40	100,00	464078120,826

Görüldüğü gibi 40 çeşit malzemenin 8'i V, 13'ü E ve 19'u da D grubunda yer almaktadır. ABC-VED analizinde ise Tablo 3 ve Tablo 4 ile elde edilen A, B, C ile V, E, D gruplarının birlikte ele alınması ile yeni gruplar oluşturulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. ABC-VED analizi kategorik gösterim

K	Gruplar	Malzeme Miktarı %	Malzeme Miktarı	Yıllık Tüketim Değeri %	Yıllık Tüketim Değeri TL
I	AV+AE+AD +BV+CV	25,00	10	89,00	413034260,387
II	BE+BD+CE	47,50	19	8,77	40679014,539
II I	CD	27,50	11	2,23	10364845,900
T		100,00	40	100,00	464078120,826

(K: Kategori, T: Toplam)

ABC-VED analizi tablosuna göre I. kategoride toplamda 10 adet, II. kategoride 19, III. kategoride 11 adet malzeme bulunmaktadır.

### **Bulanık DEMATEL ile Kriter Ağırlıklandırma**

Kriterlerinin Bulanık DEMATEL ile ağırlıklandırılmasında 8 kişilik uzman değerlendiricinin görüşlerine başvurulmuştur. Kriterler, çok fazla ile çok az arasında değişen 5'li karşılaştırma ölçeği kullanılarak değerlendirilmiş ve uzlaşık değerlere dönüştürülmüştür. Tablo 6, sözel ifadelerle dayalı uzlaşık ikili kriter karşılaştırmalarını vermektedir.

Tablo 6. Sözel ifadelerle kriter karşılaştırması

KN	BF	T	TS	RO	IO	OV	SM
BF	0	çok fazla	çok az	çok az	çok fazla	çok az	çok fazla
T	fazla	0	az	çok az	normal	fazla	az
TS	normal	çok fazla	0	az	az	fazla	çok fazla
RO	normal	çok fazla	az	0	az	çok az	çok fazla
IO	fazla	çok fazla	fazla	çok az	0	normal	fazla
OV	çok fazla	çok fazla	az	çok az	çok az	0	fazla
SM	fazla	çok fazla	az	normal	fazla	çok az	0

(KN: Kriter Numarası)

Bulanık sözel ifadeler, üçgensel bulanık sayı değerlerine dönüştürülerek Tablo 7'deki direkt ilişki matrisi elde edilmiştir.

Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımları dikkate alınarak ve her bir adımdaki eşitlikler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve nihai olarak  $w_i$  ağırlık değerlerinin hesaplanması sağlanmıştır. Hesaplanan tüm değerler Tablo 8'de gösterildiği gibi elde edilmiştir.



Tablo 7. Direkt ilişki matrisi

KN	BF			T			TS			RO			IO			OV			SM		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
BF	0	0	0	0,75	1	1	0	0	0,25	0	0	0,25	0,75	1	1	0	0	0,25	0,75	1	1
T	0,50	0,75	1	0	0	0	0	0,25	0,50	0	0	0,25	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1	0	0,25	0,50
TS	0,25	0,50	0,75	0,75	1	1	0	0	0	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1	0,75	1	1
RO	0,25	0,50	0,75	0,75	1	1	0	0,25	0,50	0	0	0	0	0,25	0,50	0	0	0,25	0,75	1	1
IO	0,50	0,75	1	0,75	1	1	0,50	0,75	1,00	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1
OV	0,75	1	1	0,75	1	1	0	0,25	0,50	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0,50	0,75	1
SM	0,50	0,75	1	0,75	1	1	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1	0	0	0,25	0	0	0

Tablo 8. Toplam etki değerlendirme ve kriter ağırlıkları

Kriterler	D+R	D-R	$[(D+R)^2+(D-R)^2]^{1/2}$	wi
Birim Fiyat	0,342	-0,066	0,348	0,164
Talep	0,403	-0,214	0,456	0,214
Tedarik Süresi	0,202	0,146	0,249	0,117
Raf Ömrü	0,156	0,102	0,186	0,088
İkame Olanakları	0,290	0,058	0,296	0,139
Ödeme Vadesi	0,218	0,052	0,225	0,106
Stok Bulundurma Maliyeti	0,360	-0,078	0,368	0,173

Hesaplanan değerler incelendiğinde; en yüksek ağırlık değerinin 0,214 ile Talep kriterine ait olduğu, Stok Bulundurma Maliyeti kriterinin 0,173 değeri ile 2. sırada en önemli kriter olarak belirlendiği ve 0,164 değeri ile Birim Fiyat kriterinin 3. sırada yer aldığı görülmüştür.

### **Bulanık DEMATEL ile Çok Kriterli ABC-VED Analizi**

Sınıflandırmasına tabi tutulan her malzemenin tüm kriterler açısından sahip oldukları değerler DEMATEL'den elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak toplanmış, tek bir ağırlık değeri hesaplanmıştır. Tablo 9, çok kriterli ABC analizi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 9. Çok kriterli ABC analizi

Gruplar	Malzeme Miktarı %	Malzeme Adedi	Çok Kriterli Önem Değeri %	Çok Kriterli Önem Değeri
A	37,50	15	80,04	0,8004
B	42,50	17	15,78	0,1578
C	20,00	8	4,18	0,0418
Toplam	100,00	40	100,00	1,0000

Uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen V, E ve D sınıflandırması çok kriterli önem değerlerine göre tekrar değerlendirilmiş ve Tablo 10'daki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 10. Çok kriterli VED analizi

Gruplar	Malzeme Miktarı %	Malzeme Adedi	Çok Kriterli Önem Değeri %	Çok Kriterli Önem Değeri
V	20,00	8	35,62	0,3562
E	32,50	13	27,36	0,2736
D	47,50	19	37,02	0,3702
Toplam	100,00	40	100,00	1,0000

Çok kriterli ABC-VED analizinde ise Tablo 9 ve Tablo 10 ile elde edilen sonuçların bir araya getirilmesi sağlanmıştır. Bu grupların birlikte ele alınması ile yeni gruplar oluşturulmuştur. Böylelikle Tablo 11'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 11. Çok kriterli ABC-VED analizi

K	Gruplar	Malzeme Adedi %	Malzeme Adedi	Çok Kriterli Önem Değeri %	Çok Kriterli Önem Değeri
I	AV+AE+AD +BV+CV	47,50	19	82,96	0,8296
II	BE+BD+CE	45,00	18	15,58	0,1558
III	CD	7,50	3	1,46	0,0146
T		100,00	40	100,00	1,0000

Klasik ABC-VED analizi ile çok kriterli ABC-VED analizi sonuçlarının bir arada gösterimi Tablo 12'deki gibidir.

Tablo 12. ABC-VED ile çok kriterli ABC-VED analizi kıyaslaması

K	Gruplar	ABC-VED		Çok Kriterli ABC-VED	
		Malzeme Miktarı %	Malzeme Miktarı	Malzeme %	Malzeme Miktarı
I	AV+AE+AD +BV+CV	25,00	10	47,50	19
II	BE+BD+CE	47,50	19	45,00	18
III	CD	27,50	11	7,50	3
Toplam		100,00	40	100,00	40

## SONUÇ

Organizasyonların birçoğu için, çok çeşitli ve miktarda da fazla olan envanteri yönetmek oldukça ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Envanter kalemlerinin sınıflandırılması bu sorunu çözmek için atılan ilk temel adım olarak görülmektedir. Bununla birlikte malzeme kalemlerinin doğru bir sınıflandırmaya tabi tutulamaması envanter yönetimini

olumsuz şekilde etkilemekte, depo alanlarının verimsiz kullanılmasına, malzeme birim maliyetleri ile stokta bulundurma maliyetlerinin arttırmasına yol açmaktadır.

ABC analizi, stok kalemlerinin sınıflandırılmasında yaygın şekilde kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir. Bununla birlikte VED analizi de malzemelerin kritiklik düzeylerine göre sınıflandırılmasını sağlayarak stok yönetimine katkı sağlayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde klasik ABC-VED matris yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş pek çok çalışmaya rastlanılmaktadır. İşletmelerin klasik ABC-VED matris yönteminde sadece birim fiyat ve talep kriterleri doğrultusunda analiz yapmaları gerçek işletme koşulları dikkate alındığında her zaman yeterli olmayabilir.

Yapılan bu çalışma ile klasik ABC-VED matris yönteminin ele aldığı talep ve birim fiyat kriterlerinin yanı sıra tedarik süresi, raf ömrü, ikame olanakları, ödeme vadesi ve stok bulundurma maliyetinin de dikkate alınması sağlanmıştır. Böylelikle, hem klasik ABC-VED hem de bulanık DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandırılmış çok kriterli ABC-VED matris yöntemi ile stok sınıflandırması gerçekleştirilmiştir.

Her iki yöntemin sınıflandırma üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. İki yöntemin kıyaslandığı Tablo 12 incelendiğinde, stok sınıflarında malzeme miktarları açısından farklılıklar oluştuğu görülmektedir. Çalışma kapsamında sınıflandırılan 40 kalem malzeme, son 5 yılda en çok hareket gören malzemelerden seçildiğinden birçoğunun işletme açısından I. kategoride olması beklenmektedir. Klasik ABC-VED analizinde sadece talep ve birim fiyat dikkate alındığında bu iki kriterin sınıflandırma için yeterince açıklayıcı olmadığı, diğer kriterlerin etkisinin de sonuca yansıtılmasının gerekli olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen iki çözüm kıyaslandığında birinci kategoride yer alan malzemelerin toplam malzeme miktarı içindeki oranının klasik ABC-VED analizinde %25 iken bulanık DEMATEL ile gerçekleştirilen ABC-VED analizinde %47,50 olduğu görülmüştür. Ayrıca II. Kategoride belirgin bir değişim gözlenmemişken III. kategoride yer alan malzemelerin toplam malzeme miktarı içindeki oranı klasik ABC-VED analizinde %27,50, bulanık DEMATEL esaslı ABC-VED

analizinde ise %7,50 olarak hesaplanmıŖtır. Elde edilen sonuçlar uzman görüŖleri ile de desteklenmiŖtir.

Sonuç olarak klasik ABC-VED analizi ile kıyaslandığında, bulanık DEMATEL ile gerçekteŖtirilen ABC-VED analizinde daha fazla malzemenin kontrol edilmesinin gerekliliği gözler önüne serilmiŖtir. ÇalıŖmanın sonraki aŖamasında gerçekteŖtirilen analizin tüm stok kalemlerini içerecek Ŗekilde geniŖletilmesi hedeflenmektedir. Literatür araŖtırması sonuçları dikkate alındığında mevcut çalıŖmaların ABC-VED matris yöntemi ile çok kriterli yaklaŖımları stok kalemlerini sınıflandırma performansı açısından kıyasladığı görülmüŖtür. Bu çalıŖmanın özgün tarafı ise çok kriterli bir karar verme yöntemi ile ABC-VED analizinin birlikte kullanılmıŖ olması ve klasik ABC-VED analizi sonuçları ile kıyaslanmasıdır. Bu yönüyle bu alanda çalıŖacak olan araŖtırmacılara yeni bir bakıŖ açısı kazandıracığı düŖünülmektedir.

## KAYNAKÇA

Beğik, M., Hamurcu, M. ve Tamer, E. (2017). Stok Kontrolde ABC Analizi Ve Analitik Ağ Süreci Yönteminin Isı Cihazları Firmasında Uygulanması. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 197-216.

Böker, Z. ve Çetin, O. (2020). Sağlık Sektöründe ABC-VED AHP ve TOPSİS Yöntemleri Kullanılarak Çok Kriterli Stok Sınıflandırması. *Öneri Dergisi*, 15(53), 178-208.

Chang, B., Chang, C.W. ve Wu, C.H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.

Dağsuyu, C. (2018). Bulanık ABC-VED Analizi ile Metal Sektöründe Stok Sınıflandırması. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(3), 211-220.

Edefo, W.J., Usifoh, S.F., Udezi, A.W. ve Ediae, I.C. (2020). Inventory analysis in a tertiary hospital in Benin City, Nigeria. *Journal of Science and Practice of Pharmacy*, 6 (1), 303-308.

Flores, B.E. ve Whybark, D.C. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*, 7(1-2), 79-85.

Gupta, R.K.G.R., Gupta, K.K., Jain, B.R. ve Garg, R.K. (2007). ABC and VED analysis in medical stores inventory control. *Medical Journal Armed Forces India*, 63(4), 325-327.

Hazrati, E., Paknejad, B., Azarashk, A. ve Taheri, M. (2018). ABC and VED analysis of Imam Reza educational hospital pharmacy. *Annals of Military and Health Sciences Research*, 16(3): e86183.

Hussain, M., Siddharth, V. ve Arya, S. (2019). ABC, VED and lead time analysis in the surgical store of a public sector tertiary care hospital in Delhi. *Indian journal of public health*, 63(3), 194.

Imarah, T.S. ve Jaelani, R. (2020). ABC Analysis, Forecasting and Economic Order Quantity (EOQ) Implementation to Improve Smooth Operation Process. *Dinasti International Journal of Education Management and Social Science*, 1(3), 319-325.

Koçyiğit, S.Ç. ve Çulha, E.D. (2020). Hastanelerde Stok Kontrol Faaliyetlerinin ABC ve VED Analizleriyle Değerlendirilmesi: Bir Özel Hastane Örneği. *Muhasebe Ve Denetime Bakış*, 20(60), 37-56.

Lestari, F., Azwar, B. ve Fithri, P. (2019). Combining ABC and VED analysis for managing medicine inventory (case study at community development elderly in Indonesia). *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 9(3), 952-959.

Praveen, DP ve Suresh N. (2019). Analysis of Materials Management in Real Estate Industry. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(8), 241-255.

Sakthivelmurugan, E., Senthilkumar, G., Tajdeen, A., and Manojkumar, S. (2021). Application of lean six sigma in reducing the material consumption at wards in a selected healthcare unit. *Materials Today: Proceedings*.

Singh, S., Gupta, A. K. ve Devnani, M. (2015). ABC and VED analysis of the pharmacy store of a tertiary care, Academic Institute of the Northern India to identify the categories of drugs needing strict management control. *Journal of young pharmacists*, 7(2), 76.

# **Blok Zinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Sistemine Entegrasyonunda Karşılaşılan Zorlukların AHP ile Değerlendirilmesi**

**Ebru Diler**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0001-7510-9965)**

**Derya Eren Akyol**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0003-2712-5498)**

## GİRİŞ

21. yüzyılda teknolojik gelişmelerin yaşanmasıyla birlikte, müşterilerin beklentileri de artmıştır. Değişen müşteri beklentilerine karşılık verebilmek için çeşitli arayışlar başlamıştır. Örneğin IoT (Internet of Things=Nesnelerin İnterneti), yapay zekâ, yapay sinir ağları, makine öğrenimi ve Blok Zinciri gibi yeni teknolojilerin araştırılması dünyada hız kazanmıştır. Bu yeni teknolojilerin etkilediği alanlardan biri de tedarik zinciri ve lojistikdir.

Blok Zinciri kelimesi, Satoshi Nakamoto'nun 2008 yılında yayınlanan orijinal Bitcoin makalesinde geçmektedir. Blok Zinciri bu makalede bir kelime olarak belirtilmese de, kripto paranın altında yatan bir teknoloji bileşeni, kriptografik olarak zincirlenmiş bir dizi veri bloğu olarak tanımlanmaktadır (Nakamoto, 2008).

Şirketlerin doğru yöntemlerle büyümesinin, kar oranının artmasının ve maliyetin en aza indirgenmesinin sağlanabilmesi için tedarik zincirinin doğru olarak yönetilmesi oldukça kritiktir. Tedarik zinciri ve lojistik, ürünün ham maddelerinin alımından son kullanıcılara dağıtılmasını kapsayan büyük bir ağa sahiptir. Bu ağdaki akış boyunca üretim, depolama, teslimat gibi birçok faaliyet gerçekleşmektedir (Ellram, 1991). Ayrıca, hammaddelerin farklı konulardan temin edilmesi, tedarik edilen konumların çeşitliliği, ürünlerin farklı coğrafyalardan geçişi, her devletin gümrük uygulamalarının farklı olması nedeniyle tedarik zinciri süreçleri daha karmaşık hale gelmektedir. Bu faaliyetlerin izlenebilirliği ve herhangi bir bilgi akışı kaybı olmaksızın gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Bir tedarik zincirini yönetirken karşılaşılan en yaygın sorunlar; yetersiz ekipman ve tahsis nedeniyle bilgiye erişimin sınırlı olması, izlenebilirliğin düşük olmasıdır. Sonuç olarak gerekli düzeltici müdahaleler yeterince yapılamamaktadır (Tian, 2016). Bu karmaşıklıkta oluşabilecek kayıpları minimize edebilmek, yönetim faaliyetlerini iyileştirmek, müşteri memnuniyetini artırabilmek amacıyla Blok Zinciri teknolojisinin tanıtılması ve geliştirmesi büyük ilgi görmektedir (Korpela vd., 2017). Blok Zinciri teknolojisi, tedarik zincirindeki bu tür birçok soruna çözüm vaat etmektedir. (Akben ve Çınar, 2018).

## LİTERATÜR TARAMASI

Gıda sektöründeki tedarik zincirinde, halkın sağlığı ve ürünlerin güvenliği önemli olduğu için, ham maddenin kaynaktan alınıp tüketim noktasına erişene kadar takip edilebilen güvenilebilir kayıtlara sahip olmak oldukça önemlidir. Bu nedenle Walmart şirketi, tüketiciye ulaştırdığı her bir et ürününün, nereden geldiğini, nerede işlendiğini, hangi koşullarda nerede depolandığına dair kayıtları, Blok Zinciri tabanlı bir sistem üzerinden tüketicilerine sunmaktadır (Marr, 2018 ).

Provenance şirketi, Endonezya’da balıkçılık endüstrisinde bir proje yürütmüştür. Balıkların denizden tutulmasından, tüketiciye ulaşana kadar izlediği ağı, Blok Zinciri tabanlı bir proje sayesinde şeffaf bir şekilde aktarmıştır. Normalde deniz ürünleri ticareti çok büyük bir balıkçılık ağından oluşur ve kalite kontrolü çok zor olan bir sektördür. Sektörde güvenilir bir denetim yoktur. Bu proje uygulamasının amacı, endüstrideki yasa dışı, aşırı, deniz ve çevreye zararlı balıkçılık ihlallerinin durdurulmasına yardımcı olmaktır. Böylelikle tüketiciler hem yedikleri gıdanın kaynağı hakkında şeffaf güvenilir bilgiye sahip olurlar hem de söz konusu yasadışı balıkçılık konusunda önlem almaya daha duyarlı hale gelirler (Kshetri, 2018)

Blok Zinciri teknolojisinin kullanımının şeffaflığı, takibi ve kontrolü kolaylaştırması ve dolayısıyla gıda ürünlerinin güvenilirliğini, yasa dışı ve aşırı balıkçılığın önlenmesi ve çevresel zararın önlenmesi amaçlanmaktadır. Tian (2016) ayrıca gıda endüstrisinde Blok Zinciri teknolojisini kullanan RFID tabanlı bir sistem önermiştir.

MHP Bilton madencilik firmasının uygulaması, ürün izleme aşamasında dikkat çeken uygulamalardan biridir. Bu şirket, hammaddelerin kaynağını öğrenmek için bir uygulama geliştirmiştir. Bu uygulamadan önerilen sistemde, hammaddeler e-posta ve kağıtlarla takip edilirken bunun yerini Blok Zinciri tabanlı bir sistem almıştır. Diğer bir uygulama ise bir şarap firması tarafından yapılmaktadır. Bu firma tüm süreci adım adım takip etmek için blok zinciri uygulamaya başlamıştır. Buradaki temel amaç, şarapta sahte üretimi önlemektir. Diğer şirket, Avustralya’da CBH grubu adı verilen bir tahıl ihracat şirkettir. CBH, ihraç edilen yulafın başlangıçta Avustralya’da olduğunu kanıtlayarak onu Asya’da rekabet eden diğer şirketlerle değiştirmeyi amaçlamaktadır (Petersen vd., 2018).



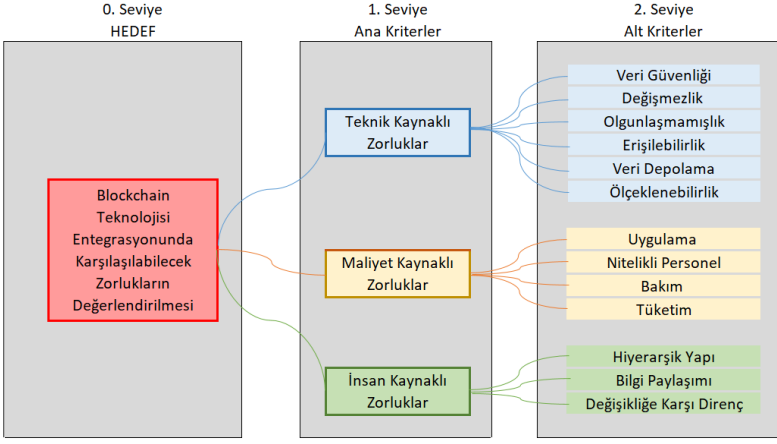
Maersk, dünyanın en büyük gemi konteyner taşıyıcısı şirketlerinden biridir ve her zaman gemi filolarını ve konteynerleri izlemek ve takip etmek için çözümler aramıştır. Maersk için en büyük sorun, her konteyner için gerekli düzinelerce belgenin hazırlanması, bir noktadan diğerine güvenilir transfer, nakliye sırasında her noktada teyit, belge kayıtlarının güvenli bir şekilde saklanması ve yüksek maliyetli zaman kaybıdır. IBM ve Maersk'in birlikte geliştirdiği Blok Zinciri uygulaması, tüm bu sorunlara çözüm olarak sunulmuştur (Carson, 2018).

## **METODOLOJİ VE UYGULAMA**

İnternetin icadıyla birlikte meydana gelen teknolojik devrim, bundan yaklaşık 20 yıl öncesine kadar öngörülemezdi. Günümüzde ise aynı teknolojik devrimin Blok Zinciri sayesinde yaşanabileceği söylenmektedir. Ancak bu teknolojinin tedarik zinciri sürecinin ne kadar etkileyebileceği ve ne kadar geliştirebileceği bilinmemektedir. Bu çalışma, bir işletmenin tedarik zinciri sürecine Blok Zinciri teknolojisini entegre etmek istediklerinde, aşmaları gereken zorlukları belirleyerek ve bu zorlukların önem derecesini analiz ederek, işletmelerin alacakları kararlara ışık tutmayı hedeflemektedir. Blok Zinciri teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerine sağlayacağı katkılardan literatür taraması bölümünde bahsedilmiştir. Bu faydaların yanı sıra, Blok Zinciri teknolojisini entegre etme aşamasında karşılaşılabilecek zorluklar için derinlemesine bir araştırma gerekmektedir ve işletmeler bu zorlukları dikkate alarak geçiş yapmayı amaçlamalıdır. Bu zorluklar belirlenirken, önceki akademik çalışmalar ve Blok Zinciri mühendisleriyle yapılan görüşmeler dikkate alınmıştır. Tanımlanan zorluklar, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP kullanılarak, ana ve alt kriterler olarak kategorize edilerek Şekil 1'de gösterilmiştir.

### ***Teknik Kaynaklı Zorluklar***

Blok Zinciri teknolojisinin teknik özelliklerinden dolayı, tedarik zinciri sistemine entegre olurken karşılaşılabilecek bazı zorluklar bulunmaktadır. Literatürde yer alan Blok Zinciri üzerine yapılmış araştırmalardan ve Blok Zinciri alanında çalışan uzmanların görüşlerinden yararlanılarak, teknik kaynaklı zorluklar altı ayrı alt kriter olarak incelenmiştir (Francisco ve Swanson, 2018).



Şekil 1. AHP hiyerarşik yapı

### Veri Güvenliği

Blok Zinciri sistemine eklenen katılımcı sayısı arttıkça, önceden doğrulanmış blokları değiştirmek daha zor hale gelmektedir. Bunun temel nedeni tüm blokların kriptografik kanıtlarla bağlantılı olmasıdır. Aynı nedenle, bir bloğun sahip olduğu doğrulama sayısı ne kadar fazlaysa, o blok için işlemleri değiştirmek veya tersine çevirmek o kadar maliyetli olur. Bu nedenle, başarılı bir saldırı, yalnızca kısa bir süre için yeni eklenen birkaç bloğun işlemlerini değiştirebilir. Ancak gelişen teknoloji ile kuantum bilgisayarlar bu sisteme bile siber saldırı düzenlenebilir ve verilerin güvenliği tehlikeye girebilir (Sayeed vd. 2019).

### Değişmezlik

Değişmezlik, yalnızca Blok Zinciri güvenliğini sağlayan bir faktör değil, aynı zamanda sistem içinde ortaya çıkan hataların düzeltilmemesine neden olan bir zorluktur. Blok Zinciri sistemine göre bir saldırı veya sahtekarlık sonucunu değiştirmek neredeyse imkansızdır (Sayeed vd. 2019).

### Olgunlaşmamışlık

Geleneksel veritabanları 1960 yılından beri kullanılmaktadır. Blok Zinciri teknolojisi, son 10 yıldır adından söz ettiren yeni bir teknolojidir. Hala bazı hükümet politikalarından dolayı itibar sorunları vardır. Bu nedenle birçok işletme tarafından hala olgunlaşmamış

teknoloji olarak anılmaktadır. Bu nedenle teknolojiyi deneyimleyen kişi sayısı azdır (Yli-Huumo vd., 2016).

### **Erişilebilirlik**

Bir Blok Zinciri sistemindeki tüm katılımcılar, ihtiyaç duydukları anda tüm tedarik zincirindeki bilgilere erişebilmelidir (Gorane ve Kant, 2015). Ancak sistem genişledikçe her katılımcının gerçek zamanlı bilgi edinmesi daha da zorlaşmaktadır.

### **Veri Depolama**

Halka açık Blok Zincirlerde gözlemlenen zorluklardan biri veri depolamadır. Katılımcılar sisteme eklendikçe ve yapılan işlemler arttıkça veri hacmi genişler. Hacmi genişleyen verilerin işlenmesi ve depolanması daha zor hale gelir. Halka açık blok zincirinde, böylesine büyük bir sistemin varlığı, gerekli işlem sürelerini de artırır (Gorane ve Kant, 2015). Dolaylı olarak, verilerin katılımcıya ulaştırılması ve işlenmesinde gecikmeler yaşanacaktır.

### **Ölçeklenebilirlik**

Halka açık Blok Zincirlerinin kullanımını sınırlayan bir diğer zorluk da ölçeklenebilirliğidir. Örneğin, bitcoin Blok Zinciri her 10 dakikada bir blok başına 1 MB büyümektedir ve şu anda 241 GB boyutundadır. İşlemleri doğrulamak için tüm Blok Zincirin indirilmesi gerekir ki bu uzun vadede büyük bir sorun olacaktır. Örneğin, bir kredi kartı türü olan VISA saniyede 7000 işlem gerçekleştirebilirken, Blok Zinciri yalnızca 7 işlem gerçekleştirebilir. Tedarik zincirlerinde, yüksek hacim ve yüksek hız gerektiren işlemler olacağı için Blok Zinciri sistemine geçişi engelleyebilecek sebeplerinden biridir. Bununla birlikte, Blok Zinciri türlerine bağlı olarak daha az depolama alanı gerekebilir (Yli-Huumo vd, 2016).

### **Maliyet Kaynaklı Zorluklar**

Blok Zinciri teknolojisi, ileri vadede maliyetleri düşürmesi ve karı artırması öngörülen bir teknoloji olsa da, bu teknolojiyi uygulamak için katlanılması gereken maliyetler var. Bu bölümde aşılması gereken engellerden biri olan maliyete dayalı zorluklar tartışılmıştır.

### **Uygulama Maliyeti**

Blok Zinciri teknolojisinin ilk yatırım maliyetleri çok yüksektir. Kurulum aşamasında deneyim olmadığı için deneme yanılma yoluyla

zaman kaybı yaŖanacaktır. Bu nedenle uygulama maliyetleri artacaktır (Baud-Lavigne vd., 2014).

### ***Nitelikli İşgücü Maliyeti***

Blok Zinciri teknolojisinin entegrasyonunda karşılaşılabilecek zorluklardan biri nitelikli iş gücünün olmamasıdır. Teknoloji yeni olduğu ve anlaşılması kolay olmadığı için yeterince uzmanlaŖmış bir iş gücü yok. Ayrıca alan bilgisi de önemlidir. Hem tedarik zinciri hem de Blok Zinciri teknolojisinde yetkin personele ulaşmak son derece zordur (Mougayar, 2016).

### ***Bakım Maliyeti***

Blok Zinciri teknolojisi de diğer yazılım teknolojileri gibi bakım gerektirir. Bunun nedeni, her geçen gün dünyaya yeni platformlar geldikçe, mevcut uygulamayı iyileŖtirmek için yeni platformlara geçiş ihtiyacı olabilmesidir. Bu platformları deđiŖtirme durumu, blok zincirinin esnekliğine, gizliliğine ve ölçeklenebilirliğine bağlı olarak deđiŖebilir (Baud-Lavigne vd., 2014).

### ***Tüketim Maliyeti***

Diğer bir zorluk ise, Blok Zinciri teknolojisinin kullanımı arttıkça, tüketim maliyetinin de artmasıdır. Blok Zinciri sistemine dahil olan paydaŖlar arttıkça ve sisteme yeni işlemler eklendikçe, sistem tarafından tüketilen enerji ve tüketilen depolama alanı artacaktır (Gorane ve Kant, 2015).

### ***İnsan Kaynaklı Zorluklar***

Blok Zinciri teknolojisi yeni bir teknoloji olmasından dolayı, tedarik zinciri sistemini kullanacak olan paydaŖlar da buna karşı bir direnç gösterecektir. İnsan kaynaklı zorluklar bu çalışmada üç farklı kategoride incelenmiştir.

### ***Değişime Karşı Direnç***

Değişimin oluşturacağı risk yeterince değerlendirilmediğinde, çalışanlar değişime karşı gizli bir direnç oluşturabilirler. Çalışanların bu değişime karşı davranışları, niteliklerine ve kişiliklerine göre değişmektedir (Swan, 2015). Blok Zinciri teknolojisi de geleneksel yöntemleri geride bırakacağı için, bu yenilik bir direnç ile karşılanacaktır.

### ***Hiyerarşik Yapı***

Yeni bir teknolojiye geçiş, organizasyon yapısında değişikliklere neden olabilir. Hiyerarşik yapının daha yüksek seviyelerinde çalışanlar, bu teknoloji hakkında bilgi sahibi olmadıkları için güç kaybedebilirler. Bu nedenle bu teknolojiye direnebilirler (Swan, 2015).

### ***Bilgi Paylaşımı***

Blok Zinciri teknolojisinin en önemli özelliklerinden biri, tüm katılımcılara şeffaflık sağlamasıdır. Tedarik zinciri sistemlerinde ise sistem paydaşlarının bilgi paylaşımını sağlayarak planlama yapmalarına olanak sağlar. Ancak bu bilgi paylaşımını tamamen şeffaf bir şekilde sağlamazlar. Bu nedenle planlama doğru yapılamayabilir. Ancak büyük şirketler rekabet açısından tüm verilerini paylaşmak istemezler. Blok Zinciri teknolojisine entegre olurken kırılması gereken bir direnç, bilgi paylaşmak istemeyen büyük şirketlerin direncidir (Swan, 2015).

### ***Zorlukların AHP Yöntemi ile Analizi***

AHP yönteminin kullanılabilmesi için sahip olunması gereken katılımcı sayısı konusunda Yoon ve Park tarafından ortaya konulan bir araştırmaya göre, belirli bir genel sayı yoktur (Yoon and Park, 2015). Lin ve Huang'ın yaptığı çalışmada ise on veya daha fazla uzman görüşünün değerlendirilmesinin yeterli olacağını ortaya koymuşlardır (Lin ve Huang, 2015). Bu görüşlerden yola çıkarak, bu çalışma için 32 katılımcı sağlanmıştır. Bu katılımcıların yanıtladıkları anketlerin tutarlılık oranları hesaplanarak, analiz için kabul edilmiştir. Uzman katılımcılar özellikle Tedarik Zinciri ve Blok Zinciri alanlarında çalışmış ve sektörde aktif olarak çalışan kişilerden seçilmiştir. Bu uzman kişiler Birleşik Krallık, Rusya ve Türkiye ülkelerinden katılım göstermişlerdir.

AHP, ikili karşılaştırmada öznel yargı ifadelerini sayısal olarak değerlendirilebilmesi için bir ölçek gereklidir. Bu çalışmada Saaty (1996)'nin önerdiği Tablo 1.'de gösterilen ölçek sistemi kullanılmıştır.

Tablo 1. Dokuzlu ölçek sistemi

Önem Dereceleri	Derece Tanımları
1	EŖit Önemde
3	Biraz Daha Önemli
5	Oldukça Önemli
7	Çok Önemli
9	Son Derece Önemli

Bu çalışma için izlenen araştırma modelinin gelişim adımları Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Araştırma modeli gelişimi

Her ana zorluk ve alt zorluklar kendi içerisinde ikili olarak karşılaştırılarak, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu karşılaştırma matrislerinin örneği Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Ana zorlukların ikili karşılaştırma matrisi

	Teknik	Maliyet	İnsan
Teknik	1,000	3,000	5,000
Maliyet	0,333	1,000	0,200
İnsan	0,200	5,000	1,000

Anket değerlendirmelerinin tutarlılık oranları 0,10 değerinin altındaysa ankete kabul edilmiştir. Anketteki bütün katılımcıların değerlendirilmesi tek bir matrise uyarlanabilmesi amacıyla, bütün değerlendirmelerin geometrik ortalaması alınarak tek bir matris haline getirilmiştir. Normalleştirilmiş matris, ikili karşılaştırma matristeki her sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesiyle elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucu elde edilen normalleştirilmiş matrisler aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Teknik Kaynaklı Zorluklar sırasıyla Veri Güvenliği, Değişmezlik, Olgunlaşmamışlık, Erişilebilirlik, Veri Depolama ve Ölçeklenebilirlik olarak 1'den 6'ya kadar indis olarak numaralandırılmış ve normalleştirilmiş matris Tablo 3.'de ( $TZ_{indis}$ ) verilmiştir.

*Tablo 3. Teknik kaynaklı zorlukların normalleştirilmiş matrisi*

	TZ <sub>1</sub>	TZ <sub>2</sub>	TZ <sub>3</sub>	TZ <sub>4</sub>	TZ <sub>5</sub>	TZ <sub>6</sub>
TZ <sub>1</sub>	0,066	0,038	0,042	0,039	0,120	0,083
TZ <sub>2</sub>	0,143	0,082	0,058	0,049	0,102	0,087
TZ <sub>3</sub>	0,219	0,197	0,140	0,082	0,111	0,198
TZ <sub>4</sub>	0,204	0,200	0,204	0,120	0,104	0,084
TZ <sub>5</sub>	0,163	0,240	0,375	0,344	0,298	0,290
TZ <sub>6</sub>	0,205	0,242	0,182	0,367	0,265	0,258

Maliyet Kaynaklı Zorluklar sırasıyla Uygulama Maliyeti, Nitelikli İşgücü Maliyeti, Bakım Maliyeti ve Tüketim Maliyeti olmak üzere 1'den 4'e kadar indis olarak numaralandırılmış ve normalize edilmiş matris Tablo 4'de ( $UZ_{indis}$ ) verilmiştir.

*Tablo 4. Maliyet kaynaklı zorlukların normalleştirilmiş matrisi*

	UZ <sub>1</sub>	UZ <sub>2</sub>	UZ <sub>3</sub>	UZ <sub>4</sub>
UZ <sub>1</sub>	0,120	0,077	0,106	0,231
UZ <sub>2</sub>	0,348	0,224	0,219	0,185
UZ <sub>3</sub>	0,379	0,341	0,334	0,289
UZ <sub>4</sub>	0,153	0,358	0,341	0,295

İnsan Kaynaklı Zorluklar sırasıyla DeęiŖime KarŖı Direnç, HiyerarŖik Yapı ve Bilgi PaylaŖımı olmak üzere 1'den 3'e kadar indis olarak numaralandırılmıŖ ve normalize edilmiŖ matris Tablo 5'de ( $\dot{I}Z_{indis}$ ) verilmiŖtir.

*Tablo 5. İnsan kaynaklı zorlukların normalleŖtirilmiŖ matrisi*

	$\dot{I}Z_1$	$\dot{I}Z_2$	$\dot{I}Z_3$
$\dot{I}Z_1$	0,278	0,227	0,420
$\dot{I}Z_2$	0,568	0,463	0,347
$\dot{I}Z_3$	0,154	0,310	0,232

Ana zorlukların birbiri ile karŖılaŖtırıldıęı matrisin normalize edilmiŖ matrisi Tablo 6'da verilmiŖtir.

*Tablo 6. Ana zorlukların normalleŖtirilmiŖ matrisi*

	Teknik	Maliyet	İnsan
Teknik	0,384	0,289	0,490
Maliyet	0,377	0,285	0,204
İnsan	0,239	0,426	0,306

Hesaplamalar sonucu elde edilen dört normalizasyon matrisinin ardından her bir matrisin satırlarının ortalaması alınarak, her bir zorluk için ağırlıklar hesaplanmıŖtır. Alt zorluklar için hesaplanan bu değerler, her bir alt zorlu için lokal ağırlığını vermektedir. Alt zorlukların lokal ağırlıkları, ait oldukları ana zorlukların ağırlıkları ile çarpılarak global ağırlıklar hesaplanmaktadır. Her zorluk için hesaplanan lokal ve global ağırlıklar Tablo 7'de verilmiŖtir.

Tablo 7'de hesaplanan değerleri yorumlamak gerekirse, global ağırlıklar baz alındığında, en yüksek önem derecesine sahip olan alt zorluk, insan kaynaklı zorluklardan biri olan Bilgi PaylaŖımıdır. Diğer önemli zorluk ise teknik kaynaklı zorluklardan biri olan veri depolamadır. En az önemli olarak görülebilen zorluk ise Teknik kaynaklı zorluklardan biri olan veri güvenliğidir. Daha sonra da yine teknik kaynaklı zorluklardan biri olan deęiŖmezlik gelmektedir.



Tablo 7. Blok zinciri teknolojinin tedarik zincirine entegrasyonunda karşılaşılabilecek zorlukların global ağırlıkları

Ana Kriterler	Ağırlıklar	Alt Kriterler	Lokal Ağırlıklar	Global Ağırlıklar	Sıralama
Teknik Kaynaklı Zorluklar	0,39	Veri Güvenliği	0,06	0,02	13
		Değişmezlik	0,09	0,03	12
		Olgunlaşmamışlık	0,16	0,06	9
		Erişilebilirlik	0,15	0,06	10
		Veri Depolama	0,28	0,11	2
		Öçeklenebilirlik	0,25	0,10	4
Maliyet Kaynaklı Zorluklar	0,29	Uygulama	0,13	0,04	11
		Nitelikli İşgücü	0,24	0,07	8
		Bakım	0,34	0,10	5
		Tüketim	0,29	0,08	6
İnsan Kaynaklı Zorluklar	0,32	Hiyerarşik Yapı	0,31	0,10	3
		Bilgi Paylaşımı	0,46	0,15	1
		Değişikliğe Karşı Direnç	0,23	0,08	7

## SONUÇ

Tedarik Zinciri sisteminde bulunan organizasyonlar, kapsamlı bir karar verebilmek adına, bu zorlukların önem ağırlıklarını dikkate almalıdırlar. AHP yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, tedarik zinciri sistemine Blok Zinciri teknolojisinin entegre aşamasına karşılaşılabilecek ana zorlukların en önemlisinin Teknik Kaynaklı Zorluklar (0,39) olduğu görülmektedir. Bu sonuç, geleneksel yöntemlerin teknik yeterlilikleri ile kıyaslandığında şaşırtıcı bir sonuç değildir. Blok Zinciri teknolojisi oldukça yeni bir teknoloji olduğundan, araştırma geliştirme çalışmalarına, donanım ve yazılım

olarak olgunlaŖmaya ihtiyaç vardır. Bu sebeple öncelikle, yeni bir devrim yaratacağı söylenen Blok Zinciri Teknolojisinin, tedarik zincirine entegre olarak çalıŖılabilmesi için Teknik Kaynaklı Zorlukların aŖılması gerektiği söylenebilir. Daha sonra sırasıyla İnsan Kaynaklı Zorluklar (0,32) ve Maliyet Kaynaklı Zorluklar (0,29) gelmektedir. İnsan kaynaklı zorluklar, yeni teknolojinin, organizasyon içerisinde dengelerin deđiŖmesinden dolayı ortaya çıkmaktadır.

İnsan kaynaklı zorluklardan biri olan bilgi paylaŖımı, global ağırlık olarak en önemli olarak değerlendirilen zorluklardan biridir. Bunun temel sebebi olarak büyük Ŗirketlerin bilgi paylaŖımı sağlandığında rekabet ortamında dezavantaj sağlayacağına büyük ölçüde inanmaları ve bunu istememeleri söylenebilir. Bu direncin kırılabilmesi, bilgi paylaŖımının sağlayacağı dezavantajların, yine rekabet ortamında Blok Zinciri teknolojisi sayesinde sağlanabilecek avantajlarından daha az olabileceğinin kanıtlanabilmesi için araŖtırmalar yapılması gereklidir.

Bu araŖtırmada çeŖitli sektörden katılımcılar sađlanmıŖtır. ÇalıŖmanın geliŖtirilebilmesi amacıyla, ilaç, otomotiv, değerli eŖya, gıda gibi sektör bazlı olarak da inceleme yapılabilir. Aynı Ŗekilde çalıŖmanın geliŖtirilmesi için ülke bazlı bir değerlendirme ortaya koyulabilir.

Bu çalıŖmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP, oldukça yaygın kullanılan ve toplanılan verilerin yapısına uygun olduğu için kullanılmıŖtır. Bu yöntem dışında farklı bir kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanılabilir.

Bu araŖtırmanın sınırlamalarından biri de katılımcıların sayısıdır. ÇalıŖmanın genelleŖtirilebilirliđini artırmak için, farklı geçmiŖlere sahip ve farklı ülkelerde yaŖayan daha fazla katılımcıdan daha fazla veri toplanabilir.

Son olarak Blok Zinciri teknolojisinin yaratabileceği devrimin öngörüsü için yeni araŖtırmaların gerekli olduğu bir kez daha vurgulanmalıdır. Bu çalıŖmada değerlendirilen kriterler, ülke veya sektör bazlı olarak çeŖitlilik gösterebilir. Bu sebeple yeni kriter setleri ve göstergeleri yardımıyla yeni analizler üzerinde çalıŖmak büyük önem taŖımaktadır.

## TEŞEKKÜR

Yazar danışmanı Doç. Dr. Derya Eren Akyol'a tüm araştırma boyunca verdiği tavsiyeler ve destekleri için teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

Akben, I. and Çınar, S. (2018). *Blockchain in logistic and supply chain management: promises, applications and barriers*. Anadolu 1. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Diyarbakır, Türkiye toplantısında sunulmuştur

Baud-Lavigne B, Agard B, Penz B (2014) Environmental constraints in joint product and supply chain design optimization. *Computer Industrial Engineering* 76:16–22

Carson, B., Romanelli, G., Patricia, W., and Zhumaev, A. (2018). *Blokchain beyond the hype: What is the strategic business value?* <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/Blok-Zinciri-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value?cid=soc-web> adresinden alınmıştır

Ellram, L.M. (1991). Supply-Chain Management: The Industrial Organisation Perspective, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 21 No. 1, pp. 13-22

Francisco, K., Swanson, D. (2018). *The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blok Zinciri for Supply Chain Transparency*. *Logistics*, 2(1), 2.

Gorane, S., and R. Kant. (2015). *Modelling the SCM Implementation Barriers*. *Journal of Modelling in Management* 10 (2): 158–178.

Korpela, K, Hallikas J, Dahlberg T (2017) *Digital supply chain transformation toward Blockchain integration*. In: Proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences toplantısında sunulmuştur

Kshetri, N. (2018). *Blockchains' roles in meeting key supply chain management objectives*. *International Journal of Information Management* 39 80-89.

Lin, H. F., & Huang, Y. W. (2015). Factors affecting passenger choice of low cost carriers: An analytic network process approach. *Tourism management perspectives*, 16, 1-10.

Marr, B. (2018). *How Blockchain Will Transform The Supply Chain and Logistics Industry*. Mougayar, W. (2016). *The Business Blok Zinciri: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*.

Nakamoto, S., (2008), *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*,. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> adresinden alınmıŖtır

Petersen, M., Hackius, N., ve Von See, B. (2018). *Mapping the sea of opportunities: Blockchain in supply chain and logistics it*. Information Technology, 60(5-6), 263-271.

Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications, Pittsburgh, PA.

Sayeed, S. and Hector Marco-Gisbert (2019). *Assessing Blockchain Consensus and Security Mechanisms against the 51% Attack*. Applied Sciences, Vol. 9 no. 1788, pp:1-17, 2019

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media, Inc.

Tian, F. (2016). *An agri-food supply chain traceability system for china based on RFID and Blockchain technology*. Service Systems and Service Management (ICSSSM), 13th International Conference on. IEEE, 24-26 June, Kunming, China toplantısında sunulmuŖtur

Yli-Huumo, J., D. Ko, S. Choi, S. Park, and K. Smolander (2016). *Where Is Current Research on Blockchain Technology? A Systematic Review* PLOS ONE 11 (10):

Yoon, S. H., Park, J. W. (2015). *A study of the competitiveness of airline cargo services departing from Korea: Focusing on the main export routes*. Journal of Air Transport Management, 42(1), 232–238.

# **Topraksız Tarım ile Yaş Sebze Üzerine bir Fizibilite Çalışması: Türkiye Örneği**

**Beliz Ayşe Güvemli**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-5322-5615)*

**Tunahan Oskan**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-5722-7845)*

**Tuğçe Beldek**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-5581-3541)*

**Aziz Kemal Konyahoğlu**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-2443-5063)*

**Hatice Camgöz-Akdağ**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-9818-6012)*

## GİRİŖ

İnsanlığın hayatta kalmak için en önemli ihtiyacı beslenmektir ve bu ihtiyacı karşılamada tarımsal üretim en önemli araçtır. Tarımsal üretim endüstrisi, farklı gıdalar üreten bu gıdaları işleyerek çeŖitli farklı gıdalar ortaya çıkararak dolayısıyla insanların beslenmesi, sağlığı ve gelişmesi için en kritik etkilere sahip olan endüstridir (Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2019). Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrutusunda hem açlığın giderilmesi hem de kaynakların bilinçli tüketilip, sürdürülebilir yaşamın sağlanması tarımsal üretim ve tüketim konusunun altını çizmektedir. Açlık dünyada hala artan bir sorunken, tarıma olan yatırımlar azalmaktadır. Bununla birlikte dünyadaki tüketim de gittikçe artmaktadır (Birleşmiş Milletler, 2020). Dolayısıyla SKA 2 ve SKA 12 hedeflerine ulaşmak için bu yönde adımlar atılması gerekmektedir.

Türkiye'de de, iklimsel değişimler, yoğun kentleşme ve sonucunda artan çevre kirliliği, bilinçsiz tüketime bağlı kaynakların sürdürülebilirliğinin azalması, su kaynaklarının hem kirletilmesi hem de bilinçsiz kullanımı tarımsal üretimi sıkıntıya sokmuş ve nüfus artış hızına karşı beslenme ihtiyacının karşılanamama ihtimali ortaya çıkmıştır (Koç, 2015). Dolayısıyla, tarım sistemlerinin ve tarımsal üretim sonrası tedarik zincirinin daha yalın ve verimli olması gerektiği sonucu çıkmıştır.

Çalışmanın başlıca amacı, kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile verimliliğin artırıldığı topraksız tarım sistemini kullanarak yapılan üretimde, tedarik zinciri paydaşları arasında kayıpları en aza indirecek yeni bir tedarik zinciri yönetimi sistemi tasarlamaktır. Dolayısıyla verimli ve daha çok üretim yapılabilecek bir üretim yöntemine geçilerek, üretilen yaş sebzelerin tüketiciye en az hasar ve maliyetle ulaşabileceği yeni bir sistem tasarlamaktır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Dünyada tarım sektöründe olan yeni değişimler sonucu, maliyetlerin optimize edilmesi, kaynakların etkin kullanılması rekabet avantajı korunması ve dünyada sürdürülebilirliğin sağlanması için kritik rol oynar. Tarımsal üretim sonrası tedarik zincirinin incelenmesi ve sistemin optimize edilmesi bu amaçlar doğrutusunda gereklidir.

Tedarik zinciri, tarımsal üretimden müşteriye ulaşana kadar üretici, yerel acente, toptancı, ihracatçı, perakendeler, pazarlar gibi farklı paydaşlardan oluşan, tüm ilişkilerin ve iş bağlantılarının düzgün bir şekilde uyumlu çalışabilmesi adına tasarlanan bütünleşik bir sistemdir (Karaca vd., 2012).

Tedarik zinciri yönetimi ise en düşük maliyette operasyonlara devam edebilmek adına doğru zaman yer ve miktarda tarımsal üretim yapmak, sonrasında ise üreticilerle tedarik zincirinde bulunan distribütörler, perakendeciler gibi ürünlerin dağıtılmasından sorumlu paydaşları en verimli şekilde entegre eden sistem tasarlamaktır (Çakır, 2019).

Yaş meyve ve sebze, insan sağlığı açısından önemli tarım ürünlerindedir. Bununla birlikte bu sektör, Türkiye ekonomisinde hem üretim ve tüketim hem de ihracat, ithalat alanlarında önemli yer tutması açısından kritiktir. Fakat hızlı bozulabilmesi açısından tedarik zincirinin olabildiğince kısa olması, maliyet ve sağlık açısından önem taşımaktadır (Karaca vd., 2012).

Tedarik zinciri haritasında en uzun dağıtım kanalı üretici-komisyoncu-nakliyecitoptancı-depo-perakendeci-tüketici olarak görülür. Uzun tedarik zinciri, yüksek maliyet ve ürünlerin tazeliğinin korunamaması nedenleriyle oldukça kısaltılmaya çalışılmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü'ne göre dünya genelinde insan tüketimi için üretilen gıdaların 1.3 milyar tonu, yani tahmini % 30'u gıda tedarik zinciri boyunca bir yerde kayboluyor veya atık olarak çöpe gidiyor (Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü, 2020). Gıda kaybı esas olarak gıda üretim ve tedarik sisteminin hatalı çalışmasından kaynaklanmaktadır. Rezai ve Liu'ya göre bunun nedeni, uygun depolama tesisleri, soğuk zincir, uygun gıda işleme uygulamaları, altyapı veya paketleme esnasında ortaya çıkan yönetimsel ve teknik sorunlardan kaynaklanabilir. Gıda atıkları ise tüketiciye ulaşan gıdaların seçikle kötü stok yönetimi veya ihmali nedeniyle gıdanın bozulması ve atılması ile ortaya çıkar (Rezaei ve Lui, 2017). Gıda kayıpları ve atıklarını verimli, sürdürülebilir bir şekilde ele almak, insanları beslemek, doğal ve finansal kaynakların kullanımını aynı anda optimize etmek için bir fırsat olarak değerlendirilmelidir. Gıda kaybını ve gıda atığını azaltmak sıfır açlığın olacağı bir dünya için çok kritiktir, bununla birlikte Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma için koyduğu SKA 2 (Sıfır Açlık) ve SKA 12 (Sürdürülebilir

tüketim ve üretim modellerinin sağlanması) hedeflerine ulaşmak için çok önemlidir. Bu süreçlerde etkili çözüm bu tedarik zincirini olabilecek en kısa hale getirmektir (Tanyaş ve Tümenbatur, 2018).

Yapılan analizler sonucunda, gıda enflasyonu değerlendirmesinde kritik değerlerden olan yaş meyve sebze ekonomisi, operasyonun sağlıklı yürüyebilmesi açısından aracı payını en aza indiren yeni bir tedarik zinciri tasarımı, devlet tarafından vergi konusunda teşvikler sağlanması ve tedarik zinciri süresince fire ürünlerinin düşürülmesi önem arz etmektedir (Songül, 2017).

## **METODOLOJİ**

Çalışmanın metodoloji bölümünde ilk olarak veri toplama aşamasından bahsedilmektedir. Daha sonra pazar analizi ve üretim sistemleri analizi ele alınmıştır. Topraksız tarım sisteminin kurulabilmesi için mevcut durum SWOT analizi ile incelenmiştir.

### ***Veri Toplama Metodu***

Toplanan veriler, birincil ve ikincil veri kaynaklarından derlenmiştir. Röportajlar endüstri hakkında verileri daha iyi yorumlayabilmek, tez doğrultusunda doğru çıkarımlara ulaşmak için gerekli önem derecelerini ve teknikleri öğrenmek amacıyla yapılmıştır. İkincil veriler ise genel olarak güncel durumu anlamak, problemleri tanımlamak ve analizler yapılarak sonuca ulaşma amaçlı kullanılmıştır.

### ***Pazar Analizi***

Dünyada tarım endüstrisi, 1980'lerde ve 1990'larda nispeten istikrarlı devam ederken son on yılda büyük bir değişim dönemi başlamıştır. Bu değişimler, tarımsal üretimin artık küresel gıda pazarlarına tamamen açık kalması anlamına gelmektedir ve bunun sonucu olarak tarım ürünleri fiyatlarının da çok daha volatil olduğu görülür. Yeni dönemde çiftçiler, en düşük birim fiyattan üretim yapmaya teşvik edildi ve bu da genellikle işletmelerin belirli alanlarda uzmanlaşmasına ve maliyetlerin daha az olması için tarım alanlarında artışa gidilmesine neden oldu (Finch vd., 2014).

Yeni dönemdeki değişimlerin sonucu olarak dünyada tarım endüstrisinde bazı trendler ortaya çıktı. Djanian ve Ferreira'ya göre öncelikle gelişmekte olan pazarlar şu anda gelişmiş olan pazarlardaki



protein tüketim düzeyini yakalamakta ve sonuç olarak obezite ile mücadele artmaktadır. Bu eğilimin hızlanması sonucu protein açısından et ürünlerine alternatif zengin gıdalara talebin artmasına neden olacaktır, gelecekte yeme alışkanlıklarımızın değişmesi gerekebilir. Bunun yanında gıda üretim bölgeleri topraksız tarım sistemi gibi yeni sitemler geliştikçe Afrika ve Doğu Asya'da daha düşük enerji maliyetleri sebebiyle üretim hızlanabilir. Son olarak tarım teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde üretim ve tedarik zinciri boyunca kontrol, izlenebilirlik artacak bu da verimliliğin artmasına, atıkların azalmasına neden olacaktır (Djanian ve Ferreira, 2020).

Dünya çapında nüfusun %19'u olan 1,3 milyar insan tarım endüstrisinde çalışmakta olup tarım endüstrisi küresel ekonomi için 2.4 trilyon dolar alan kaplıyor. Gelişmekte olan ülkelerde tarım endüstrisinde çalışanların %43'ünü kadınlar oluşturuyor. Bu endüstride tarım teknolojisi yenilikleri, bitkileri sağlıklı tutmak ve bu gelişen ekonomiyi korumak için hayati öneme sahiptir (Croplife International, 2015).

Dünyada 65,2 milyon ekili yaş meyve sebze bulunmaktadır, bu alanda 1,9 milyar ton üretim yapılmaktadır (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020).

Türkiye'de tarım sektörü konusu incelenmeye başlandığında bu Asur İmparatorluğu, Hitit İmparatorluğu, Bizans İmparatorluğu, Selçuklu İmparatorluğu, Osmanlı İmparatorluğu ve Cumhuriyet Dönemi olarak temel dönemlere ayrılabilir (Doğan vd., 2015). Bu araştırma kapsamında bahsedilecek bölümün Cumhuriyet Dönemi ile sınırlı kalması uygun görülmüştür. Türkiye'de Cumhuriyet ile birlikte ortaya çıkan ekonomik gelişmelerle sanayi sektörüne yönelim gerçekleşmiş olmakla birlikte; sanayi sektörleri için büyük bir girdi kaynağı olması, istihdam, dış ticarete ve hizmet sektörüne etkisi göz önüne alındığında Türkiye ekonomisinde tarımın yeri son derece kritik bir noktaya konumlanmıştır (Doğan vd., 2015).

1940'lı yıllara gelindiğinde 2. Dünya Savaşı'nın etkisiyle tarımsal fiyatların sürekli yükseldiği görülmüş buna yönelik olarak 1945 yılında Çiftçiyi Topraklandırma Kanunu çıkarılmıştı. Tarımsal işgücünün kırsaldan kent merkezlerine kaymaya başlaması nedeniyle bu girişimin çok da başarıya ulaştığı söylenememektedir. Bundan sonraki senelerde yapılan kalkınma planlarını genel bir değerlendirmek gerekirse, bu

kalkınma planlarının üretimi bir miktar arttırdığı ama hedefleri tutturaktan oldukça uzak bir görünüm sergilemiştir.

Türkiye Harita Genel Müdürlüğü'ne göre Türkiye'nin yüz ölçümü 780 bin 43km<sup>2</sup>'dir (Türkiye Harita Genel Müdürlüğü, 2020). TÜİK verilerine göre ise 2015-2019 yılları arasında Türkiye'de tarım alanı boyutu 385 bin 510 km<sup>2</sup> ile 377 bin 120 km<sup>2</sup> arasında olmuştur (TÜİK, 2020). Bir sektörün bir ülke için ne anlam ifade ettiğine yönelik çıkarımlar yapabilmek amacıyla birçok istatistik kullanılabilir. Bunlardan birisi de hiç şüphesiz o sektörün GSYH'da kapladığı yerdir. Bu alanda en güvenilir kaynaklardan biri olan Tarım ve Orman Bakanlığı'nın istatistiklerine göre tarım sektörünün ülkenin GSYH'sı içerisinde kapladığı oran 2015 ve 2019 yıllarında en az % 5,8 en fazla % 6,9 olmuştur (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

### ***Tarımsal Üretim Sistemleri Analizi***

Yaş sebze tedarik zincirini yeniden tasarlamayı amaç edinen bu projede üretim sistemi olarak topraksız tarım sistemi tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni topraksız tarım sistemiyle ürünün yetiştirildiği coğrafyaya olan bağımlılığın ortadan kaldırılabilir olması ve üretimi yerleştirebilme imkânı vermesidir. Bu nedenle bu bölümde topraksız tarım sisteminin birtakım değerlendirilmeleri ele alınmıştır.

### ***Topraksız Tarım SWOT Analizi***

#### *Güçlü Yönler:*

Yüksek karlılığı yanında yüksek gelir elde etme potansiyeli, İstanbul için çok önemli olan alan kullanımı ve su kullanımı verimliliği nedeniyle tasarruf fırsatı, bu sistemle her mevsim ve verimli/verimsiz her arazide sürekli üretim yapılabilir olması, daha az işçi çalıştırılıyor olması nedeniyle işçi maliyetinin düşük olması ve ürünlerin geleneksel tarıma göre daha erken hasat edilebiliyor olması topraksız tarımın güçlü yönleridir.

#### *Zayıf Yönler:*

Kurulum maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanan yüksek CAPEX ihtiyacı, topraksız tarım karmaşık ve bilgisayar bütünleşmiş bir sistem olduğu için kalifiye eleman gerektirmesi ve ortam şartlarının kontrole bağlı olması sonucu sistemi sürekli takip etme gereği topraksız tarım sisteminin zayıf yanlarıdır.

*Tehditler:*

Topraksız tarım endüstrisi Türkiye’de yeni bir endüstri olduğu için yerleşik bir bilgi ve deneyim seviyesi olmadığından kurucular için bir tehdit oluşturabilir. Topraksız tarım ile yetiştirilen ürünlerin kalite avantajına karşılık, fiyat açısından rekabet edemiyor olması ve sistemde enerji olarak yenilenebilir enerji kullanan bu şekilde maliyet avantajı yaratan rakipler fiyat açısından rekabette tehdit unsuru oluşturabilir.

*Fırsatlar:*

Topraksız tarım sisteminde neredeyse her ürün üretilebiliyor, bunun sonucu olarak daha niş ürün üretimi ile daha fazla gelir elde etme potansiyeli ortaya çıkabilir, Corona dönemi ile birlikte yerli ürün üretimi, hatta evlerde ürün üretimi sektörde bir fırsattır, kentsel hidroponik projeleri ile daha karlı sistemler satılarak hem tedarik zinciri tamamen kısaltılıp daha yüksek gelir ve verimlilik elde edilebilir, hem de topraksız tarım bilinci artırılabilir.

## **İSTANBUL İÇİNDE ÜRETİM TESİSİ KURULACAK İLÇENİN BELİRLENMESİ**

Yeni bir yatırım kararı alınırken yatırım yapılacak lokasyon için ilk etapta işgücü verimliliği, ülke parasının döviz kurları karşısındaki hareketi ve kur riskleri, yatırım maliyeti, politik riskler ve kültür, pazara yakınlık, tedarikçilere yakınlık, rakiplere yakınlık vb. birçok faktör değerlendirilmeye alınır. Bu aşamada yapılacak olan seçim aynı ülke içerisinde ve hatta aynı il içerisinde olduğu için yukarıda sayılan birçok faktörün ilçeden ilçeye çok az miktarda değişeceği düşünülmüş ve işgücü verimliliği, ülke parasının döviz kurları karşısındaki hareketi, politik riskler ve kültür gibi faktörlerin elenmesi uygun görülmüştür. Bununla birlikte maliyet hesaplanması esnasında değerlendirilmeye alınacak olan inşaat maliyeti, perakende satış alana kira maliyeti, üretim maliyeti gibi kriterler de ilçeden ilçeye göre çok fazla miktarda değişmeyeceği için ilçelerin birbirlerine göre göreceli olarak yatırım yapılmaya uygun olup olmadıklarının değerlendirildiği bu aşamada bu faktörlerin de hesaba katılmasının gereksiz olacağı düşünülmüştür.

Bu nedenle, bu aşamada olası taşıma maliyetleri, arazi maliyeti, 3000 m<sup>2</sup> üzeri alana sahip yatırıma uygun arazi miktarının kriterler olarak

belirlenmesi uygun görülmüŖtür. Bu süreçte yöntem olarak ise faktör derecelendirme yönteminin kullanılması uygun görülmüŖtür.

Lokasyon seçimi için faktör derecelendirme metodu kullanılmıŖtır. Bu metodu kullanabilmek adına öncelikli olarak olası taşıma maliyeti, arazi maliyeti, yeni üretim tesisine uygun alana sahip olma konuları ilgili kriterler olarak görülmüŖ ve ardından her kriter açısından ilçenin puanları normalize edilerek bulunmuŖtur. Bu kriterlerden olası taşıma maliyeti kriterinin ağırlığı 1 üzerinden 0,5; arazi maliyeti kriterinin ağırlığı 0,1 yeni üretim tesisine uygun alana sahip olma kriterinin ağırlığı ise 0,4 olarak belirlenmiŖtir. Arazi maliyeti faktörünün, diğerk faktörlere görece daha düşük bir ağırlığa sahip olması projenin uzun süreli bir proje olacak olması ve asıl amacın taşıma maliyetinde minimum seviyeyi yakalamak olmasıdır. Daha önce ilçelerin ilgili faktörde normalize edilen değerleri ile her faktörün ağırlığı ile çarpımı sonucu elde edilen değerler Tablo 1’de gösterilmiŖtir.

*Tablo 1. İlçelerin ağırlıklandırılmıŖ skorları*

İlçeler	Olası Taşıma Maliyeti	Arazi Maliyeti	Yeni Üretim Tesisi İçin Uygun Alana Sahiplik	AğırlıklandırılmıŖ Skor
Adalar	0,6572	0,3187	0,0008	0,3608
Arnavutköy	0,3657	0,8938	0,3815	0,4248
Ataşehir	0,7171	0,5002	0,0039	0,4101
Avclar	0,6444	0,6759	0,0235	0,3992
Bağcılar	0,8531	0,6981	0,0212	0,5048
Bahçelievler	0,8664	0,6530	0,0126	0,5035
Bakırköy	0,8664	0,2781	0,0031	0,4623
Başakşehir	0,7668	0,6645	0,0542	0,4715
BayrampaŖa	0,9904	0,6265	0,0008	0,5581
Beşiktaş	0,9594	0,1932	0,0031	0,5003
Beykoz	0,4441	0,4042	0,1240	0,3121
Beylikdüzü	0,5459	0,7832	0,0400	0,3673
Beyoğlu	1,0000	0,4433	0,0016	0,5450
Büyükcemece	0,4738	0,6730	0,1907	0,3805
Çatalca	0,3305	0,9533	0,5722	0,4895
Çekmeköy	0,6102	0,6565	0,0706	0,3990
Esenler	0,8655	0,7704	0,0008	0,5101
Esenyurt	0,5355	1,0000	0,0730	0,3969
Eyüpsultan	0,9778	0,5172	0,0557	0,5629
Fatih	0,9955	0,5264	0,0000	0,5504

Tablo 1. (devam)

İlçeler	Olası Taşıma Maliyeti	Arazi Maliyeti	Yeni Üretim Tesisi İçin Uygun Alana Sahiplik	Ağırlıklandırılmış Skor
Gaziosmanpaşa	0,8297	0,7075	0,0039	0,4872
Güngören	0,8931	0,6800	0,0016	0,5152
Kadıköy	0,7642	0,3121	0,0047	0,4152
Kağıthane	0,8697	0,5887	0,0071	0,4966
Kartal	0,5769	0,5936	0,0196	0,3557
Küçükçekmece	0,7831	0,6571	0,0149	0,4632
Maltepe	0,6327	0,6099	0,0157	0,3836
Pendik	0,4963	0,7110	0,0950	0,3572
Sancaktepe	0,5475	0,7968	0,0416	0,3701
Sarıyer	0,5971	0,2231	0,0730	0,3500
Silivri	0,2805	0,8959	1,0000	0,6299
Sultanbeyli	0,4512	0,9268	0,0110	0,3227
Sultangazi	0,8277	0,8732	0,0071	0,5040
Şile	0,2385	0,5983	0,2473	0,2780
Şişli	0,9831	0,3251	0,0024	0,5250
Tuzla	0,4186	0,6885	0,1075	0,3212
Ümraniye	0,7672	0,6005	0,0039	0,4452
Üsküdar	0,9094	0,3377	0,0157	0,4947
Zeytinburnu	0,8963	0,5798	0,0126	0,5111

Tablo 1'deki verilerden hareketle, 0,6299 ağırlıklandırılmış puanı ile en yüksek puana sahip ilçe olan Silivri, üretim tesisi kurulması açısından uygun görülmüştür.

## KONSEPT SEÇİMİ TEKNİK ÖZELLİKLER

Domatesin topraksız tarım sistemi ile üretimi için 3 dönüm araziye yapılan optimizasyon çalışması sonucu Silivri'de konsept kurulum amacıyla bir üretici tarafından çalışma için teklif hazırlanmıştır. Teklif dolayınca teknik özellik detayları açıklanacaktır.

Proje iklimsel dayanımları seranın çelik konstrüksiyon analiz ve boyutlandırılması hesabı amacıyla gereklidir, Silivri bölgesine ait

iklimsel veriler dolayınca Delta T 25, Rüzgar 125 km/h olarak belirlenmiştir. Çelik konstrüksiyon özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

*Tablo 2. Çelik konstrüksiyon özellikleri*

<b>Çelik Konstrüksiyon Teknik Özellikleri</b>	
Tünel Genişliği	10 metre
Tünel Sayısı	3 adet
Tünel Uzunluğu	100 metre
Yan Kolon Aralığı	2.5 metre
Ara Kolon Aralığı	5 metre
Oluk Altı Yüksekliği	5 metre
Makas Aralığı	2.5 metre
Rüzgar Dayanım Hızı	125 km/h
Kar Yüğü	25 kg
Ürün Yüğü	35 kg
Taşıyıcı Kolonlar	80*80*2 MM
Yardımcı Kolonlar	80*80*2 MM
Ankraj	70*70*2.5 MM
Alın Cephe Kolonları	120*80*2.5 MM
Makas Yay Borusu	50*60 Özel D Profil * 1.5 MM
Yağmur Oluğı	48 cm 2MM
Oluk Klipsi	Ricel
Yoğuşma Oluğı	Alüminyum 30*30
Bağlantılar	5 MM Kelepçeler
Cıvata ve Somular	M8 Cıvata Somunlar
Kramiyer Dişli Takımı	150 cm
Çelik Konstrüksiyon m2	7.5 kg

Bitki askı yatay taşıyıcıları her direkte sabitlenip 9.6 m tünel genişliği aralığında 3 adet askı ile çember altına sabitlenmektedir. Dikey taşıyıcılar tünel içerisinde 12 sıra halinde 105 metre boylar halinde taşıyıcı halatların üstünden çekilip her 5 metrede bir klamesle sabitlenmektedir, söz konusu halat 3mm kalınlığındadır.

## MALİYET ANALİZİ

Proje maliyeti altında üretim için kurulacak olan seranın bulunacağı arsa satın alma maliyeti bulunmaktadır. Seçilen 3 dönüm sera alanı için olası kapasite büyütmelerine karşılık en az 4 dönüm araziler araştırılmıştır, optimizasyon analizinde seçilen Silivri’de bu özelliklere uygun arsalar (URL-1)’da bulunmuştur, ilanlara göre arsa için 700.000 tl satın alma maliyeti bulunmaktadır (URL-2).

Üretim maliyeti altında direkt işçilik maliyeti, endirekt işçilik maliyeti, direkt malzeme maliyeti, genel üretim maliyeti kalemleri bulunmaktadır. Direkt malzeme maliyeti için yetiştireceğimiz domates bitkisinin, besin çözültüsü alımı bulunmaktadır. Gittigidiyor.com kaynağından 500 litre için 56,9 tl olan domates besin solüsyonunun belirlenen su tonu doğrultusunda 1 sene için toplam maliyeti 7.80 tl olacaktır (URL-3). Direkt işçilik maliyeti altında domates hasatında, sera için çalışmada bulunmak üzere 4 adet işçi çalıştırılacaktır. Asgari ücret üzerinden görevlendirilen işçilerin işverene maliyeti Verginet kaynağından alınan verilere göre aylık toplam 11.722 tl’dir (Deloitte, 2020). Endirekt işçilik maliyeti altında ise seranın başında duracak 1 adet güvenlik görevlisinin maaşı bulunmaktadır. Asgari ücretlendirilecek olan güvenlik görevlisinin işverene maliyeti Verginet kaynağından alınan verilere göre 2.943 tl’dir (Deloitte, 2020). Genel üretim maliyeti danıştığımız kişiler ve aldığımız teklif çerçevesinde elektrik su giderleri için yıllık 70.000 tl olarak belirlenmiştir.

Kurulum sistem maliyeti, kurulacak olan sera için bir üretici tarafından verilen teklif dolayısıyla hesaplanmıştır. Teklifin alt kalemleri Tablo 3’de açıklanmıştır. Kurulum sistem maliyeti toplam 1.621.969 tl olarak belirlenmiştir. 3 dönüm arazi üzerine hesaplandığında m<sup>2</sup> birim maliyeti 541 tl olmaktadır. Kurulum için belirlenen maliyetler anahtar teslim proje olarak açıklanmıştır. Ekstra kurulum maliyeti bulunmamaktadır. Sistem tamamen otomasyona entegredir.

Genel yönetim maliyeti altında beyaz yakalı çalışanların ücretleri, pazarlama satış giderleri ve taşıma maliyeti bulunacaktır. Beyaz yakalı çalışan olarak 2 proje yöneticisi ve 1 ziraat mühendisi bulunacaktır.

Tablo 3. Kurulum sistemi maliyeti

	Sera Çelik Konstrüksiyon Sistemleri	205.800
	Bitki Askı Halat Sistemi	14.612
<b>Sera Örtü Ekipmanları</b>	Plastik Çıtalari Plastik Örtü Sinek Tülü Polikarbon Yer Örtüsü	6.927 19.335 4.495 73.831 10.805
<b>Ürün YetiŖtirme Ortamları</b>	Glutter Sistemi Cocopeat	82.320 43.218
<b>Sera Elektrik İşlemleri</b>	Sirkülasyon Fanları Sera İçi Elektrik Tesisatı	6.468 30.870
<b>Sera Sulama ve Kontrol Ekipmanları</b>	Sulama Odası ve Ekipmanları Otomasyonlu Gübreleme Ünitesi Otomasyonlu İklimlendirme Ünitesi	274.400
	Basınçlı Sisleme Sera İçi Sulama Su Stok Tankı	54.158 60.711 82.320
<b>Sera Isıtma Ekipmanları</b>	Sera İçi Isıtma Sistemi	144.060
	Isıtma Kazanı Isı Perde Sistemi Kurulum	343.000 102.900 61.740
	Toplam Maliyet	1.621.969
	m2 Birim Maliyet	541

Ziraat mühendisi sera içi faaliyetlerin denetimi, kontrolü ve sürecin devamlılığı hakkında teknik donanım için gereklidir, projenin devamı için 2 proje yöneticisi ürün satışı pazarlaması sistem devamlılığı finansal analizler için görevlendirilmiştir. Her kişi için 4000 TL net olarak belirlenen maaşın işverene maliyeti Verginet kaynağından verilen bilgilere göre her kişi için aylık 5.595,11 TL işveren maliyeti



bulunacaktır (Deloitte, 2020). Pazarlama ve satış harcamaları için senelik 6.000 tl ayrılmıştır. Taşıma maliyeti ise optimizasyon analizinde belirlenen Silivri'ye 160.190 ton, Büyükçekmece'ye 139.810 ton teslimatta 20 tonluk kamyonlar kiralanacak, senelik toplam 12.268 tl işverene maliyet olacaktır (Octovan, 2020).

## **FİNANSAL ANALİZ**

Yapılan yatırımın bütün maliyet analizi satış gelirleri ve vergisi ile birlikte sonuç olarak nasıl bir getiri sağlayacağını anlamak için bir finansal analiz yapılmıştır. Analizde amaç Net Bugünkü Değer (NPV), Yatırımı Geri Alma Periyodu (Payback Period) ve İç Verim Oranı (IRR) metrikleri hesaplamaktır. Proje ve kurulum sistem maliyeti kalemleri kurulum maliyetleri ilk yatırım olarak kabul edilmiştir, sonraki senelerde bir maliyet yaratmayacaktır. Anaparayı yatırımcıların karşılıksız koyacağı, bu yüzden faiz giderinin olmayacağı varsayılmıştır. Kurumlar vergisi TBMM'ye sunulacak taslağa göre 2021'den itibaren 18% olarak belirlenmiştir (Birgün, 2019). Öncelikle domates kg satış fiyatı olarak analiz kısmında gösterilen 2019 domates kg hal satış fiyatından, örnek bir domates tedarik zinciri modelindeki hal kar payını çıkararak 3 tl fiyat belirlenmiştir. Satış fiyatı, hammadde maliyeti, işçilik maliyeti, pazarlama satış ve dağıtım maliyeti enflasyon tahminlerine göre 5 yıllık değerleri hesaplanmıştır. Beyaz yakalı çalışanların ücretlerinin üzerine ise her yıl %10 zam yapılması planlanmıştır. NPV, piyasadaki danışmanlarımızdan aldığımız %10 WACC ile nakit akışlarımızın bugünkü değerinin bulunmasıyla 41.239 tl olarak hesaplanmıştır. NPV değerinin pozitif çıkması yatırımın mantıklı olduğunu gösterir. Payback Period ise nakit akışlarının indirgenmesi ve ilk yatırım maliyeti göz önünde bulundurularak 3,727 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu yatırım için oluşturulan maliyetin yaklaşık 3,5 yılda geri dönüşünün sağlanacağını göstermektedir. IRR ise %11 olarak hesaplanmıştır, IRR değeri yatırımın getirisini gösterir, %11 değer borçluluk maliyet oranı olan WACC yüzdesinden yüksek çıkmıştır. Tablo 4'de nakit akışları, maliyetler, vergilendirme ve yatırım için belirleyici NPV, Payback Period ve IRR metrikleri gösterilmektedir.

Tablo 4. Finansal analiz tablosu

		2021	2022	2023	2024	202	202
<b>Üretim</b>	SatıŖlar	900.000	1.008.0	1.093.68	1.148.36	1.205.78	1.266.07
<b>Proje Maliyeti</b>	Arsa	700.000	-	-	-	-	-
<b>Kurulum Sistem Maliyeti</b>	Sera Çelik	205.800	-	-	-	-	-
	Bitki Askı	14.612	-	-	-	-	-
	Sera Örtü	115.392	-	-	-	-	-
	Ürün	125.538	-	-	-	-	-
	Sera Elektrik	37.338	-	-	-	-	-
	Sera Sulama	471.589	-	-	-	-	-
	Sera Isıtma	651.700	-	-	-	-	-
<b>Üretim Maliyeti</b>	Direkt	13.656	15.295	16.595	17.425	18.296	19.211
	Direkt,	176.580	197.770	214.580	225.309	236.574	248.403
	Genel	70.000	78.400	85.064	89.317	93.783	98.472
<b>Genel Yönetim Maliyetleri</b>	Beyaz	201.424	221.566	243.723	268.095	294.905	324.395
	Yakalı	18.268	20.460	22.199	23.309	24.474	25.698
	ÇalıŖanların Ücretleri						
	Vergi	18%	18%	18%	18%	18%	18%
	<b>Net Kar</b>	-	<b>1.559.555</b>	<b>389.098</b>	<b>419.44</b>	<b>430.42</b>	<b>440.95</b>
	<b>NPV</b>		<b>41.239</b>				
	<b>Payback</b>		<b>3,727</b>				
	<b>IRR</b>		<b>11%</b>				

## SONUÇ

Sonuç olarak verimlilik, sağlık, maliyet avantajı, teknoloji adaptasyonu ve sürdürülebilirliği açısından seçtiğimiz topraksız tarım sistemi ve optimizasyon analizlerimiz sonucu seçilen Silivri ilçesinde domates için tedarik zincirinin yeniden uyarlanması projemiz finansal olarak da mantıklı çıkmıŖtır. Kurulan bu yeni sistemde, Silivri'den Büyükçekmece'ye ve ilçe içerisinde domates teslimatı sağlanacaktır. Domates fiyatı 2021 baŖlangıç için ortalama yıllık 3 TL olarak belirlenmiŖtir. Finansal analiz sonucunda ise pozitif net bugünkü değer ve sermaye maliyetinden yüksek iç verim oranı göstergeleriyle birlikte doğaya ve sağlığa yararlı bir proje olması dışında yeni tedarik zincirinin yatırımcıya getiri getirecek bir sistem olduğunu da göstermiŖtir.

Sistem için önerilen araştırma konuları ise; sistemin daha fazla üretim hacminde kurulup İstanbul ilinin tamamına dağıtım yapılması testi, topraksız tarım sisteminin dikey katlı binalar kurularak yapılması sonucu kapasitenin artışının karlılığa etkisinin araştırılması, bu sistemin Türkiye'de yerli üretimi de destekleyici şekilde devlet teşvikleri ile her ilde yaygınlaştırılması projeleri, üretim hacminin

ihracatı destekleyici bir şekilde artırılmasının ülke kalkınmasına ve cari açığın kapanmasına etkisinin araştırılması olarak planlanabilir.

## KAYNAKÇA

Birgün. (2019). İki yeni vergi geliyor. <https://www.birgun.net:https://www.birgun.net/haber/iki-yeni-vergi-geliyor273681#:~:text=Kurumlar%20Vergisi%20düşürülüyor&text=Yüzde%2018%20oran%202021%27den,vergi%20yüzde%2020%20olarak%20uygulanacak. adresinden alındı>

Birleşmiş Milletler. (2020). UNDP Türkiye: <https://www.tr.undp.org/> adresinden alındı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. (2016). <http://www.fao.org> adresinden alındı

Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü. (2020). Gıda Kaybı ve Gıda Atığı. <http://www.fao.org> adresinden alındı

Croplife International. (2015). Agriculture: A \$2.4 Trillion Industry Worth Protecting. <https://croplife.org/> adresinden alındı

Çakır, G. (2019). Tarımsal Ürünler Tedarik Zinciri Yönetimi; Amasya Çiçek Bamyası Uygulaması.

Deloitte. (2020). Maaş Hesaplama. <https://www.verginet.net:https://www.verginet.net/dtt/MaasHesaplama.aspx> adresinden alındı

Djanian, M., Ferreira, N. (2020). Agriculture sector: Preparing for disruption in the food value chain. <https://www.mckinsey.com/> adresinden alındı

Doğan, Z., Arslan, S., Berkman, A. N. (2015). Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 29-41.

Finch, H., Samuel, A. Lane, G. (2014). Lockhart and Wiseman’s Crop Husbandry Including Grassland.

Karaca, K., Zengin, B., Kuş, T., Yüzükırmızı, M. (2012). Gıda Tedarik Zinciri Yönetimi: YAEM 32. Ulusal Kongresi. İstanbul.

Koç, G. (2015). Tarım ve Gıdada Sürdürülebilir Tedarik Zinciri. 18th International Student Congress on Economics. İzmir.

Octovan. (2020, 07 01). Fiyat Al. Octovan: <https://www.octovan.com/> adresinden alındı

Rezaei, M. ve Lui, B. (2017). Food Loss And Waste In The Food Supply Chain. <http://www.fao.org> adresinden alındı

Songül, H. (2017). Yaş Meyve-Sebze Tedarik Zincirinde Fiyat Oluşumu. <https://tcmbblog.org/> adresinden alındı

Tanyaş, M. ve Tümenbatur, A. (2018). Tarım-Gıda Tedarik Zinciri İçin Bir Model.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020, Nisan 17). Belgeler: Veriler. Tarım ve Orman Bakanlığı: <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Veriler/GSYH.pdf> adresinden alındı

TÜİK. (2020, Nisan 7). Konularına Göre İstatistikler: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059) adresinden alındı

TÜİK. (2020, Mart 3). Konularına Göre İstatistikler: Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu: [http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) adresinden alındı

TÜİK. (2020, Nisan 13). Konularına Göre İstatistikler: Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu: [http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) adresinden alındı

TÜİK. (2020, Şubat 7). Temel İstatistikler: Nüfus ve Demografi. Türkiye İstatistik Kurumu: <http://tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> adresinden alındı

Türkiye Harita Genel Müdürlüğü. (2020, Nisan 03). Anasayfa: İndirilebilir Ürünler: İl ve İlçe Yüzölçümleri. Harita Genel Müdürlüğü: <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri> adresinden alındı

Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği. (2019). Yaş Meyve, Sebze Sektör Raporu.

URL-1: Sahibinden.com. (2020, 5 25). Anasayfa: Emlak: Arsa: Satılık: . Sahibinden.com: <https://www.sahibinden.com/satilik-arsa/> adresinden alındı.

URL-2: Hürriyet Emlak. (2020). Satılık 8 dönüm tarla. <https://www.hurriyetemlak.com>: <https://www.hurriyetemlak.com/istanbul-silivri-gumusyaka-satilik/tarla/113883-22> adresinden alındı

URL-3: Gittigidiyor. (2020). Topraksız Tarım Besini Domates. <https://www.gittigidiyor.com>: [https://www.gittigidiyor.com/yapi-market-tamirat/topraksiz-tarim-besini-domates\\_pdp\\_561141588](https://www.gittigidiyor.com/yapi-market-tamirat/topraksiz-tarim-besini-domates_pdp_561141588) adresinden alındı.

# **KOBİ'lerin E- Ticarete Bakış Açısının İstatistiksel Olarak İncelenmesi**

**Mehlika Kocabaş Akay**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-0564-4625)**

**Burcu Özcan**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-0820-4238)**

**Çağın Karabıçak**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-6520-7374)**

## GİRİŖ

Elektronik ticaret veya e-ticaret, firmaların ve bireylerin internet üzerinden bir Ŗeyler alıp satmalarını sağlayan bir iŖ modelidir. E-ticaret, ana pazar segmentlerinin dördünde de faaliyet göstermektedir. Bu pazar segmentleri firmadan-firmaya (B2B), firmadan-tüketiciye (B2C), tüketiciden-tüketiciye (C2C) ve tüketiciden-firmaya (C2B) Ŗeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanı sıra kamu kurumları ile gerçeleŖtirilen elektronik ticaret segmenti de vardır ki bunlar firmalardan-kamu müdürlüklerine (B2G), tüketiciden-kamu müdürlüklerine (C2G), veya devletlerarası (G2G) olarak sıralanabilir (Kalaycı, 2008).

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve hayatımızda özellikle mobil cihazların artması, küreselleŖmenin etkileri, internet kullanımının gün geçtikçe artması alışveriş alışkanlıklarımızı deęiŖtirmiş ve elektronik ticaretin bu dört ana segmentinde de önemini arttırmıştır. Özellikle 2019 yılının sonunda dünyanın karşı karşıya kaldığı pandemi süreci elektronik ticaretin iŖlem hacmini oldukça arttırmıştır. Birçok firma bu süreçte elektronik ticaret desteği ile yaşamlarını sürdürmüŖtür.

Ancak yine geleneksel iŖ süreçlerine ve pazarlama yöntemlerine alışmış olan özellikle küçük ve orta ölçekli firmalardan (KOBİ) bazıları dijitalleşme sürecine aynı hızda ve oranda uyum sağlayamamışlardır. Pandemi sürecinde Sanayi ve Ticaret Odaları gibi sivil toplum kuruluşları özellikleri KOBİ boyutundaki üyelerinin ticari yaşamlarını sürdürebilmeleri için çeŖitli projeler geliŖtirmişlerdir.

Genel anlamda araştırma, kişinin yaşadığı toplumu ve çevreyi tanımak, karşılaŖtığı sorunlara çözüm yolları bulmak, yeni keŖif ve icatlarda bulunmak için giriştiği sistematik çabadır. Bu çaba bilginin bulunması, geliŖtirilmesi ve gerçeye uygun olup olmadığının kontrol edilmesi için harcanır. Bu esnada belli amaçlarla ve sistemli süreçler yoluyla sorunlara ilişkin veriler toplanır, toplanan veriler analiz edilir.

Alan araŖtırmaları gerçek hayatın içinde yürütüldüklerinden, yapaylık söz konusu değildir. Özellikle bir iŖkolu, sektör, Ŗehir veya bütün bir toplum araştırma alanı olarak kabul edilebilir. Alan araŖtırmaları insanların herhangi bir konudaki görüşlerini ve değerlendirmeleri içerir. Alan araŖtırmasının bilimsel niteliği, toplumla ve bireyle ilgili deęiŖkenleri içermesinden kaynaklanır. Bu deęiŖkenler bağımlı ve

bağımsız olarak iki ana grupta incelenmelidir. Bağımsız değişkenlere bireyin cinsiyeti, dini, medeni hali, sosyo-ekonomik durumu, eğitim düzeyi, yaşı, geliri, mesleği, yaşadığı coğrafi bölge örnek olarak gösterilebilir. Bağımlı değişkenler, ise bireyin düşünceleri, ilgisi, tutumu, tavrı gibi psikolojik ve sosyo psikolojik davranışlarıdır.

Alan araştırmalarının başında gelen anket, insanların yaşam koşullarını, davranışlarını, inançlarını veya tutumlarını betimlemeye yönelik bir dizi sorudan oluşan bir araştırma materyalidir. Herhangi bir konuda, birden çok insanın görüşlerini ve eğilimlerini öğrenmek amacıyla kullanılan bir veri toplama tekniğidir. Araştırma konusuyla ilgili olan yazılı sorulardan oluşur. Araştırmaya katılan kişilerden bu sorulara açık ve doğru bir şekilde yanıt vermeleri istenir. Elde edilen veriler çeşitli yöntemler ile analiz edilebilir. Günümüzde çok farklı yerlerden ve çok miktarda veri gelmektedir. Bu veriler işlenerek enformasyona dönüştürülmektedir. Çok sayıda verinin işlenmesi sonucunda örüntülerin oluşturulması, tahminlerin yapılması gibi işlemler için veri madenciliği yöntemleri kullanılmaktadır.

Ticari yaşamın dijitalleşmesi pandemi sürecinde en önemli desteklerden biri haline gelmiştir. Özellikle B2B ve B2C pazarlarda işlem hacimleri oldukça artmış ve çok farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmaların pazarlama stratejileri online kanallara doğru evrilmiştir. Bu çalışma kapsamında bir ilçe ticaret odasının üyelerine sunduğu dijitalleşme imkanından faydalandırılmak üzere telefon ile aranan 1150 firma üzerinde araştırma yapılmış ve kurulan hipotezlere göre sorulan sorulara verilen yanıtlar değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında saha araştırması yapılmış ve nicel araştırma yöntemlerinden biri olan anket yönteminden faydalanılmıştır. Anket sonuçları ise veri madenciliğinin sınıflandırma ve tahmin için sıkça kullanılan bir yaklaşımı olan Karar Ağaçları modeli ile analiz edilmiştir.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Literatürde dijitalleşme ve özellikle KOBİ'ler için dijital pazarlama konularına, buradan yola çıkarak da elektronik ticaretin türlerine, özelliklerine avantaj ve dezavantajlarına, maliyetlerine değinilmiştir.

Bloomberg (2018), dijitalleşmenin tek ve net bir tanımından ziyade farklı durumlarda tanımlandığından bahsetmiştir. Örneğin, medyanın

ve iletiŖimin dijitalleŖmesi, sosyal iletiŖimin birçok parçasının dijital iletiŖim ve medya altyapısı etrafında yeniden düzenlenmesinin konusu olarak görülebilir.

Lopez vd. (2019), dijital pazarlamayı bir firmanın internet üzerinde mal veya hizmeti geliŖtirebilmek, tanıtılabilmek ve satabilmek için yapmış olduğu etkinlikler olarak tanımlamaktadır.

Türkiye'de firmaların %99,87'si küçük ve orta ölçekli işletmeler olup, ülkemizin ekonomik temelini oluşturmaktadırlar. Küçük ve orta ölçekli işletmeler aynı zamanda toplam istihdamın %76,8'ini oluşturmaktadır (DPT, 2007).

Elektronik ticaret, ticaret prosedürlerinin birbirine bağlanmış bir bilgisayar ortamı içinde ve bu ağ aracılığı ile yapılabilmesi manasına gelmektedir (ŖimŖek, 2012). E-ticaret, KOBİ'lere yeni pazarlara girme ve rakiplerle rekabet etme gibi avantajlar sağlayabilir. Bu nedenle KOBİ'ler kaçınılmaz olarak e-ticareti kullanacaktır (Türkmen ve Songür, 2010).

Özellikle etkileŖim teknolojilerinin ve internet kullanımının hızla geliŖmesi yeni bir ekonomik düzeni beraberinde getirmekte, coğrafi sınırlar kalkmakta, satıcılar bütün dünyayı alıcı kabul edebilir ticari etkinliklerini web sistemlerine kaydırmak istemektedir (Civan ve Bal, 2002).

Elektronik ticaretin kapsamı Ŗu Ŗekilde sıralanabilir: Fiziki ürünlerin ve sayısal ürünlerin alım ve satımı, her çeŖit ürünün direkt tüketici için pazarlanıyor olması, tanıtıcı içerik, bilgilendirici içerik ve reklam, ticaret yapan kurumlar arasındaki hareket ve anlaşmalar, satış ardından iletiŖim, internette oluşturulan ihaleler, sanal banka hareketleri, ticari işlemlerin arŖivlenmesi (Elibol ve Kesici, 2004).

Literatürde e-ticaretin nitelikleri aŖađıda sıralanmıştır:

- İnternette yapılan ticaretin en mühim kısmı, taraflar arası çevrimiçi Ŗekilde meydana gelmesidir.
- E-ticaret firma için dıŖ dünyaya açılmakta olan kapıların en büyüğüdür.
- E-ticaret, yeni iş kültürü oluşturmasının yanı sıra, farklı kültürlere sahip tüketicilere ulaşmaktadır.



- E-ticaretle sunulan hizmetler, işletmelerin ilerdeki konumunu oluşturacaktır.
- E-ticaret, yerellikten genelliğe geçmeyi gerektirir
- E-ticaret internet üzerindeki ürün ve hizmetlere dünyanın tüm noktalarından ulaşmayı mümkün kılmaktadır.
- E-ticaretin 7/24 çalışan altyapısı, iletişim ile alışveriş için kısıtlama sorunlarını çözmektedir.
- E-ticaret istatistiklerle kanıtlanmış olarak güvenilirdir (Elibol ve Kesici, 2004).
- E-ticaretin temel yapısı kullanılarak tüketici tercihleri, alışkanlıkları ve demografik özellikleri takip edilebilir ve bu bilgiler kullanılarak alıcı ve satıcı arasında "kişisel" iş ilişkileri kurulabilir (Dolanbay, 2000).

E-ticaret avantaj ve dezavantajları literatürde birçok çalışmada irdelenmiştir. E-ticaretin en büyük artışı internet yardımı ile gerçekleşmesidir (Carter, 2002). Mağaza ve çalışan gibi büyük maliyet kalemleri olmaksızın avantajlı bir şekilde ticaret yapılmasını, aynı zamanda satın alan kişinin de daha kazançlı olmasını sağlamaktadır (Akın, 2001). Ürün satın alma trendini takip ederek tüketicilerin ilgisini çekebilecek yeni ürünlerin seçimi ve siparişine karar vermek gibi kolaylıklar ortaya koymaktadır. E-ticaret ile ürün çeşitlerinin artması, kalitesinin yükseltilmesi ve hızlıca ödenerek teslimatı sağlanabilmektedir. Bu sayede pazara daha ucuz ve daha yüksek kalitesi olan ürünlerin dahil olması sağlanarak, ticari uygulamalarda maliyetin azaltılmasına ve rekabetin çoğalmasına sebep olmaktadır. E-ticaret sayesinde, üretim yapan firmalar ürünlerini daha az maliyetle dünyanın her yerindeki tüketicilere sunabilme fırsatına sahip olabilmektedirler. E-ticaret işletmelerin küresel pazarlara açılmasına katkı sağlamaktadır (King vd., 2002).

E-ticaretin dezavantajları tartışıldığında bu ticaret şeklinin gelişmiş ülkeler ile gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan refah düzeyi farkını artıracakı düşünülmektedir. E-ticaret, yeni iş fırsatları ortaya çıkarırken geleneksel ticarete faaliyet gösteren bazı unsurların ortadan kalkması nedenleriyle işgücü fazlası ortaya çıkacak, dolayısıyla işsizlik çoğalacaktır (Tagıyev, 2005).

E-ticaret, KOBİ'ler üzerinde büyük etkiye sahiptir. Sanal ortam, KOBİ'lerin büyük işletmelere karşı savaşması için önemli fırsatlar

sağlamaktadır. Bu noktada İnternet, küçük ve orta ölçekli işletmeler için etkili ve ucuz pazarlama kanalları sunarak, dünya çapında milyonlarca kişi ve kuruluŖa ulaŖmalarını sağlamaktadır. (Kartal, 2002).

E-ticarette iŖ ölçeği anlamsızdır. Ancak, uygun fiyatlarla zamanında ürün ve hizmet sağlamak için gerçek zamanlı ve mesafe sınırlamaları vardır. İnternet, e-ticaret ve e-ticaret süreçlerini tüm işletmeler için ucuz ve kolay hale getirerek bu sorunu ortadan kaldırmaktadır (Ohshima, 2000).

Yeni fırsatları kaçırmamak için KOBİ'ler İnternet'i sadece e-ticaret için yeni bir dağıtım kanalı olarak değil, aynı zamanda dünya ile bütünleŖen, açık, yenilikçi, uzun vadeli kazançlar sağlayan ve stratejik rekabet avantajı sağlayacak bir araç olarak görmelidir (Kalaycı, 2008).

E-ticaret pek çok fırsat sunsa da üreticilerin aynı tür ürünleri elektronik olarak satan birçok üretici ile rekabet etmesi gerekecektir. Hayatta kalabilmek için daha esnek ve etkili olmaları, giderek daha Ŗiddetli rekabete hazırlıklı olmaları gerekmektedir (Özgöker ve Saral, 2000).

KOBİ'lerin ürünlerini dıŖ pazarlara ihraç edip e-ticaret araçlarını başarıyla kullanabilmeleri için; e-ticareti etkin bir Ŗekilde nasıl kullanacaklarını bilmelerinin yanı sıra, sürekli deęiŖen bir ortamda yenilikçi ve esnek kalmaları da gerekmektedir (Etemad ve Wright, 2003).

E-ticaret, potansiyel müşterilerin dünya pazarına sunulan ürünleri anlamasını ve yeni üreticilerin dünya pazarına girmesini sağlar. Daha düşük fiyatlı ve daha kaliteli ürünlerin pazara giriŖi, üreticiler arasındaki rekabeti artırmakta ve tüm ticari iŖlemlerin maliyetini düşürmektedir (Strauss ve Frost, 2000).

Hammadde sağlamak için geleneksel ticaret yöntemlerini kullanan Ŗirketlerin birçok aracı ile iŖ birliği yapması gerekse de e-ticaret Ŗirketleri, araçları ortadan kaldırarak doğrudan tedarikçilerden satın alabilirler. Pek çok OECD üyesi ülkede tedarik zincirinde yer alan araçların üreticiden tüketiciye ortalama fabrika çıkıŖ fiyatının %33 oranında farklılık göstermesine neden olduğu tespit edilmiŖtir (Civelek vd., 2003).

E-ticaret, işletmelerden işletmeye maliyetleri düşürmede ve verimliliği artırmada önemli bir rol oynar. Bilgisayar tarafından otomatik olarak gerçekleştirilen işlemler birçok faaliyet için personel ihtiyacını en aza indireceğinden, büyük miktarda personel giderlerinden tasarruf edilebilmektedir. Bilgisayar destekli, titiz ve zamanında verilen siparişler ile depoda ihtiyaç duyulan alan da azaltılır. Ayrıca satın alınan malların trendini takip ederek yeni ürünlerin seçimi ve siparişi konusunda karar vermek kolaydır, bu sayede tüketicilerin de ilgisini çekmektedir (Kalaycı, 2008).

E-ticaret KOBİ'ler için oldukça önemli bir avantajdır. KOBİ'ler sanal ticaret yardımıyla büyük işletmeler ile yarışabilme kabiliyeti kazanmaktadır. KOBİ'lerde e-ticarete geçişi engelleyen faktörlerin incelendiği bir çalışmada, 142 anket gerçekleştirilmiş ve organizasyonel yapı etkinliğinin yanı sıra, kamu desteğinin de e-ticarete geçiş bağlamında etkili olduğu ortaya konulmuştur (Daştan ve Şimşek, 2017).

Arslandere ve Sayın, gıda, makine, perakende ve inşaat sektörlerinden KOBİ'lerle gerçekleştirdikleri çalışmalarında, firmaların e-ticareti güvenli bulmadıkları, bilgi ve eleman eksikliği nedenlerinden dolayı bu tür faaliyetlere başlamaya çekindiklerini ortaya koymuşlardır (Arslandere ve Sayın, 2016).

Malatya, Elazığ, Tunceli, Bingöl illerinde gerçekleştirilen ve 1090 imalatçı firmanın katıldığı bir çalışmada, KOBİ yöneticilerinin, e-ticaret hakkındaki bilgi düzeyleri, tutumları ölçülmüş, sipariş/üretim miktarlarının artışında, ürün/hizmet tanıtımları ve satışında e-ticaret faaliyetlerinin belirleyici olduğu ortaya konulmuştur (Aydın, 2018).

Konya ilinde faaliyet gösteren 95 KOBİ'den elde edilen anket verilerinin T testi, varyans ve regresyon analizi kullanılarak değerlendirildiği bir başka çalışmada, e-ticaret yapan işletmelerin rekabet algılarının da yüksek olduğu ve yapmayanlara göre rekabet üstünlüğü sağladıkları ortaya konulmuştur. Rekabet algısının düşük olduğu işletmelerde e-ticaret faaliyetlerinin yalnızca reklam ve tanıtım amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir (Gedik, 2017).

## **KOBİ'LERİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ VE DİJİTALLEŖMELERİ**

Ekonominin temelinde yer alan KOBİ'ler dünyada birçok ÷lke için ekonomik ilerlemenin kilit anahtarı olarak gör÷lmektedir. Avrupa Birliği Yatırım Fonu (European Investment Fund - EIF) tarafından desteklenen ve 2014-2021 yıllarını içeren COSME projesi; KOBİ'lerin Avrupa Birliği Standartlarına uyumlaŖtırması, dijitalleŖmesi ve ihracatlarını arttırmaları için 62 ÷lkeden aracı kurumlara fon sağlamaktadır. Bu da dünya çapında KOBİ'lere verilen önemin anlaşılması için önemli bir göstergedir. KOBİ'lerin hayatta kalmak, temel fonksiyonlarını sürdürmek için yoğun enerji harcamaları ve kaynaklarının çok kısıtlı olması zaman zaman inovasyon ve yenilikçi ürün geliştirme konusunda geri kalmalarına neden olmaktadır. KOBİ'ler çok kısıtlı kaynak ve az sayıda nitelikli personel ile yaşama savaşı vermektedir. Bu nedenle fiziksel kaynakların en optimal kullanımını sağlayan elektronik ticaretin KOBİ'ler için hayati önemi bulunmaktadır. DijitalleŖmenin kritik bir faktör olmasına rağmen KOBİ'lerin birçoğunun bunun farkında olup olmadığı ne derece önem verdikleri incelenmesi gereken bir konudur. Kısıtlı kaynaklarla idare eden KOBİ'ler özellikle pandemi döneminde büyük yara almıştır. Bu nedenle bağlı oldukları odaların projeler ile desteklemesi, yara bandı uygulamalar ile KOBİ'lerin yaralarını sarması önemli görevlerin başındadır. Bu çalıŖma, bir odanın üyesi olan firmalara online ticaret hizmeti sağlamak üzere baŖlattığı çalıŖmada KOBİ'lerin projeye katılımlarının ölç÷lmesi temel alınarak geliştirilmiştir. ÇalıŖmanın sonuçları değerlendirilip KOBİ'lerin dijitalleŖmeye olan ilgisinin arttırılması yönünde yeni projeler geliştirilmesi gerekliliktir.

## **VERİ MADENCİLİĞİ MODELLERİ**

Veri madenciliğinin uygulama basamağı için çoğaltılmış birçok algoritma vardır. Algoritma verilere ve kullanıcı isteğine göre seçilir. Modellerin kullanıcıların farklı model anlayışına kılavuzluk etmek ve amaca ulaşmak için ipuçları belirlemelerine de imkân temin etmek gibi amaçları vardır.

Veri madenciliği deneysel bir çalıŖma olduğundan değerşik ve farklı algoritmaların denenmesinde yarar bulunmaktadır. Denemesi yapılan algoritmalardan başarılı sonuç alınan veya alınanlar seçilebilir. Seçilen

algoritmalar kullanılarak da kullanılacak model belirlenebilir. Ancak veriler zaman içinde değişebileceğinden modellerin de zamanla değiştirilmesi veya geliştirilmesi gerekebilir.

Modeller tanımlayıcı ve tahminleyici olarak ikiye ayrılır. Tanımlayıcılar verilerin genel özelliklerini sıralarken tahminleyiciler elimizdeki veriler sayesinde önsözlerde bulunur (Denizli, 2019).

Veri madenciliği modelleri genel hatlarıyla Birliktelik Analizi, Kümeleme, Sınıflandırma ve Regresyon modelleri olmak üzere 3'e ayrılır. Bu modellerden Birliktelik Analizi ve Kümeleme tanımlayıcı model iken Sınıflandırma ve Regresyon tahminleyici modeldir (Gülmez, 2016).

Birliktelik Analizi; Veri madenciliğinde en sık kullanılan modellerden biridir. Bir diğer adı sepet analizidir. Birliktelik Analizi, hareketi birlikte devam eden verilerin durumunu ortaya çıkarmak için kullanılır. Verilerin davranışları incelenerek ilerleyen zamanlarda aynı durumlar için öngörüle bulunarak bir yol izlemeye yardımcıdır. Kullanılacak nesnelere veya niteliklerin birlikte gösterdikleri davranışları saptamak için kullanılır (Rencüzoğulları, 2019).

Kümeleme; Benzer özellikler gösteren verilerin ortak bir grupta toplanmasıdır. Aynı kümeye alınmış veriler benzer özellikler gösterirken farklı kümelerdeki veriler benzerlik göstermezler. Kümeler daha önceden belli olmama özelliğiyle sınıflandırmadan ayrılır. Sınıflandırmada gruplar önceden tanımlanmıştır (Gülmez, 2016). Kümelemenin temel amacı verilerin yığılmasını engellemek yani veri hacmini daraltmaktır. Kümeleme aynı zamanda veri tabanındaki kayıtları özelleştirir ve belirlenmiş kümelerin dışında kalan istisnaları tespit eder (Fakı, 2015).

Sınıflandırma ve Regresyon Analizi; veri madenciliğinde en çok kullanılan modellerdir. Sınıf tanımlamaları önceden bellidir. Daha çok tahminlemelerde kullanılır.

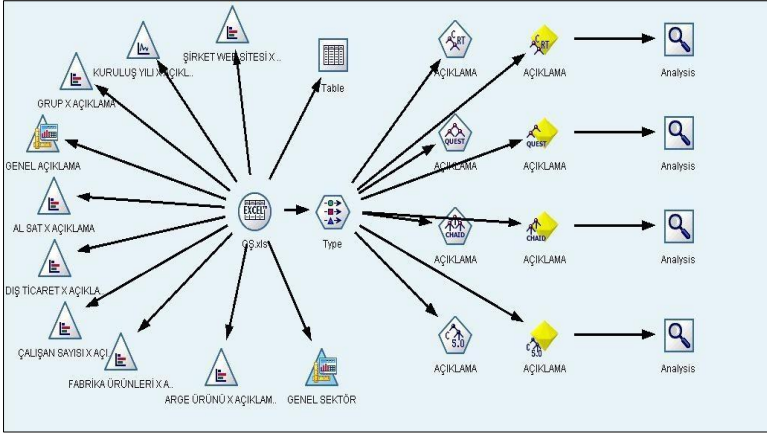
Regresyon analizinde ise durumlar değerlendirilirken hangi durum ve olaylardan etkilenildiğini belirlemek ana amaçtır. Farklı değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesidir.

Girdi ile sonuç arasındaki iliŖki için en iyi tahminlemeyi yapabilecek modeli oluŖturmak en büyük amaçtır. Girdiler “bağımsız deęiŖken” iken sonuç “bağımlı deęiŖken”dir. Modelde bir bağımlı deęiŖken ve bir veya birden fazla bağımsız deęiŖken vardır. Bir deęiŖkenli model doğrusal (basit) regresyon, çok bağımsız deęiŖkenli modeller çoklu regresyon olarak ifade edilmektedir (Fakı, 2015).

## **KOBİ’LERİN DİJİTALLEŖMESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

E-ticaretin yaygınlaŖması, firmaların dijitalleŖmesini gerektirmektedir. Bu anlamda KOBİ’lerin dijitalleŖmesi için planlı çalıŖmalar yapılmalı, destekler sağlanmalıdır. Bu çalıŖmada bir ticaret odası üyesi olan firmaların e-ticaret ve dijitalleŖmeye bakıŖ açısı farklı durumlara göre değerlendirilmeye çalıŖılmıŖtır. Ayrıca sürece katılmak isteyen firmalar için birer e-ticaret sitesi profili oluŖturulmuŖtur. ÇalıŖma kapsamında Kocaeli’de yer alan bir ilçe Ticaret Odasının 1150 üyesi ile birebir telefon görüŖmesi yapılarak ve yüz yüze görüŖülerek e-ticaret sitesi profili açmaya yönelimleri deęerlendirilmiŖtir. Bu çalıŖmada firmaların kuruluŖ tarihleri (Ŗekil 3) ve ticaret odasında üye oldukları meslek grubuna (Tablo 1) göre sektörlerinin bilgisi ticaret odasından sağlanırken firmalardan da daha önce web siteleri olup olmaması, AR-GE yapıp yapmaması, ürün üretiyor olup olmaması, al-sat üzerine ticaret yapıp yapmaması, dıŖ ticaret yapıp yapmaması ve çalıŖan sayısına göre büyüklük bilgileri alınmıŖtır. Firmaların kuruluŖ yıllarına incelendiğinde kuruluŖ yıllarının 1960-2020 arasında deęiŖtięi görülmüŖtür. ÇalıŖmaya katılanların çoğunlukla 1990 sonrasında kurulmuŖ olduğu, 1960-70 arasında kurulan az sayıda firma olduğu görülmüŖtür. İstatistiksel analizler SPSS programından faydalanılarak oluŖturulmuŖtur. ÇalıŖmada çeŖitli karar ağaçları yöntemleri denenmiŖtir ve Ŗekil’1 de gösterilmektedir.

ÇalıŖmada çeŖitli modeller denenmiŖ ve %85,22 değeri ile Ŗekil 2 de ekran görüntüsü verilmiŖ olan C5.0 karar ağacı yöntemi en yüksek güven değerine sahip olduğu için seçilmiŖtir.



Şekil 1. Farklı karar ağacı çalışmalarının incelenmesi

1150 firmanın içinde profili tamamlananların sayısı 410, kararsız kalanların sayısı 303 ve profil oluşturmak istemeyenlerin sayısı 437 olarak görülmektedir. Profili tamamlanan firmaların en çok Madencilik / MadeniYağ / Kimya / Petrol sektöründen olduğu görülmektedir. Firmaların e-ticarete geçme istekleri kuruluş yıllarına göre incelenmiştir. Tablo 1’de firmaların sektörlere göre dağılımı ve e-ticaret profillerinin tamamlanma durumu özetlenmiştir.

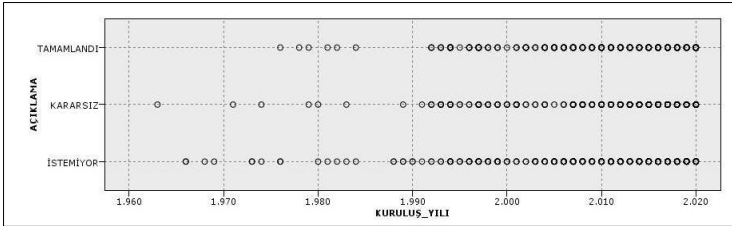
Results for output field AÇIKLAMA			
Comparing \$C-AÇIKLAMA with AÇIKLAMA			
Correct	980	85,22%	
Wrong	170	14,78%	
Total	1.150		

Şekil 2. Doğruluk payı test sonucu

*Tablo 1. Firmaların sektörlere göre dağılımı ve e-ticaret profillerini tamamlama durumu*

SEKTÖRLER	TAMAMLANAN FİRMA SAYISI	KARARSIZ FİRMA SAYISI	İSTEMEYEN FİRMA SAYISI	TOPLAM
AKARYAKIT/GAZ	4	13	21	38
BEYAZ EŞYA/TELEKOM/REKLAM	20	12	27	59
EMLAK/TEMİZLİK	27	39	25	91
GIDA	48	51	65	164
GÜMRÜKÇÜLÜK/ DENİZCİLİK	12	3	5	20
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ/HAFRIYAT/YAPI DENETİM	29	23	35	87
KERESTE/AHŞAP/İNŞAAT MALZEMELERİ/ÇELİK KONSTRÜKSİYON	23	20	26	69
MADENCİLİK/MADENİ YAĞ/KİMYA/PETROL	70	31	41	142
MOBİLYA/TEKSTİL	27	24	25	76
MÜHENDİSLİK/TESİSAT/DOĞALGAZ	39	34	24	97
NAKLİYE/LOJİSTİK/TURİZM	15	4	17	36
OTOMOTİV/ÇELİK KONSTRÜKSİYON	50	32	72	154
SAĞLIK/EĞİTİM/KUYUMCULUK	15	4	26	45
SİGORTA/BANKA	13	7	11	31
YAPI KOOPERATİF/İNŞAAT TAAHHÜT	18	6	17	41
<b>TOPLAM</b>	<b>410</b>	<b>303</b>	<b>437</b>	<b>1150</b>

Şekil 3'te kuruluş yıllarına göre dağılım verilmiştir. Firmaların sektörü ile e-ticarete geçme istekleri değerlendirildiğinde Akaryakıt/Gaz ve Gıda sektörlerindeki firmaların diğer sektörlerdeki firmalara göre profil oluşturmayı tercih etmeme oranının daha fazla olduğu görülmüştür. Emlak/Temizlik sektöründeki firmaların ise diğer sektörlerle göre daha fazla kararsız kaldıkları görülmüştür.



*Şekil 3. Kuruluş yıllarına göre firmaların e-ticaret profili teklifine bakışı*

Al-sat ticareti yapan firmaların yapmayanlara göre e-ticaret profili oluşturmak konusunda daha fazla kararsız kaldığı görülmektedir. Ayrıca alt-sat ticareti yapmayanlarda e-ticaret sitesi profili istememe durumu daha fazladır. Bu oran %73'e, %27 şeklindedir.

Dış ticaret yapan firmaların e-ticaret profili oluşturma konusunda istekli oldukları görülmüştür. Dış ticaret yapmak istemeyen firmaların ise profil oluşturmayı dahi istemedikleri görülmektedir. %57'si olumsuz cevap vermiştir.



Firmaların ürettiği bir ürün olup olmayışına göre e-ticaret profiline bakış açısı incelenmiş ve profil konusunda isteksiz olanların büyük çoğunluğunun (%73) ürünün olmadığı tespit edilmiştir ancak genel bir yargıya varılamamaktadır.

Firmanın AR-GE yapıp yapmayışının e-ticaret profili konusunda etkisi incelenmiş; AR-GE faaliyeti olan firmalar içerisinde e-ticaret profiline bakış açısı olumlu olanların çoğunlukta (%97) olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca daha önceden şirket web sitesi olan firmaların olmayanlara göre profil oluşturmaya daha istekli oldukları görülmüştür. Diğerlerinin ise çoğunlukla kararsız kaldığı tespit edilmiştir.

## **SONUÇ**

Bu çalışmada bir ilçe ticaret odası üyelerinin ticari kapasitelerini arttırmak amacıyla yürüttüğü proje kapsamında oda tarafından işlem kapasiteleri ve dış ticaret yapabilme kabiliyetlerine göre seçilen 1150 üye ile yüz yüze veya telefonla görüşülerek veri toplanmıştır. Üyelerin dijitalleşmeye ve e-ticaret sitelerine bakış açıları sorgulanmış ve odanın üyelerine ücretsiz olarak sunulan e-ticaret sitesi üyeliğine istekleri ölçülmüştür. Hizmet ücretsiz olmasına rağmen aranan kişilerin e-ticaret sitesi üyeliğinden faydalanmak istemedikleri görülmüştür. 410 firma olumlu yaklaşırken, 303 firma kararsız kalmış ve 437'si istekte bulunmamıştır. Dış ticaret yapma ve daha önceden bir web sitesine sahip olmak firmanın e-ticaret profili açma konusunda olumlu bir bakış açısına sahip olmasını sağlamıştır. Ayrıca kuruluş yılları değerlendirildiğinde genç olmayan firmaların e-ticaret ve dijitalleşme konusunda genç firmalardan geride olduğu gözlemlenmiştir. AR-GE faaliyeti yapan firmaların, ürün ve hizmetlerini tanıtmak için e-ticarete ve dijitalleşmeye bakış açılarının olumlu olduğu görülmüştür. Çalışan sayısı arttıkça firma büyüklüğünün de artması nedeniyle e-ticaret ve dijitalleşme faaliyetlerine bakış daha olumlu olmaktadır.

Çalışma, çalışma evrenindeki işletmelerin e-ticaret yapma durumunu analiz etme ve onları e-ticarete yönlendirmeye yöneliktir. Bu doğrultuda çalışmanın literatür araştırması safhasında dijitalleşme ve e-ticaret üzerine bilgiler ve araştırma sonuçları paylaşılmıştır. Uygulama ve değerlendirme safhasında ise oda üyesi firmaların e-ticaret sitesi profili açmaya yönelimi çeşitli açılardan

deęerlendirilmiŖtir. İstekli firmaların profillerinin oluŖturulmasına yönelik bir çalıŖma gerçekleŖtirilmiŖtir. Bu yönden bakıldığında çalıŖma proje niteliği de taŖımaktadır.

Devletlerin eğitim ve teknoloji alanlarında genel, firma kredileri alanında özel olarak yapacağı yatırım ve projeler, sonraki süreçte firmaların vergi, ihracat gibi konularda direkt, müŖteri memnuniyetinden hareketle ülke refahı gibi konularda ise dolaylı olarak lehine olacaktır. Bu nedenle devletler, e-ticaret ve dijitalleŖmeye yatırım yapmalıdırlar. Bu konuda ülkemizde kamuca fonlanmakta olan KOSGEB, KOBİ'leri hedefleyerek onlara maddi destekler sağlamaktadır. KOSGEB tarafından verilen maddi yardımlara ek olarak markalaŖma ve danıŖmanlık çalıŖmalarının geliŖtirilmesinin ülkemizde e-ticaretin geliŖmesine, bununla beraber devlet kazançları ve geliŖmiŖlik düzeyine yapacağı katkı oldukça büyük olacaktır.

Firmalar dijitalleŖme ve e-ticaret konusunda devlet desteğinin yanı sıra iŖletme bazında eğitim ve çalıŖmalar düzenleyerek bu süreçte e-ticaret yapmayan firmalar arasından sıyrılabilir ve bu firmalara öncülük ederek destek olabilirler. Bu kapsamda odalarda ve lokal topluluklarda bu konularla ilgili fikir alıŖveriŖi ve eğitim çalıŖmalarının yapılması firmaların birbirine örnek olarak dijitalleŖme sürecinin hızlandırılmasına yardımcı olabilir.

Hızla geliŖen ve deęiŖen dünyada teknoloji ve ticaretin sınırlarının yeniden yazıldığı aŖıkkardır. Bu konuda herkes üzerine dŖeni yapmalı ve çevresini de teŖvik etmelidir. Ortak amaç, lkeyi kalkındırmak ve firmaları dünya pazarında söz sahibi yapmak olmalıdır.

## KAYNAKÇA

Akın, H. B. (2001). World Wide Web'in GeliŖmesi ve WEB Temelli Uygulamaların Elektronik Ticaret zerindeki Etkileri. *Pazarlama Dünyası Dergisi*. Cilt:13, Sayı:75 (58).

Aydın, A. (2018). Kobi Yöneticilerinin Web Tabanlı E-Ticaret Hakkındaki Bilgi Düzeyleri ve Tutumları: Trb1 Bölgesi rneği, *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2, 1, 65-89.

Arslandere, M. ve Sayın, A.A. (2016). Karaman İlinde Faaliyet Gösteren Kobilerde Elektronik Ticaret Kullanımı zerine Bir AraŖtırma, *Uluslararası Katılımlı 16. Üretim AraŖtırmaları Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, Türkiye.

Bloomberg, J. (2018), *Digitization, Digitalization, and Digital Transformation: Confuse Them at Your Peril*, recieved from <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-anddigital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#3f4222a72f2c>

Carter, J. (2002). *Developing e-Commerce Systems*. New Jersey: USA; Prentice Hall.

Civan, M. ve Bal, V. (2002). “E-Ticaret ve KOBİ’lerin Geleceği”, *I. Ulusal Bilgi, 326, Ekonomi ve Yönetim Kongresi / Bildiriler Kitabı, Kocaeli Üniversitesi İİBF İktisat ve İşletme Bölümü*, Hereke- Kocaeli, Türkiye.

Civelek, M. Sözer, E. ve Güçlü E. (2003). *İnternet Ticareti: Yeni Ekososyal Sistem ve Ticaret Noktaları*, İstanbul, Türkiye, Beta Yayınları.

Daştan İ., Şimşek Ç. (2017). “Kobilerin E-Ticarete Geçişini Etkileyen Faktörler: Yalova İli Örneği”, *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl: 7, Sayı: 15, 46-56.

Denizli, Z. (2019), *Veri Madenciliği Modelleri ve Örnek Bir Uygulama*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.

Dolanbay, C. (2000). *E-Ticaret Strateji ve Yöntemleri*, İstanbul, Türkiye, Sistem Yayınları, I. Baskı.

DPT, (2007). *KOBİ Stratejisi ve Eylem Planı, 2007-2009*, Ankara.

Elibol H., Kesici B. (2004). Çağdaş İşletmecilik Açısından Elektronik Ticaret, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Vol:11, 310-326.

Etemad, H., Wright, R. (2003). *Globalization and Entrepreneurship: Policy and Strategy Perspectives*, Edward Elgar Publishing.

Fakı B. M. (2015). *Veri Madenciliği Yöntemlerini Kullanarak Anemi Sınıflandırılmasına Yönelik Bir Uygulama*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Türkiye.

Gedik, H. (2017). Konya Organize Sanayi Bölgesi’ndeki Kobilerin E-Pazarlama Uygulamaları, *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6, 5, 129-149.

Gülmez B., (2016), *Yapay Sinir Ağlarının Yeni Metasezgisel Algoritmalar İle Eğitimi ve Veri Madenciliğinde Sınıflandırma Alanında Kullanımı*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye.

Kalaycı C., (2008). Elektronik Ticaret ve Kobilere Etkileri, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Cilt:1 Sayı:1, 139-150.

Kartal, C. (2002). İnternet Ortamında Pazarlama: Elektronik Ticarete İlk Adım, Ankara, Türkiye, Gazi Kitapevi.

King, D., Lee, J., Warkentin, M. ve Chung, M. M. (2002). *Electronic Commerce a Managerial Perspective*. New Jersey, USA, Prentice Hall.

López García, J., Lizcano, D., Ramos, C. ve Matos, N. (2019). Digital Marketing Actions That Achieve a Better Attraction and Loyalty of Users: An Analytical Study, *Future Internet*, 11, 130, 1-16.

Ohshima, M. (2000). Local EC Business Community for SMEs” İnternet Adresi: [http://www.ecom.org.jp/ecom\\_e/home/ecom-forum\(ohshima\).pdf](http://www.ecom.org.jp/ecom_e/home/ecom-forum(ohshima).pdf).

Özgöker, U. ve Saral, T. (2000). *Gümrük Birliği Sürecinde KOBİ'ler*, Türkiye-Avrupa Birliği Derneği İstanbul Ŗubesi, Yayın No. 6, İstanbul.

Rencüzoğulları B., (2019), *Veri Madenciliğinde Birliktelik Kuralı ve Hepatit Hastalığı Üzerine Bir Uygulama*, EskiŖehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, EskiŖehir, Türkiye.

Strauss, J., Frost, R. (2000). *Marketing*, Second Edition, New-Jersey, USA, Prentice-Hall Inc.

ŖimŖek, S. (2012). *Türkiye’de Elektronik Ticaret ve E-Ticaretin KOBİ’ler Üzerindeki Etkisi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı Uluslararası Ticaret Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.

Tagıyev R, (2005). *E - Ticaret ve İnternet Üzerinden Pazarlama*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye.

Türkmen B., Songür N. (2010). Kobilere E-Ticaret Kullanımına Yönelik Bir AraŖtırma: OSTİM Örneği, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23, 231-237.

# **E-Ticaret Sektöründe Şikayet Yönetimine Yönelik Gri İlişkisel Analiz Tekniği Uygulaması**

**Hale Nur Güler**

*Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-6333-1849)*

## GİRİŖ

Teknolojideki ilerleme, ekonomik gelişme, eğitim düzeyinin yükselmesi ile her geçen gün müşteri beklentileri değişmekte ve artmaktadır. Kurumların içinde buldukları sektörde diğer kurumlarla rekabet edebilmeleri teknolojilerini, ürün ve hizmet sunumlarını ve sonrasındaki süreçlerini, insan kaynağını ve müşteri beklentilerini etkinlikle yönetebilmelerine bağlıdır. Yaşanan gelişmelerle birlikte müşteriler günümüze birçok kanal aracılığı ile beklentilerini iletebilmektedir. Kurumların iletilen beklentilere cevap verebilmeleri ve uygun çözümleri sunmaları onları ayakta tutacak önemli kriterler arasındadır. Ŗikayetlerin kurumlar açısından önemi oldukça açıktır. Ŗikayetlerin memnuniyete göre daha çok aktarıldığını ve bu bağlamda kurum imajı açısından da kritik olduğunu ifade etmek mümkündür.

Kurumların Ŗikayet yönetim süreçlerinde etkili olmaları açısından Ŗikayet yönetimi için uygun özelliklerdeki çalışanların seçimi ve göreve yerleştirilmesi önemlidir. Müşterilerin kolaylıkla ulaşabilecekleri kanalların kurulması ve işletilmesinin yanı sıra Ŗikayetlerin hassasiyetle ele alınıp ideal çözüm süresinde sonuçlandırılması da Ŗikayet çözüm sürecinin başarılı olması için gerekmektedir. Sürecin müşteri açısından memnuniyet yaratabilmesi için sunulan çözümün müşteri beklentisinin üzerinde sonuçlandırılması ardından da müşteri davranışlarının takip edilmesi gerekmektedir. Kurumlarda etkin Ŗikayet yönetimi için verilerin arşivlenmesi, müşterilerin izlenmesi, inovatif ürün ve hizmet süreçlerinin oluşturulması oldukça önemlidir.

Son yıllarda internet girişimciliğinin arttığı görülmektedir. Mart 2020 dönemi itibari ile dünyayı ve ülkemizi etkisi altına alan koronavirüs pandemisi sebebiyle de müşterilerin ürün ve hizmet temini için daha fazla internet kanalı ile işlem yaptıkları görülmektedir. İnternette alışveriş müşterilere hız, daha fazla ürün seçeneği, indirim fırsatlarını izleme, farklı ödeme olanakları, fiyat karşılaştırması, ürün ve hizmetle ilgili bilgi sahibi olma gibi avantajlar sunmaktadır.

Mal ve hizmetin internet kanalı ile alım ve satımı anlamında olan e-ticaret için müşterilerin tercih edebilecekleri birçok alternatif bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ürün ve hizmet çeşitliliği ve

müşteriye sunulmasına kadar oluşan şikayetlerin de etkili şekilde çözümlenmesi müşteriye sunulan deneyim açısından oldukça kritiktir.

Şikayet müşteri beklentilerinin anlaşılması için kurumlara fırsat sunmaktadır. İletilen şikayetlerin ele alınışındaki etkinlik ile kurumların ürün ve hizmet sunumu süreçlerinde iyileştirmeler yapılabilmektedir. Bu anlamda şikayet yönetim politikaları için kurumların oldukça hassas hareket etmeleri gerektiği aşikardır. Bu çalışmada e-ticaret sektöründe yer alan kurumlar için veriler (URL-1) sitesinden ve kurumların resmi internet sitelerinden elde edilerek belirlenen kriterlere göre kurumların şikayet yönetim politikalarındaki etkililikleri Gri İlişkisel Analiz ile değerlendirilmiştir. Müşteri deneyiminin önemli noktaya geldiği çağımızda kurumların şikayet yönetiminde etkililiklerinin diğer kurumlarla karşılaştırılmasının, şikayet yönetimi ile ilgilenen yönetici ve araştırmacılar için süreç geliştirme çalışmaları ve yaratacakları müşteri deneyimi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

## **ŞİKAYET YÖNETİMİ, E-TİCARET VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ**

Satın alınan ürün ya da hizmet için beklentinin karşılanmaması ve tatminsizlik sonucunda şikayet oluşmaktadır (Barlow ve Moller, 2009). Şikayet, ürün ya da hizmet satın alan tüketicinin olumsuz geri bildirimidir. Kurumun sunduğu ürün ve hizmetle ilgili olumsuz geri dönüş alması şikayet olarak belirtilmektedir (Mensah, 2016). Müşteriler şikayet ile ürün ve hizmetle ilgili bilgi verip yaşanan olumsuz durum için tazmin beklemektedir (Blöndal, 2017).

Şikayetler müşteri beklentilerinin anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Kurumlar şikayetler için özenli politikalar belirlediklerinde müşteri memnuniyeti yaratmaktadırlar. Bu bağlamda etkili şikayet yönetimi kurumların geleceğe güvenle adım atmalarına yol açmaktadır (Kozak, 2007). Müşteriler ürün ya da hizmetle ilgili olumsuz durum yaşadıklarında ya durumu kuruma ileterek şikayette bulunurlar ya da markayı terk etme eğilimine girerler (Scriabina ve Fomichov, 2007).

Müşteriler markaları kurum ve çalışanlarından yeterli ilgi almadıklarını düşündüklerinde, ürün ve hizmet kalitesinden memnuniyet duyulmadığında, rakip markalar sebebiyle, ürün ve hizmeti temin edebilecekleri tanıdık bulunduğu, taşınma ya da vefat nedeniyle

terk etmektedir (URL-2). Ŗikayet sürecinin etkili Ŗekilde yönetilmesi müşteri sadakatine de yol açmaktadır (Kraemer vd., 2020).

Ŗikayetin etkili yönetimi ile müşteri beklentilerinin anlaşılması, Ŗikayet sayısının azalması, ürün ve hizmet kalitesinde artış, hataların azalması, reklam ve satış avantajı yaratılmaktadır (Alabay, 2012; Tronvoll, 2008). Kurumlarda etkili Ŗikayet yönetimi müşteri kaybını engellemekte, çapraz satış fırsatı yaratmakta ve müşterilerin yasal yollara başvurmalarını da önlemektedir (Harrison, Walker, 2001).

Müşterilerin ürün ve hizmet satın almalarının ardından beklentilerinin karşılanmaması sebebi ile Ŗikayetleri oluşmaktadır. Müşteriler Ŗikayet çözüm sürecini değerlendirerek markada kalma veya terk etme kararı vermektedir (Köse, 2007). Müşterilerin memnun olmamaları durumunda her zaman Ŗikayet etmedikleri de bilinmektedir (Gökdeniz vd., 2011). Müşteriler çaba ve zaman harcamak istemediklerinde, risk almak istemediklerinde, Ŗikayet kanalları hakkında bilgi sahibi olmadıklarında, sonuç alınabileceğine dair inançları olmadığı durumlarda Ŗikayetlerini ilgili kurum ya da kuruluşlara iletmemektedir (Burucuoğlu, 2011).

Müşterilerin ürün ve hizmet satın almaları sonrasında memnuniyetsizliklerini iletebilecekleri birçok kanal bulunmaktadır. Müşteriler halka açık kanallar, kurumların Ŗikayet kanalları, tüketici hakem heyeti, tüketici dernekleri, kanuni yollar ve Ŗikayetleri toplayan internet platformları ile Ŗikayetlerini ulaştırabilmektedir (Supriaddin, vd., 2015; Cho vd., 2002). Ŗikayetlerin ağızdan ağıza aile ve arkadaşları bilgilendirme, markayı terk etme, üst yönetime iletme, yorum ve öneri formlarına iletme, Ŗikayet mektubu, dilekçe, kitlesel medya araçlarına iletme, tüketici derneklerine iletme olarak yedi Ŗekilde gerçekleştirildiği bilinmektedir (Heung ve Lam, 2003).

Ŗikayetlerin ağızdan ağıza iletılarak kitlelere ulaşması kurum imajına olumsuz etki etmekte ve gelecekte kurumun tercih edilebilirliğini etkilemektedir (Januszewski, 2004). Müşterilerin ürün ve hizmetle ilgili yaşadıkları olumsuz durumları olumlulara göre iki kat daha fazla ifade ettikleri belirtilmektedir (Plymine, 1991).

Kurumların içinde buldukları sektörde rekabet gücüne sahip olabilmeleri ve geleceği yakalayabilmeleri için müşteri Ŗikayetlerini memnuniyete dönüŖtörmeleri gereklidir. Başarılı kurumların Ŗikayet



çözme kültürü edindikleri, müşteriler ile iletişim kurabilecekleri kanalları yeterli sayıda ve işlevsellikte oluşturdukları, müşteriler ile açık anlaşılır ve uygun çözüm süresi içinde sonuç elde ettikleri görülmektedir. Şikayet yönetimi sürecinde başarılı olan kurumların müşteri memnuniyeti araştırmaları yaptıkları da ifade edilmektedir (Robert ve Sandy, 2002).

Şikayet yönetiminde başarı elde edebilmek için müşterilerin etkin şekilde dinlenmesi ihtiyacın ortaya çıkartılması gereklidir. Müşteri ile empati kurmak sürecin bir parçasıdır. Şikayetlerin birden fazla bakış açısı ile ele alınması önemlidir. Müşteri memnuniyeti sağlarken ürün ve hizmet sürecinde de kalıcı iyileştirmeler planlanmalıdır. Müşterilerin kısa sürede ve şeffaf çözüm bulmaları sağlanmalıdır. Şikayet yönetimi için çalışanlara ihtiyaç duydukları eğitim ve gelişim desteği sağlanmalıdır. Çalışanların motivasyon artırıcı etkinliklerle desteklenmesi de onların uzun vadede başarısını olumlu yönde etkileyecektir (Yılmaz vd., 2015).

Müşteri şikayetlerinin anlaşılması için müşterilerin dinlenmesi, gerekli zamanın ayrılması ve doğru sorular ile ihtiyacın tespiti yapılmalıdır. Müşteri ile iletişimde nazik ve yardımsever olunmalıdır. Yaşanan durum için üzgün olduğu ifade edilip gerektiği durumlarda özür dilenmelidir. Şikayet çözümünde bir diğer başarı kriteri de ideal sürede müşterinin yanıtlanmasıdır. Müşteri beklentisinin ötesinde bir çözüm sunulması gereklidir. Çözüm sonrasında müşteri davranışı izlenmelidir (Ramsey, 2016).

Kurumların müşterilerini iyi tanımaları beklentilerini anlamaları oldukça önemlidir. Şikayet yönetimi bütçesi özenle yönetilmeli, şikayetin kuruma olan etkileri gözetilerek süreç takibi etkili şekilde yapılmalıdır (Odabaşı, 2009; Butelli, 2007)

Son dönemde ülkemizde ve dünyada internet girişimciliği yükselmektedir. İçinde bulunulan koronavirüs pandemisi sebebi ile en hızlı yükselen kanallardan biri de e-ticaret olmuştur. E-Ticaret Bilgi Platformu (ETBİS) verilerine göre 2020 yılında 2019 yılına göre e-ticaret hacminde %64 artış yaşanmıştır (URL-3). E-ticaret mal ve hizmetlerin internet üzerinden alınıp satılması olarak tanımlanmaktadır. E-ticaret yatırımcı firmaya çeşitli avantajlar sunmaktadır. Daha düşük ve işletme sermayesi ile daha geniş pazarlara açılım e-ticaret ile sağlanabilmektedir. E-ticaret web tabanlı sipariş ve

ödeme sistemleri, depolama, paketleme, sevk ve iade gibi lojistik operasyon, sipariŖ takibi, müşteri iliŖkileri ve Ŗikayet yönetimi gibi süreçleri kapsamaktadır. E-ticaretin müşteriler için de birçok avantajı bulunmaktadır. Hızlı alışveriş, daha çok ürün alternatifi, indirim fırsatlarının takibi, farklı ödeme seçenekleri, fiyat mukayesesi yapabilme, ürün ve hizmet yorumları inceleme e-ticaretin müşteriye sunduğu avantajlardandır (URL-4). E-ticaret sektöründe kurumların hizmet kalitesi sunmaları müşteri sadakatine yol açacaktır (Aktekin, 2020).

Gri İliŖkisel Analiz (GİA) çok kriterli karar problemleri için belirsizlik durumlarında kullanılan karar verme tekniklerindedir. 1982 yılında Deng tarafından geliştirilen Gri İliŖkisel Analiz, eksik belirsiz yetersiz bilgi ile karşılaŖıldığında farklı alanlarda karar vermeye yarayan bir yöntemdir (Deng, 1988).

Gri sistem teorisinde belirsizliğin olmadığı tam bilgi durumu beyaz, eksik bilgi ya da belirsizlik gri ile belirtilmektedir. Eksik bilgiye sahip olan sisteme gri sistem denilmektedir (Tsai vd., 2003). Gri sistem teorisinin bir parçası olan Gri İliŖkisel Analiz benzerlik ya da farklılık derecesine göre iliŖki ölçmekte ve sıralama yapmaktadır (Chen ve Ting, 2002; Feng ve Wang, 2000).

Gri İliŖkisel Analizle belirli çalışma konularında mevcuttaki tüm durumların bir sistem içinde bütün iliŖkilerinin net ve kesin bir biçimde tanımlanması yapılmaktadır (Huang ve Lee, 2003). Gri İliŖkisel Analiz ile birçok kriterin birlikte ele alınabilmesi mümkün olmakta, veri sayısının az olması halinde bile değerlendirme yapılabilmekte, dağılımın bilinmediği veya normal olmadığı durumlarda bile değerlendirme yapılabilmesine ve sıralamaya imkan vermektedir (Liu ve Forrest, 2007).

Gri İliŖkisel Analizin avantajları arasında kuruluş modeli bir dizi işlevsel model olmaması, hesaplanmasının basit ve kolay şekilde yapılabilmesi, örneklem miktarıyla ilgili varsayımlara dayalı katı kurallarının olmaması, örneklem verileri arasında birebir iliŖki derecesinin sayısal olarak karmaŖık halde olmadan analize tabi tutulabilmesi de sayılmaktadır (Tzeng ve Tsaur, 1994).

Gri İliŖkisel Analizin 6 adımda uygulandığı ifade edilmektedir. Bu adımlar aŖađıda belirtilmiŖtir (Peker ve Baki, 2011; Zhai vd, 2009):

1.Karar matrisinin belirlenmesi; m alternatifleri n ise kriterleri göstermektedir.

$$\begin{matrix} X_1(1), X_2(2).....X_1(n) \\ X_2(1), X_2(2).....X_2(n) \\ ..... \\ ..... \\ X_m(1), X_m(2)....X_m(n) \end{matrix}$$

2.Karşılaştırma matrisinin belirlenmesi

3.Normalizasyon işlemi; farklı boyutlarda olan göstergelerin karşılaştırılması için verilerin standart hale getirilmesini gerektirir. Aşağıdaki adımlarla veriler standart hale getirilmektedir.

$$\begin{aligned} X_i(k) &= \{ x_i(k) - \min x_i(k) \} / \{ (\max x_i(k) - \min x_i(k)) \} \\ X_i(k) &= \{ \max x_i(k) - \min x_i(k) \} / \{ (\max x_i(k) - \min x_i(k)) \} \\ X_i(k) &= 1 - | x_i(k) - u_i | / \max | x_i(k) - u_i | \end{aligned}$$

4.Mutlak değer tablosunun belirlenmesi; kriterlerin karakteristiklerinin baz alınması ile katsayı farklılıklar hesaplanmaktadır. Katsayı farklılığı sıra sayısı ile referans değer arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

$$\Delta X_i(k) = | Y_0(1) - X_1(1) |, | Y_0(2) - X_1(2), ..... | Y_0(n) - X_1(n) |$$

5.Gri ilişkisel katsayı matrisinin belirlenmesi; fark veri dizinin içerisinde  $\Delta_{enb}$  (her dizi içindeki en büyük değişim değeri) ve  $\Delta_{enk}$  (her dizi içindeki en küçük değişim değeri) değerleri bulunur.  $\delta$  katsayısı genellikle 0,5 olarak alınmaktadır.

$$\vartheta (j) = (\Delta_{enk} + \delta \Delta_{enb}) / (\Delta_i(j) + \delta \Delta_{enb})$$

6.İlişki derecesinin hesaplanması; matrisin oluşması için her fark veri set için hesaplamının yapılmasıdır.

$$\Gamma_i = 1/n \sum l_i (m)$$

Gri İlişkisel Analiz, konut satın alınması ile ilgili kararlarda (Uğur ve Baykan, 2017); turizm, finans, lojistik gibi sektörlerin finansal

değerlemede, çalıŖan performans değerlemede (Gözkonan ve Küçükbay, 2019; Karkacıer ve Yazgan, 2017; BaŖdeęirmen ve Tunca, 2017), aday çalıŖanların seçilme süreçlerinde (UlutaŖ vd., 2018) kullanılmaktadır.

## **GRI İLİŖKİSEL ANALİZ UYGULAMASI**

alıŖmada e-ticaret sektöründe ürün ve hizmet sunan kurumların Ŗikayet yönetimi yeterliliklerinin anlaşılması için belirlenen kriterlerle değerlendirme yapılmıŖtır. alıŖmada veriler müşteriler ile kurumları bir araya getiren bir platform olan (URL-1) isimli siteden elde edilmiŖtir.

alıŖmada değerlendirme kriteri olan kurumların iletiŖim kanal bilgilerine kurumların resmi internet sitelerinden eriŖilmiŖtir. alıŖma verileri Ocak 2021 döneminde elde edilmiŖtir. E-ticaret sektörü için incelemeye alınan kurumlar Aliexpress, Amazon, Boyner, Gittigidiyor, Hepsi Burada, Migros, Morhipo, n11, Trendyol ve Yemeksepeti olmuŖtur.

Kurumların Ŗikayet yönetim politikalarının anlaşılmasına yönelik kriterler aŖaęıda yer almaktadır:

- K1: Ŗikayet notu
- K2: TeŖekkür oranı (01-25 Ocak 2021 dönemi)
- K3: Memnuniyet oranı (01-25 Ocak 2021 dönemi)
- K4: Memnuniyet oranı 2 (Son 1 yıl)
- K5: İletiŖim kanalı
- K6: Ŗikayet adeti (01-25 Ocak 2021 dönemi)
- K7: Cevaplama süresi

Ŗikayet notu, teŖekkür oranı, memnuniyet oranı Ŗikayet özümü sonucunda müşterilerin görüşlerini belirtmektedir. Tablo 1’de Ŗikayet yönetimi için veri setine yer verilmektedir. Kriterlerin olması istenen maksimum ve minimum değerlemeleri gösterilmektedir.

Gri İliŖkisel Analiz için kriterlerden beklenen maksimum ya da minimum halleri ile elde edilen referans seri Tablo 2’de gösterilmiŖtir.

Tablo 1. Şikayet yönetimi politikaları veri seti

	max	max	max	max	max	min	min
<b>Marka</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>
Aliexpress	2,4	0,063	0,417	0,362	2	96	4284
Amazon	2,3	0,052	0,307	0,314	3	443	4177
Boyner	3,1	0,063	0,357	0,544	2	826	70
Gittigidiyor	4	0,321	0,751	0,846	3	551	1119
Hepsi Burada	2,9	0,212	0,622	0,478	3	3087	1236
Migros	2,6	0,104	0,453	0,409	4	829	1562
Morhipo	3,3	0,105	0,504	0,594	2	561	20
n11	2,6	0,087	0,400	0,394	1	808	20
Trendyol	2,3	0,027	0,205	0,318	3	7661	1174
Yemeksepeti	2,9	0,076	0,430	0,479	3	541	134

Tablo 2. Referans seri eklenmiş hali ile veri seti

<b>Marka</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>
Referans	4	0,321	0,751	0,846	4	96	20
Aliexpress	2,4	0,063	0,417	0,362	2	96	4284
Amazon	2,3	0,052	0,307	0,314	3	443	4177
Boyner	3,1	0,063	0,357	0,544	2	826	70
Gittigidiyor	4	0,321	0,751	0,846	3	551	1119
Hepsi Burada	2,9	0,212	0,622	0,478	3	3087	1236
Migros	2,6	0,104	0,453	0,409	4	829	1562
Morhipo	3,3	0,105	0,504	0,594	2	561	20
n11	2,6	0,087	0,400	0,394	1	808	20
Trendyol	2,3	0,027	0,205	0,318	3	7661	1174
Yemeksepeti	2,9	0,076	0,430	0,479	3	541	134

Alternatiflerin karşılaştırılmasını sağlamak amacı ile birimlerinden arındırmak ve büyüklüklerini düşük düzeylere indirmek ve işlem kolaylığı sağlamak için Tablo 3'te normalizasyon matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 3. Normalize matris

Marka	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Aliexpress	0,059	0,122	0,388	0,090	0,333	1,000	0,000
Amazon	0,000	0,085	0,187	0,000	0,667	0,954	0,025
Boyner	0,471	0,122	0,278	0,432	0,333	0,904	0,988
Gittigidiyor	1,000	1,000	1,000	1,000	0,667	0,940	0,742
Hepsi Burada	0,353	0,629	0,764	0,308	0,667	0,605	0,715
Migros	0,176	0,262	0,454	0,179	1,000	0,903	0,638
Morhipo	0,588	0,265	0,548	0,526	0,333	0,939	1,000
n11	0,176	0,204	0,357	0,150	0,000	0,906	1,000
Trendyol	0,000	0,000	0,000	0,008	0,667	0,000	0,729
Yemeksepeti	0,353	0,167	0,412	0,310	0,667	0,941	0,973

Normalize edilen referans serisi ile normalize edilen alternatif değerlerin mutlak farklarının alınması adımı ile elde edilen değerler Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Uzaklık matrisi (mutlak değer tablosu)

Marka	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Aliexpress	0,941	0,878	0,612	0,910	0,667	0,000	1,000
Amazon	1,000	0,915	0,813	1,000	0,333	0,046	0,975
Boyner	0,529	0,878	0,722	0,568	0,667	0,096	0,012
Gittigidiyor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,060	0,258
Hepsi Burada	0,647	0,371	0,236	0,692	0,333	0,395	0,285
Migros	0,824	0,738	0,546	0,821	0,000	0,097	0,362
Morhipo	0,412	0,735	0,452	0,474	0,667	0,061	0,000
n11	0,824	0,796	0,643	0,850	1,000	0,094	0,000
Trendyol	1,000	1,000	1,000	0,992	0,333	1,000	0,271
Yemeksepeti	0,647	0,833	0,588	0,690	0,333	0,059	0,027

Gri iliŖkisel veri tablosu Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Gri ilişkisel veri tablosu

Marka	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Aliexpress	0,347	0,363	0,450	0,355	0,429	1,000	0,333
Amazon	0,333	0,353	0,381	0,333	0,600	0,916	0,339
Boyner	0,486	0,363	0,409	0,468	0,429	0,838	0,977
Gittigidiyor	1,000	1,000	1,000	1,000	0,600	0,893	0,660
Hepsi Burada	0,436	0,574	0,679	0,420	0,600	0,558	0,637
Migros	0,378	0,404	0,478	0,378	1,000	0,838	0,580
Morhipo	0,548	0,405	0,525	0,514	0,429	0,891	1,000
n11	0,378	0,386	0,438	0,370	0,333	0,842	1,000
Trendyol	0,333	0,333	0,333	0,335	0,600	0,333	0,649
Yemeksepeti	0,436	0,375	0,460	0,420	0,600	0,895	0,949

Kriterlerin eşit ağırlıkta tutulmasıyla elde edilen gri ilişki derecesi ve sıralama Tablo 6’da yer almaktadır. Buna göre Gittigidiyor, Morhipo ve Yemeksepeti’nin ilk üç sırada yer aldığı görülmektedir.

Tablo 6. Gri ilişki derecesi ve sıralama tablosu

Marka	Gri İlişki Derecesi	Sıralama
Aliexpress	0,468	8
Amazon	0,465	9
Boyner	0,567	5
Gittigidiyor	0,879	1
Hepsi Burada	0,558	6
Migros	0,579	4
Morhipo	0,616	2
n11	0,535	7
Trendyol	0,417	10
Yemeksepeti	0,591	3

## SONUÇ

Çalışmada e-ticaret sektöründe faaliyet gösteren 10 kurumun şikayet yönetimine yönelik kriterlerle değerlendirilmesi için çok kriterli karar

verme yöntemlerinden Gri İliŖkisel Analiz kullanılmıŖtır. AraŖtırmanın verileri Ŗikayetvar.com isimli müŖterilerle kurumları bir araya getiren Ŗikayetlerin toplandığı internet sitesinden ve kurumların resmi internet sitelerinden elde edilmiŖtir.

Kurumların Ŗikayet yönetimindeki etkinliklerinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalıŖmada Ŗikayet notu, teŖekkür oranı, memnuniyet oranı, iletiŖim kanalı, Ŗikayet adeti ve cevaplama süresi kriter olarak alınmıŖtır. ÇalıŖmada Ŗikayet yönetimi değerlendirilmesi yapılırken kriterlerin ağırlıkları eŖit olarak deđerlendirilmiŖtir. Ağırlıkların deđerıŖmesi durumunda sıralamanın da deđerıŖebileceđini ifade etmek mümkündür.

ÇalıŖmanın verilerine göre Ŗikayet notu en yüksek olan kurum Boyner, teŖekkür oranında en yüksek oran Gittigidiyor, oluŖturulan memnuniyet açasından ilk sırada Gittigidiyor, son bir yıllık dönemdeki memnuniyet sıralamasında yine Gittigidiyor, kurumların iletiŖim kanallarının fazlalığı açasından bakıldığında en yüksek fazla sayıda iletiŖim kanalı bulunan Migros, Ŗikayet adeti en az kurum Aliexpress ve cevaplama süresi en düşük olan kurum ise Morhipo ve n11 olarak görünmektedir.

Buna göre yapılan Gri İliŖkisel Analiz sonucuna göre, Gittigidiyor, Morhipo, Yemeksepeti, Migros ve Boyner ilk sıralarda yer almıŖtır. Gittigidiyor birden fazla kriterde farklılık göstermektedir. Morhipo'nun ve Yemek Sepeti'nin de kriterlerinin diğer kurumlara göre üst sıralarda yer aldığı görülmekte olup tüm kriterlerin baz alınarak yapıldığı analiz sonucuna yansıdığı görülmektedir.

Gri İliŖkisel Analiz sonucuna göre kurumların Ŗikayet yönetiminde etkin olabilmeleri için çözümlerinin memnuniyete dönüŖecek derecede iyileŖtirilmesi, iletiŖim kanallarının sayılarının artırılması, Ŗikayet adetinin düşürülmesi, cevaplama süresinde kabul edilebilir sürelerle ulaŖmaları yararlı olacaktır. Kriterlerin farklı ağırlıklandırılmaları sonucunda elde edilen sonuçların deđerıŖebileceđini ifade etmek mümkündür. Farklı karar alma teknikleri ile de veriler yorumlandığında sonuçlar deđerıŖebilecektir.

Teknolojik ilerlemeler, içinde bulunulan sosyo ekonomik durum ve 2020 yılından itibaren dünyayı ve ölkemizi etkisi altına alan koronavirüs pandemisi sebebi ile müŖterilerin e-ticaret sektörüne ilgisi



artmıştır. E-Ticaret Bilgi Platformu (ETBİS) verilerine göre 2020 yılında 2019 yılına göre e-ticaret hacminde %64 artış yaşanmıştır (URL-3). Müşterilerin e-ticaret sitelerine ilgisi arttıkça beklentileri de artmakta her geçen gün yeni ihtiyaçlar ortaya çıkmaktadır. Artan ticaret hacmine paralel olarak müşterilerin şikayetleri de doğmaktadır. Kurumlar için şikayet olumsuz bir kavram olsa da güçlü şikayet yönetimi politikaları ile ürün ve hizmet kalitesinde iyileştirme sağlayan bir süreci de beraberinde getirmektedir. Kurumların müşteriler tarafından tercih edilebilirliğini korumaları için ve ilerletmeleri için etkili şikayet yönetimi süreçleri geliştirmeleri gereklidir.

Kurumların rekabet avantajı elde etmeleri ve sürdürülebilir karlılıkları için müşteri beklentilerini anlamaları ve uygun çözümler sunmaları beklenmektedir. Müşteri beklentilerinin anlaşılması buna uygun süreçlerin geliştirilmesi ürün ve hizmet kalitesinde iyileşme sağlayacaktır. Müşterilerin şikayetlerini kolay ve çeşitli kanaldan iletebilmelerinin yanısıra iletilen şikayetlerin müşterileri tatmin edecek sürede ve sonuçta çözümlenmesi bugün ve gelecekte kurumların yararına olacaktır.

Etkin şikayet yönetimi için şikayetin önlenmesi, şikayetin çözümü, şikayet çalışanlarının eğitim ve gelişimi, çözüm sonrasında müşteri davranışlarının takip edilmesi ve ölçülmesi gerekmektedir. Çalışmada kurumların şikayet yönetimi politikalarındaki etkililiklerinin belirlenmesi için belirli bir dönem baz alınmış ve kriterler eşit olarak değerlendirilmiştir.

Bundan sonraki araştırmalarda farklı dönemlerdeki verilerin incelenmesi ve kriterler kapsamında farklı yorumlara gidilmesi ya da farklı analiz teknikleri kullanılarak sonuçların ortaya çıkartılması karşılaştırma yapılabilmesine imkan sağlayacaktır. Bu çalışmada ulaşılan sonuçların kurumların diğer kurumlar karşısında şikayet yönetimindeki pozisyonlarının anlaşılması yolu ile şikayet yönetimi politikalarının geliştirilmesiyle ilgilenen yönetici ve araştırmacılara yararlı olacağı düşünülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Aktekin, T. (2020). B2C E-Ticaret Web Sitelerinde Hizmet Kalitesinin Müşteri Sadakatine Etkisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Alabay, M. N. (2010). Geleneksel Pazarlamadan Yeni Pazarlama Yaklaşımlarına GeçiŖ Süreci, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 213-235.

Barlow, J. ve Claus M. (2009). *Her Ŗikâyet Bir Armağandır İşler Ters Gittiğinde Müşteri Sadakatini Yeniden Nasıl Kazanırsınız*, İstanbul, Rota Yayınları.

Başdeğirmen, A. ve Tunca, M. Z. (2017). Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Gri İlişkisel Analiz İle Değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 327-340.

Blöndal, M.R. (2017). Consumer Complaint Behaviour on Facebook and Twitter Brand Pages. PhD Thesis, <https://skemman.is/handle/1946/28660>.

Burucuoğlu, M. (2011). Müşteri Memnuniyeti ve Sadakatini Arttırmada Müşteri Ŗikayetleri Yönetiminin Etkinliği: Bir Örnek Olay İncelemesi, YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Butelli, S. (2007). Consumer Complaint Behavior (CCB): A Literature Review, Newcastle: Northumbria University. <https://www.semanticscholar.org>.

Chen, C.N. ve Ting, S.C. (2002). A Study Using the Grey System Theory To Evaluate The Importance of Various Service Quality Factors, *International Journal of Quality and Reliability Management*, 19(7), 838-861.

Cho, Y., ve Hiltz, R. (2002). An Analysis of Online Customer Complaints: Implications for Web Complaint Management, Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences.

Deng, J. (1988). Introduction To Grey System Theory, *The Journal Of Grey System I*, 1(1), 1-24.

Feng, C. M. ve Wang, R.Tsu (2000). Performance Evaluation for Airlines Including The Consideration Of Financial Ratios, *Journal of Air Transport Management*, 6, 133-142.

Gökdeniz, İ., Bozacı, İ., ve Karakaya, E. (2011). Ŗikayet Yönetim Süreci Sonrası Memnuniyeti Etkileyen Faktörler Üzerine Uygulamalı Bir Araştırma, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 173-185.

Gözkonan, Ü.H. ve Küçükbay, F. (2019). Katılım Bankaları İle Geleneksel Bankaların ÇKKV Yöntemleri ile Performans Değerlendirilmesi: TOPSIS ve

Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri İle Karşılaştırmalı Analiz, *International Journal Of Economic and Administrative Studies*, 25, 71-93.

Harrison Walker, L. J. (2001). E-Complaning: A Content Analysis Of An Internet Complaint Forum, *Journal Of Services Marketing*, 15(5), 397-412.

Heung, V. C. ve Lam, T. (2003). Customer Complaint Behaviour towards Hotel Restaurant Services, *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 15(5), 283-289.

Huang, Chi-Chun and Hohn-Ming, Lee, (2003), A Novel Partial-Memory Learning Algorithm Based On Grey Relational Structure, *Advances Intelligent Data Analysis V, Fifth International Symposium On Intelligent Data Analysis IDA Proceedings*, Berlin, Germany, 68-75.

Januszewski, S. I. (2004). The Role of Service Quality and Expectations in Explaining Customer Complaints, University of California, San Diego.

Karkacier, O. ve Yazgan, A. E. (2017), Turizm Sektöründe Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemiyle Finansal Performans Değerlemesi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 37, 154-162.

Kozak, M., (2007), Turizm Sektöründe Tüketicilerin Şikayetlerini Bildirme Eğilimleri, *Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 14(1), 136-151.

Köse, E., (2007), Müşteri Sadakati Sağlamada Araçsal Bir Yöntem Olarak Şikayet Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kraemer, M. U., Yang, C. H., Gutierrez, B., Wu, C. H., Klein, B., Pigott, D.M., du Plessis, L., Faria, N. R., Li, R., Hanage, W.P., Brownstein, J. S. (2020). The Effect of Human Mobility and Control Measures on the COVID-19 Epidemic in China, *Science*, 368(6490), 25-45.

Liu, S. ve Forrest, J. (2007). The Current Developing Status On Grey System Theory, *The Journal of Grey System*, 2, 111-123.

Mensah, J.K.B. (2016). Effectiveness Of Customer Complaint Handling And its Impact On Customer Retention: The Case Of Unibank Ghana Limited, PhD Thesis, Department of Marketing and Corporate Strategy of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana.

Odabaşı, Y. (2000). *Satışta ve Pazarlamada Müşteri İlişkileri Yönetimi*, Sistem Yayıncılık, İstanbul.

- Peker, İ. ve Baki, B. (2011). Gri İliŖkisel Analiz Yöntemiyle Türk Sigortacılık Sektöründe Performans Ölçümü, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 7, 1-18.
- Plymine, J. (1991). Complaints as Opportunities, *Journal Of Service Research*, 5(1), 61-65.
- Ramsey, R. D. (2016). *How to Handle Customer Complaints*, American Salesman, 61(2), 17-24.
- Robert, J. ve Sandy, M. (2002). Best Practice Complaint Management, *Academy of Management Executive*, 16 (4), 145-154.
- Scriabina, N. ve Fomichov, S. (2007). *6 Ways to Benefit From Customer Complaints*, American Society for Quality, Vancouver Section (408).
- Supriaddin, N., Palilati, A., Bua, H. ve Patwayati, H.J. (2015). The Effect Of Complaint Handling Toward Customers Satisfaction, Trust And Loyalty To Bank Rakyat Indonesia (Bri) Southeast Sulawesi, *Int. J. Eng. Sci, (IJES)*, 4 (6), 01-10.
- Tsai, C.H., Chang, C.L. ve Chen, L. (2003). Applying Grey Relational Analysis to The Vendor Evaluation Model, *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11(3), 45-53.
- Tronvoll, B. (2008). Customer Complaint Behaviour in Service, Karlstads University, Faculty of Economic Sciences, Communication and IT, Service Research Center, PhD Thesis, Sweden.
- Tzeng, G.H. ve Tsaur, S.H. (1994), The Multiple Criteria Evaluation of Grey Relation Model, *The Journal of Grey System*, 6(3), 87-108.
- Uğur, L.O. ve Baykan, U. N. (2017). Konut Satın Alma Kararı Verilmesinde Gri İliŖkisel Analiz Tekniğı Uygulaması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 220-230.
- Ulutaş, A., Özkan, A.M. ve Tağraf, H. (2018). Bulanık Analitik HiyerarŖi Süreci ve Bulanık Gri İliŖkisel Analizi Yöntemleri Kullanılarak Personel Seçimi Yapılması, *Electronic Journal Of Social Sciences*, 17(65), 223-232.
- Yılmaz, C., Varnalı, K. ve Kasnakoğlu, B.T. (2016). How Do Firms Benefit From Customer Complaints, *Journal Of Business Research*, 69(2), 944-955.
- Zhai, L.Y., Khoo, L.P. ve Zhong, Z.W. (2009), Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis, *Expert System with Applications* 36, 7072-7079.

URL-1: Şikayetvar.com, [www.sikayetvar.com](http://www.sikayetvar.com), (Erişim tarihi: 18.12.2020)

URL-2: Süper Office, [www.superoffice.com](http://www.superoffice.com), (Erişim tarihi: 18.12.2020)

URL-3: E-Ticaret Bilgi Platformu, <https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler#>  
(Erişim tarihi: 31.01.2021)

URL-4: İş Bankası, [utikad.org.tr](http://utikad.org.tr) (Erişim tarihi: 31.01.2021).

# **COVID-19 Pandemi Sürecinin Tüketici Satın Alma Davranışlarına Etkisi: E-Ticaret Sektöründe Bir Uygulama**

**Selin Pınarcı**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-2344-5742)**

**Dilara Yücel**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-4642-7248)**

**Selen Avcı**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0001-7433-5696)**

**Zerrin Aladağ**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-5986-7210)**

## GİRİŞ

Değişen hayat şartları ve dijitalleşme, şüphesiz insanların alışveriş alışkanlıklarını da etkilemiştir. Bu etki, e-ticaret sektörünü hızla büyüyen sektörlerden biri haline getirmiştir. E-ticaret sektörünün büyümesinin başlıca sebepleri olarak artan internet kullanım oranı, gelişen ve güvenilir alternatif ödeme sistemleri, gelişmiş lojistik destek sistemleri sıralanabilir (Demirdöğmez vd., 2018). Sektördeki değişimi yakalamak isteyen işletmelerin, tüketicilerin yeni davranışlarını mercek altına almaları ve bu doğrultuda yeni pazarlama stratejileri oluşturabilmeleri ayakta kalabilmeleri için önem taşımaktadır (İnce ve Kadioğlu, 2020).

Yeni tip Koronavirüs (COVID-19), Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 11 Mart 2020’de “pandemi” olarak nitelendirilmiştir. COVID-19 ile dünya üzerinde yaşanan kriz; işletmeleri, çalışanları, müşterileri ve çevreyi farklı şekillerde etkilemiştir. Her alanda dijitalleşmenin devam ettiği bir dönemde ortaya çıkan COVID-19 bu dönüşüme ivme kazandırmıştır. Eğitim, bankacılık işlemleri, alışveriş, kültür ve sanat etkinlikleri vb. Çevrimiçi platformlara taşınmıştır. Pandemi süreci birçok sektörü olumsuz etkilerken, e-ticaret sektöründe olumlu etkilere yol açmıştır. İnsanların ürünle temas etmekten kaçınması, kalabalık ortamlara girmek istemeyişi ve sokağa çıkma yasakları gibi kısıtlamalar insanları fiziksel satış alanlarından çevrimiçi mecralara doğru yöneltmiştir (Güven, 2020).

Bu bölümde, pandemi sürecinin e-ticaret sektöründe tüketici satın alma davranışları üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Türkiye ve dünyadaki birçok ülke COVID-19 salgınına kontrol altına alabilmek amacıyla bazı tedbirlere başvurmuştur. Söz konusu tedbirlerin, tüketici davranışlarını da etkileyeceği ön görülmüştür. Pandemi tüketicilerin yalnızca alışveriş yaptıkları kanalı değil çevrimiçi platformlarda satın aldıkları ürünleri de etkilemiştir. Bölümde, internetten alışveriş yapan tüketicilerin davranışlarının pandemi sürecinde nasıl bir eğilim ve değişiklik gösterdiği 224 katılımcıya uygulanan anket ile istatistiksel olarak incelenmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

COVID-19 pandemisi yaŖantımıza yeni girmiş olmasına rağmen, hayatın birçok alanını etkilediğinden literatürde pek çok çalışmaya konu olmuştur. Yapılan çalışmaların bir bölümünde pandeminin tüketici davranışlarına etkisi araştırılmıştır.

Bu bölümde, çalışmanın oluşturulmasında referans alınan çalışmalara yer verilmiştir. Güven (2020), COVID-19'un e-ticaret sektöründe ne gibi değışikliklere sebep olduğunu saptamaya çalışmıştır. İncelenen veriler doğırltusunda Türkiye'de ve dünyada, pandemi döneminde internetten alışveriŖe yönelimin ciddi boyutlarda arttığı anlaşılmıştır. Çalışmada, pandemi döneminde bilhassa sağılık, hijyen ve kişisel bakım ürünlerine olan talebin arttığı görülmektedir. Giyim ve aksesuar gibi ürün gruplarına olan eğilimin ise azaldığı belirtilmiştir. İnce ve Kadioğlu (2020), pandemi sürecinin tüketicilerin çevrimiçi alışverişlerine belirgin bir etkisi olduğu ve kişileri ürün stoklamaya yönelttiğı varsayımıyla 369 kişinin katıldığı bir anket çalışması yapmıştır. Çalışmada, salgın sona erse bile bazı tüketici davranışlarının kalıcı olarak değıştiğı öne sürülmüştür. Yapısal eşitlik modellemesi ile varsayımlar doğırlanmış ve pandeminin çevrimiçi satın alma davranışını olumlu yönde etkilediğı sonucuna ulaşılmıştır. Turunç ve Yetkin (2020), pandemi sürecinin perakendeci markalı ürünleri (PMÜ) kullanan müşterilerin tercihlerinin demografik özelliklere göre farklılaşp farklılaşmadığını incelemiş ve tüketicilerin marka sadakati, marka imajı ve müşteri memnuniyeti algılarının pandemiden etkilenme düzeylerine göre farklılaşp farklılaşmadığına yönelik anket çalışması yapmıştır. Sonuç olarak, marka sadakati, marka imajı ve müşteri memnuniyetinin pandemiden olumlu etkilendiğı görülmüştür. Bu çalışmada ise tüketicinin pandemi sürecindeki tercihlerini ölçmenin yanısıra, e-ticaret sektöründeki şirketlerin güvenilirliğı ve pandemi sonrasında tüketici eğiliminin sürdürülebilirliğı de değıerlendirme kapsamına alınmıştır.

Hasanat vd. (2020), COVID-19'un Malezya'daki çevrimiçi ticaret üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapmış ve ürünlerin çoğu Çin'den geldiğı ve kısıtlamalar olduğu için ithalat ve ihracatın olumsuz yönde etkilendiğı sonucuna ulaşımlardır. Bhatti vd. (2020) e-ticaretin COVID-19 etkisiyle büyüdüğünü belirlemiş ve bunun nedeni olarak özellikle e-perakendecilerin tüketicilerin



geleneksel olarak süper marketlerden satın aldıkları ürünleri sağlamlarını göstermiştir. Elrhim ve Elsayed (2020), COVID-19'un yayılmasının, gelir ve piyasa değeri açısından dünyanın en büyük beş e-ticaret şirketi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, küresel e-ticaret pazarı ile e-ticaret şirketlerinin hisselerinin COVID-19'dan etkilendiğini ve en etkili bağımsız değişkenlerin sırasıyla; toplam ölüm sayısı, toplam vaka sayısı ve yeni vaka sayısı olduğunu göstermiştir. Gao vd., (2020), COVID-19'un kısa vadede tüketicilerin çevrimiçi gıda satın alma davranışları üzerindeki etkisini incelemiş ve doğrulanmış COVID-19 vakalarının, tüketicilerin çevrimiçi gıda satın alma olasılığını artırdığını tespit etmiştir. Guo vd., (2020), COVID-19 pandemisi sırasında kentsel gıda talebinin karşılanmasını sağlamak üzere farklı e-ticaret modellerini incelemiş ve Çin için önerilerde bulunmuştur.

## **AMAÇ VE YÖNTEM**

Araştırmanın amacı, COVID-19 pandemisinin tüketici davranışları ve e-ticaret üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Araştırma için kullanılan anket, Türkiye'de COVID-19 etkilerinin şiddetli bir şekilde hissedildiği, dışarı çıkma kısıtlamalarının uygulandığı ve yetkililerin maske, mesafe ve temizlik ile ilgili sıklıkla uyarıda bulunduğu Kasım 2020'de uygulanmıştır. Araştırma örneklemini, COVID-19'un ülkemizde ilk kez görüldüğü Mart 2020 tarihinden itibaren çevrimiçi ortamda alışveriş yapmış bireyler oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama yöntemi olarak anket tercih edilmiştir. Araştırma, dışarı çıkmanın sakıncalı olduğu bir dönemde gerçekleştirildiği için anket internet üzerinden uygulanmıştır. Dört kısımdan oluşan ankette, Kesinlikle Katılmıyorum'dan (1) başlayıp Kesinlikle Katılıyorum'a (5) kadar seviyeli değerlendirmeyi mümkün kılan, beşli Likert tipi ölçek kullanılmıştır. İlk kısımda tüketicilerin pandemi süresince en çok hangi tür alışveriş sitelerini tercih ettikleri sorgulanmıştır. Bu soruda katılımcılara çoklu yanıt hakkı verilmiştir. İkinci kısım, tüketicilerin pandemi bitiminde hangi alışkanlıkları devam ettireceğini ölçen 5 ifadeden oluşmaktadır. Üçüncü kısımda ise pandemi sürecinde tüketicinin edindiği deneyimlere dayalı olarak e-ticaret sektöründeki güven artışını ölçen 6 ifade yer almaktadır. Son kısımda, her kriz dönemi gibi COVID-19 pandemisinin de son bulacağı varsayımıyla e-

ticaret sektöründeki mevcut ilginin pandemi sonrasında nasıl devam edeceğini ölçen 4 ifadeye yer verilmiştir.

Hazırlanan anket formu 254 katılımcıya ulaşmış olup anketin anlamlı sonuçlar vermesi amacıyla katılımcılara “Mart 2020 tarihinden itibaren online alışveriş yaptınız mı?” sorusu sorulmuş ve bu soruya “evet” yanıtını veren 224 kişi değerlendirilmeye alınmıştır.

Çalışmada kullanılan ölçeklerin güvenilirliği, Cronbach’s Alpha katsayısı hesaplanarak ölçülmüştür. Cronbach’s Alpha değeri 0,70 ve üzeri olan ölçek güvenilir kabul edilmektedir (Uygun vd., 2011). Bu çalışmada kullanılan “güven artışı”, “alışkanlıkların kalıcılığı” ve “online alışkanlıkların kalıcılığı” ölçeklerinin Cronbach’s Alpha değerleri sırasıyla 0,85, 0,76 ve 0,70 olarak hesaplanmış olup bu değerler ölçeklerin güvenilir olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, ölçeğin barındırdığı ifadeler arasında tutarlı bir ilişki bulunmaktadır (Kılıç, 2016).

## BULGULAR

Bu bölümde, Likert ölçeği ile ölçülen sorulara dair tanımlayıcı istatistikler ve yorumları, ölçeklerin güvenilirlik değerleri, t, ANOVA ve Kruskal-Wallis testlerine dair sonuçlar yer almaktadır. Katılımcıların pandemi döneminde en çok hangi tür internet sitelerinden alışveriş yaptıklarına dair bulgular Tablo 1’de yer almaktadır.

*Tablo 1. Salgın döneminde çokça alışveriş edilen site türleri*

<b>Hangi tür internet sitelerinden alışveriş yaparsınız?</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Sadece internet üzerinden satış yapan siteler (Hepsi Burada, Trendyol, N11, Gittigidiyor vb.)	125	91,2
Giyim siteleri (Lc Wakiki, Defacto, Koton, Mavi, Boyner vb.)	74	54,0
Teknoloji siteleri (Teknosa, Media Market, Vatan Bilgisayar vb.)	27	19,7
Mutfak araçları siteleri (Karaca, Korkmaz, Arzum vb.)	15	10,9
Kitap satış siteleri (Kitap Yurdu, Bkm Kitap, Idefix, D&R vb.)	67	48,9
Hırdavat siteleri (Koçtaş, Tekzen, Evidea vb.)	7	5,1
Ayakkabı siteleri (Flo, Ayakkabı Dünyası, Ayakkabı Online vb.)	24	17,5
İlan siteleri (Sahibinden, Letgo vb.)	14	10,2

Tablo 1. (devam)

<b>Hangi tür internet sitelerinden alışveriş yaparsınız?</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Yemek siteleri (Yemek Sepeti, Dominos, Mcdonalds, Getir Yemek vb.)	56	40,9
Mobilya satış siteleri (Modalife, Vivense vb.)	7	5,1
Online market siteleri (Getir, Trendyolgo, Migros Sanal, A101 Online vb.)	61	44,5
Toplam	477	

Tablo 1 incelendiğinde katılımcıların büyük bir çoğunluğunun (%91,2) sadece internet üzerinden satış yapan Hepsi Burada, Trendyol, N11, Gittigidiyor gibi siteler üzerinden internet alışverişini tercih ettiği görülmüştür. Bu tip sitelerden sonra, sırayla giyim ve çevrimiçi market siteleri en çok tercih edilenler olmuştur.

### ***Katılımcıların Çeşitli Demografik Özellikleri İle İnternet Alışveriş Tercihleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi***

Bu kısımda katılımcıların “cinsiyet, eğitim durumu, yaş, medeni durum, hane geliri, meslek ve çocuk sahibi olma” gibi demografik özelliklerine göre tercih ettikleri alışveriş sitesi arasında anlamlı bir fark olup olmadığına dair Ki-Kare testi yapılmıştır.  $p < 0,05$  olduğu için ilan sitesi seçiminde cinsiyet ile site türü arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmıştır. Erkeklerin ilan sitelerini kadınlara oranla daha fazla tercih ettiği tespit edilmiştir. Eğitim durumuna göre alışveriş sitesi seçimi incelendiğinde, katılımcıların “yüksek lisans” derecesinde eğitim durumuna sahip olması ile “ön lisans” derecesine sahip olması arasında anlamlı bir farka rastlanmıştır. Yüksek lisans derecesine sahip anket katılımcılarının kitap alışverişini daha fazla tercih ettiği belirlenmiştir. Aynı zamanda lisans ve yüksek lisans eğitimi almış bireylerin ilan sitelerini tercih etme durumları arasında anlamlı bir farka rastlanmıştır; yüksek lisans derecesinde eğitim görenlerin ilan sitelerini daha fazla tercih ettikleri görülmüştür. Yaş durumuna göre seçimlerde 18-31 ve 32-39 yaş grupları arasında ilan siteleri kullanımında anlamlı bir farka rastlanmıştır. Analize göre 18-31 yaş grubu ilan sitelerini 32-39 yaş grubuna göre daha fazla tercih etmektedir. Medeni duruma göre alışveriş sitesi seçimi arasında anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Diğer bir deyişle, internet alışverişini seçimine medeni durum etki etmemektedir. Gelir durumuna göre

yapılan analize göre; geliri 2000 ₺ ve altı olan grup ile 6000-8000 ₺ arası olan grup arasında anlamlı bir farka rastlanmıştır. Geliri 2000 ₺ ve altı olan grup giyim sitelerini daha az kullanırken geliri 6000-8000 ₺ arası olan grup giyim sitelerini daha fazla kullanmıştır. Geliri 2000 ₺ ve altı olan grubun daha çok çevrimiçi market ve mutfak araç gereci alışverişine yöneldiği görülmektedir. Bu grup gelir düzeyiyle ilişkili olarak çevrimiçi alışverişleri daha çok temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kullanırken; gelir seviyesi yüksek olan gruplarda internet siteleri aracılığı ile giyim, ayakkabı gibi lüks sayılabilecek ihtiyaçların karşılanması daha yaygındır. Meslek durumlarına göre ayakkabı sitelerini tercih etme bakımından anlamlı farklılıklara rastlanmıştır. Emekli katılımcıların, ayakkabı sitelerini öğrencilere ve ev hanımlarına göre daha fazla tercih ettikleri görülmüştür. Çevrimiçi market sitelerinden alışverişte özel sektör ve kamu sektörü çalışanları arasında fark tespit edilmiş olup özel sektör çalışanlarının çevrimiçi alışverişini daha sık kullanmakta olduğu saptanmıştır. Çevrimiçi market sitesi alışverişlerinde ev hanımları ve emekliler arasında anlamlı fark vardır ve ev hanımları çevrimiçi market sitelerini daha fazla tercih etmektedir. Son olarak çocuk sahibi olmayan katılımcıların, mobilya satış sitelerini daha fazla tercih ettikleri görülmüştür.

Her kriz dönemi gibi pandemi sürecinin de son bulacağı göz önüne alınarak pandemi sonrası tüketicilerin hangi alışkanlıklarını devam ettireceğine yönelik “alışkanlıkların kalıcılığı” ölçeği oluşturulmuş ve Tablo 2’de katılımcıların verdiği yanıtların ortalamalarına yer verilmiştir. Tüm cevaplar dikkate alındığında pandemi bitiminden sonra katılımcıların en çok sık sık el yıkama alışkanlığını devam ettireceği görülmüştür.

*Tablo 2. Alışkanlıkların kalıcılığına dair tanımlayıcı istatistik*

<b>İfade</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart Sapma</b>
Kalabalık ortamlara girmem.	3,20	1,128
Sık sık el yıkamaya devam ederim.	4,49	0,727
Dezenfektan kullanmaya devam ederim.	3,52	1,104
Maske kullanmaya devam ederim.	2,77	1,136
Eldiven kullanmaya devam ederim.	2,05	0,987
<b>Alışkanlıkların Kalıcılığı</b>	<b>3,20</b>	<b>0,737</b>

Tablo 3’te gösterildiği üzere “güven artışı” ölçeğine dair cevaplara göre en yüksek ortalama 3,75 ile “İnternet alışverişine olan güvenim arttı.” ifadesine aittir. Bu süreçte internet alışverişine olan önyargılı bakış açısı edinilen deneyimler doğrultusunda değişmiştir. Ölçeğin genel ortalaması 3,58 olarak hesaplanmıştır. Buna istinaden katılımcıların çevrimiçi alışverişe olan güvenlerinin arttığı kanısına varılmıştır. Bu durum internet üzerinden satış yapan firmaların gelecekteki stratejileri açısından önem arz etmektedir.

Tablo 3. Güven artışına dair tanımlayıcı istatistik

İfade	Ortalama	Standart Sapma
İnternet alışverişine olan güvenim arttı.	3,75	0,942
Önyargılarım olumlu yönde değişti.	3,56	0,959
Ürünün sağlam bir şekilde elime ulaşacağına olan güvenim arttı.	3,60	0,946
Ürünün orijinalinin elime ulaşacağına olan güvenim arttı.	3,62	0,958
Gönderilerin söz verilen zamanda elime ulaşacağına güvenim arttı.	3,59	0,947
Ürünü kolayca elime ulaşacağına olan güvenim arttı.	3,35	1,044
Güven Artışı	3,58	0,675

Pandemi sürecinin ardından tüketicilerin internet alışverişini tercih etme devamlılığını ölçen soru grubu yanıtlarının ortalamaları incelendiğinde, en yüksek ortalamaya sahip ifade 3,46 ortalama ile “Online alışverişe aynı sıklıkla devam edeceğim.” olmuştur. Ölçeğin genel ortalamasınının 2,72 olduğu görülmüştür. Katılımcılar, pandemi bitiminde online alışveriş alışkanlıklarını devam ettirme konusunda “kararsızım” ile “katılmıyorum” ifadeleri arasında kalmıştır.

Tablo 4. İnternet alışveriş alışkanlıklarının kalıcılığı dair tanımlayıcı istatistik

İfade	Ortalama	Standart Sapma
Online alışverişe aynı sıklıkla devam edeceğim.	3,46	0,997
Mağazada daha ucuz olsa bile internetten alacağım.	2,39	1,182

Tablo 4. (devam)

İfade	Ortalama	Standart Sapma
Ürünleri deneyerek almaktansa internetten almayı tercih ederim.	2,62	1,086
Ürünleri canlı görüp almaktansa internetten almayı tercih ederim.	2,45	1,211
Online Alışkanlıkların Kalıcılığı	2,72	0,642

### ***Katılımcıların Çeşitli Demografik Özellikleri İle Güven Artışı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi***

Bu kısımda öncelikle güven artışı faktörünün normal dağılıma uygunluğu analiz edilmiştir. Çarpıklık ve basıklık değerleri -1,5 ile +1,5 aralığında olduğundan verilerin normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Sonrasında tüketicilerin pandemi sürecinde e-ticarete olan güven artışının demografik bileşenlere göre farklılık gösterip göstermediği t testi ve ANOVA testi ile ortaya konmuştur.

Pandemi döneminde tüketicilerin güven artışında cinsiyet, medeni durum ve çocuk sahibi olma durumlarının etkisinin analiz edilmesi için t testi yapılmış ve Tablo 5'te sonuçlarına yer verilmiştir. Test sonuçlarına göre cinsiyet ve çocuk sahibi olma durumuna göre güven artışında anlamlı farka rastlanmıştır.

*Tablo 5. Pandemide e-ticarete yönelik güven artışını gösteren t testi bulguları*

Cinsiyet	N	Ort.	SS	Sig.
Kadın	159	3,62	0,63	0,00
Erkek	65	3,28	0,94	
Medeni Durum	N	Ort.	SS	Sig.
Evli	97	3,63	0,69	0,12
Bekar	127	3,44	0,78	
Çocuk Sahibi Olma	N	Ort.	SS	Sig.
Hayır	136	3,42	0,81	0,00
Evet	88	3,69	0,62	

ANOVA testlerine göre pandemi döneminde tüketicilerin e-ticarete olan güven artışının eğitim durumuna göre farklılaştığı belirlenmiştir.

Tablo 6'daki verilere göre güven artışının yaş ve hane geliri gruplarına göre farklılaşmadığı tespit edilmiştir.

*Tablo 6. Pandemide e-ticarete yönelik güven artışını gösteren Anova bulguları*

<b>Eğitim</b>	<b>N</b>	<b>Ort.</b>	<b>SS</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
İlköğretim	25	3,78	0,54	3,479	0,009
Lise	24	3,85	0,59		
Önlisans	28	3,63	0,44		
Lisans	136	3,52	0,71		
Yüksek Lisans	11	3,07	0,81		
<b>Hane Geliri</b>	<b>N</b>	<b>Ort.</b>	<b>SS</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
2000 ₺ ve altı	24	3,5764	,74532	1,373	0,227
2001-4000 ₺	79	3,5380	0,698976		
4001-6000 ₺	56	3,7708	0,607664		
6001-8000 ₺	27	3,4815	0,654265		
8001-10000 ₺	19	3,5175	0,628281		
10001-12000 ₺	9	3,5926	0,493789		
12000 ₺ ve üstü	10	3,2333	0,854184		
<b>Yaş</b>	<b>N</b>	<b>Ort.</b>	<b>SS</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
18-31	151	3,5121	0,71546	2,465	0,087
32-39	28	3,6845	0,58150		
40 ve Üstü	45	3,7444	0,55460		

### ***Katılımcıların Meslek Durumları İle Güven Artışı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi***

Çarpıklık ve basıklık değerlerine göre katılımcıların mesleki özelliklerinin normal dağılmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle meslek faktörü ile güven artışı arasındaki ilişkinin anlamlılığın tespiti için non-parametrik analizlerden Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Tablo 7'de gösterilen sonuçlara göre %95 güven aralığında tüketicilerin meslekleri ile güven artışı arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

*Tablo 7. Pandemide e-ticarete yönelik meslek faktörünün güven artışı üzerindeki etkisini gösteren non-parametrik analiz bulguları*

<b>Test</b>	<b>N</b>	<b>Sig.</b>	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>
Kruskal-Wallis	224	0,096	7,488 <sup>ab</sup>	7

## SONUÇ

E-ticaret sektörü dijital çağda internet güvenliği ve hızının artması ile birlikte son birkaç yılda hızla yükselmiş ve pandemi ile birlikte ivmesini arttırmıştır. Pandemi bireylerin yaşam alanlarını daraltmış, fiziksel alanlarda tüketim de kaçınılmaz olarak sınırlanmıştır (Duygun, 2020). Bu durum e-ticaret sektöründe tüketici davranışlarını değiştirmiş ve e-alışverişin daha büyük kitlelere ulaşmasını sağlamıştır. Bu bölümde, pandeminin e-ticaret sektörüne etkisi, sektöre olan eğilimin devamlılığı ve bu etkide demografik özelliklerin rolü tartışılmıştır. Öncelikle, e-alışveriş sitesi seçiminin demografik özelliklere göre değişim gösterip göstermediği incelenmiş olup medeni durum dışında tüm demografik özelliklerin seçimde etkili olduğu tespit edilmiştir. Pandemi sürecinde edinilen sık sık el yıkama, kalabalık ortamlara girmeme, dezenfektan kullanma gibi alışkanlıkların pandemi sonrasında da hayatın bir parçası olacağı tespit edilmiştir. Pandemiden sonraki dönemde tüketicilerin çevrimiçi alışveriş eğiliminin aynı ivmeyle devam edip etmeyeceği sorgulanmış ve bu gruptaki cevapların ortalaması 2,72 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç katılımcıların kararsız olduğunu gösterse de katılımcı sayısı artırıldığında ortalamanın yükselebileceği öngörülmektedir. Ayrıca “Online alışverişe aynı sıklıkla devam edeceğim.” ifadesi özelinde ortalamanın 3,46 olması dikkat çekicidir. Her ne kadar bazı katılımcıların pandemi son bulduğunda internet alışverişini aynı ivmeyle devam ettirme konusunda kararsız olduğu tespit edilse de bazı alışkanlıkların kalıcı olacağı açıktır. Son olarak, çevrimiçi alışverişe yönelik tüketicilerde var olan önyargılı tutumun pandemi sürecinde değiştirdiği ve e-ticaret sektörüne olan güvenin arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi olarak pandemi koşullarının dijitalleşmeyi hızlandırmış olması söylenebilir. Sonuç olarak, bulgular bir arada değerlendirildiğinde tüm sektörlerde arz edicilerin e-ticarete daha çok önem vermesi gerektiği söylenebilir. Firmaların kısa, orta ve uzun vadeli planlarını bu durumu göz önünde bulundurarak geliştirmeleri hedeflerine ulaşmaları için katkı sağlayacaktır. İlerleyen çalışmalarda, bu ivmenin devamı için e-ticaret firmalarının izlemesi gereken stratejiler ile küçük ve orta ölçekli firmaların dijitalleşmeye uyum sağlamak için atması gereken adımlar incelenebilir.



## KAYNAKÇA

Bhatti, A., Akram, H., Basit, H. M., Khan, A. U., Raza, S. M. ve Naqvi, M. B. (2020). E-commerce trends during COVID-19 Pandemic. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 13(2), 1449-1452.

Demirdöğmez, M., Gültekin, N. ve Taş, H. Y. (2018). Türkiye’de E-Ticaret Sektörünün Yıllara Göre Gelişimi. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 2216-2237.

Duygun, A. (2020). COVID-19 Pandemisi Sırasında Tüketicilerin Yaşam Tarzlarının Değerlendirilmesi. *Econder International Academic Journal*, 232-247.

Elrhim, M. A. ve Elsayed, A. (2020, June 7). The Effect of COVID-19 Spread on the e-commerce market: The case of the 5 largest e-commerce companies in the world. SSRN. doi:Abdelrhim, Mansour and Elsayed, Abdullah, The Effect of COVID-19 Spread on the E-Commerce Market: The Case of the 5 Largest E-Commerce Companies in the World (June 7, 2020). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3621166> or <http://dx.doi.org/10.2139>

Gao, X., Shi, X., Guo, H. ve Liu, Y. (2020). To buy or not buy food online: The impact of the COVID-19 epidemic on the adoption of e-commerce in China. *PloS one*, 15(8).

Guo, H., Liu, Y., Shi, X. ve Chen, K. Z. (2020). The role of e-commerce in the urban food system under COVID-19: lessons from China. *China Agricultural Economic Review* . doi:<https://doi.org/10.1108/CAER-06-2020-0146>

Güven, H. (2020). COVID-19 Pandemik Krizi Sürecinde E-Ticarete Meydana Gelen Değişimler. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 251-268.

Hasanat, M. W., Hoque, A., Shikha, F. A., Anwar, M., Hamid, A. A. ve Tat, H. H. (2020). The impact of coronavirus (COVID-19) on e-business in Malaysia. *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(1), 85-90.

İnce, M. ve Kadioğlu, C. T. (2020). Tüketicilerin COVID19 (Korona) Virüsüyle Artan Stoklama İsteğinin Online Satın Alma Davranışına Etkisi. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 1875-1906.

Kılıç, S. (2016). Cronbach’ın Alfa Güvenirlik Katsayısı. *Mood Disorders* , 47-48.

Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2013). Using Multivariate Statistics (sixth ed.).

Turunç, Ö. ve Yetkin, D. G. (2020). COVID-19 Kaynaklı Pandemi Döneminde Tüketici Davranışları: Perakendeci Markalı Ürünler Üzerine Bir Araştırma. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 457-471.

Uygun, M., Özçiftçi, V. ve Divanoğlu, S. U. (2011). Tüketicilerin Online Alışveriş Davranışını Etkileyen Faktörler. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi* , 373-385.

# **Depremlerin Gömülü Boru Sistemlerine Olası Etkileri: Tedarik Zinciri Açısından Bir Literatür İncelemesi**

**İrem Toprak**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-7104-0999)*

**Redvan Ghasemlounia**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0003-1796-4562)*

**Mert Tolon**

*Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-0131-2976)*

## GİRİŖ

Afetler toplumların kendi imkân ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği insani, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara yol açan, çoğunlukla insanların kontrolü dıŖında gerçekteŖen ve toplumsal yaŖam akıŖını durduran veya aksatan olaylardır (Erkal ve Değerliyurt, 2011). Dünya çapında gerçekteŖen bir dizi doğal afet sonucu meydana gelen ölümlerin çoğundan depremler sorumludur. Bu her yıl ortalama 60.000 kiŖinin ölümlerine karŖılık gelmekte ve ölümlerin yaklaşık %90'ı geliŖmekte olan ölkelerde yaŖanmaktadır (Kenny, 2012). Yerkabuğunu oluŖturan pek çok levha ve levhacığın kayma gerilmeleri ve yer çekimi etkisiyle birbirlerine göre hareket etmesi sonucu sınırlarında deformasyon enerjisi birikir. Bu enerjinin aniden boşalmasıyla, boyutu enerjinin miktarına göre deđiŖen deprem olgusu ortaya çıkmaktadır (Kramer, 1996). Nispeten kısa bir sürede meydana gelen depremler nedeniyle oluŖan ciddi bir kesinti, toplumun genel iŖleyiŖini, ekonomik gücünü, çevreyi, altyapı unsurlarını, yaŖayan nüfusu, eğitimi etkiler ve bu alanlarda kayıplar ortaya çıkmasına neden olur (Tolon ve Mızrak, 2017). Deprem etkilerinin göröldüğü bir diğer alan ise, genellikle yaŖam hatları olarak bilinen altyapı sistemleridir. Sağlık, güvenlik ve ekonomik faaliyetin bağlı olduğu; insanların, malların, hizmetlerin ve bilgilerin dolaŖımını mümkün kılan bu altyapı sistemleri, enerji, su, telekomünikasyon ve yollar gibi hizmet ağlarını veya hastane, liman ve havaalanı gibi ayrı kritik tesisleri içerir (Kongar ve Giovinazzi, 2014). Bu nedenle toplumun rutin iŖleyiŖi için kritik olan altyapı sistemleri olası bir deprem sırasında ve sonrasında hizmetlerine devam etmelidir. Kritik altyapı sistemleri, günlük toplumsal iŖlevler için gerekli olan çeŖitli mühendislik sistemleri, varlıklar ve tesislerin yanı sıra bir afet olayının ardından devam eden ekonomik ve toplumsal iŖleyiŖi içerir (Bach vd., 2013). Kritik altyapı tanımı zaman içerisinde ortaya çıkan ihtiyaçlar ve geliŖen teknolojiyle beraber sabit kalmamakta ve deđiŖmektedir. Böylece hayati sistemler birbirlerine bağımlı hale gelmektedir (Newbill, 2019). Ayrıca depremler sırasında bu yapıların performansı ile ilgili konular hem bilim insanlarının hem de paydaŖların uzun süredir üzerinde durduğu önemli konulardandır.

Bu altyapı sistemlerinden özellikle boru hatlarında deprem hasarlarının önde gelen nedenleri arasında yer ivmelerinden kaynaklanan deformasyonlar ve yer deđiŖtirmeler bulunmaktadır. Sismik dalga yayılımından kaynaklanan zemin gerilmeleri, boru güzergâhının fay

bölgesinde yer alması, sıvılaşma, toprak kayması ve oturma gibi sebeplerle geçici ve kalıcı yer değiştirmeler meydana gelmektedir (O'Rourke ve Tratumann, 1980). Zemin deformasyonlarına ek olarak, gömülü boru sistemlerinde parçalı boruların birleştiği bölgelerde veya borunun başka bir yapıya bağlandığı bölgelerde sıklıkla hasarlara rastlanmaktadır. Ayrıca bu sistemlerde kullanım ömrü ve korozyon etkisiyle de hasarlar olduğu gözlemlenmektedir. Depremlerin ikincil etkileri nedeniyle belirli yerlerde boru hatları hasar görmekte veya tahrip olabilmektedir. Bu ikincil etkiler arasında su kanalları, rezervuar sistemleri ve barajların arızalanmasından kaynaklanan su baskını; düşen elektrik hatlarından kaynaklanan tehlikeler; petrol tankları ve gaz hatları kırıldığında meydana gelebilecek patlama tehlikesi yer almaktadır (Yokel ve Mathey, 1992). 1995 yılında Japonya'da gerçekleşen Hyogo-Ken depremi sonrası gömülü boru sistemlerinin 234 farklı noktasında gaz sızıntısı oluşup sonrasında gaz salınımı ve elektrik kıvılcımları nedeniyle ciddi kayıplara yol açan yangınlar meydana gelmiştir (Lee vd., 2009). Bu nedenle, depremlerden kaynaklanan birincil etkiler beraberinde ikincil etkilere de yol açtığından daha fazla dikkat gerektirmektedir.

Tedarik zinciri yönetimi açısından öne çıkan bir altyapı sistemi olan gömülü boru hattının, yanal yer hareketlerine karşı tepkisi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş, tasarım ve risk değerlendirmesi için eleştiriler yapılmıştır. Altyapı sistemleri atalet yüklerinden ziyade güçlü sismik zemin deformasyonlarına ve bozulmalarına maruz kaldıkları için bu sistemlerin belirli geometrik ve kavramsal özellikleri, sismik davranışlarını ve performanslarını yerüstü yapılarının davranışından çok farklı kılmaktadır (Pitilakis ve Tsinidis, 2013). Deprem kaynaklı faylanma dâhil olmak üzere, çeşitli olumsuz koşullarda karakterize edilmesi zor olan zemin gerilmeleri ve deformasyonları, gömülü boru hatlarının sismik tepkisini bulmada ana faktörler arasındadır (Sahoo vd., 2014). Yıllar boyunca, araştırmacılar boru davranışını, çoğunlukla sayısal modelleme ve simülasyon yoluyla anlamaya çalışmışlardır. Ancak sayısal modelleme yaklaşımlarını ve varsayımlarını doğrulamak için çok az fiziksel modelleme ve deney yapılmıştır (Abdoun vd., 2009). Burada altyapı sistemlerinde başta depremler olmak üzere farklı afet türleri açısından aksaklıkları ve riskleri en aza indirmek için tedarik zinciri yönetimi disiplininin önemi ortaya çıkmaktadır. Tedarik zinciri, kendi menşe kaynaklarından,

belirlenen son tüketici tarafından talep edilen son ürün veya hizmetlere kadar dönüŖtürülmüŖ girdilerin akışına değer katan, birbirine bağlı katılımcı kuruluşlardan oluŖan ağ olarak tanımlanabilir (Lu, 2011). Ancak tedarik zincirinde beklenmedik olayların olabileceği riskler vardır ve bu riskler ilk tedarikçilerden nihai müŖterilere kadar olan yolculuklarında malzeme akışını kesintiye uğratar. Bu sebeple tedarik zinciri risk yönetimi oldukça önemlidir. Tedarik zinciri risk yönetimi, tedarik zinciri ortakları arasında koordineli yaklaşımlarla risklerin tanımlanması ve yönetimi olarak açıklanmaktadır (Munir vd., 2020).

Bu çalışma, bilim insanlarının, tedarik zinciri risk yönetimi açısından gömülü boru hatlarının depremlerin olası etkileri konusunda deneysel çalışmalar geliŖtirmesine ve karar vericilerin depremlerin gömülü boru hatları üzerindeki etkilerini en aza indirmeye yönelik politikalar geliŖtirmelerine dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında olası riskleri minimize etmek amacıyla çeŖitli ana ve alt kriterler belirlenmiŖ ve Analitik HiyerarŖi Süreci (AHP) ile öncelik belirleme anketi oluŖturulmuŖtur. Alanında uzman 15 katılımcının yanıtları değerlendirilerek AHP analizi yapılmıŖtır. Belirlenen kriterler önem derecelerine göre karşılaştırılarak bilimsel katkı olarak sunulmuŖtur. Sonuç olarak, depremler sebebiyle gömülü boru sistemleri üzerinde oluŖacak çevresel ve ekonomik riskleri azaltmak ve ileride yetkililerin ve karar vericilerin dikkatini bu konuya çekmek için mevcut olmayan düzenlemelerin geliŖtirilmesine yönelik Ŗematik bir yol haritasının geliŖtirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmada tedarik zinciri ve tedarik zinciri risk yönetimi başlıkları, depremlerin gömülü boru sistemleri üzerine etkileri ele alınarak açıklanmıŖtır. Sonrasında gömülü boru sistemlerinde depremler nedeniyle meydana gelen hasarlar anlatılmıŖ ve devamında deprem sebebiyle gömülü boru sistemleri üzerinde meydana gelecek olası riskleri minimize etme konusunda gerçekleŖtirilen anket sonuçlarına göre genel değerlendirmelere gidilmiŖtir.

## **GÖMÜLÜ BORU SİSTEMLERİ İLE TEDARİK ZİNCİRİ ARASINDAKİ İLİŖKİ**

### ***Tedarik Zinciri***

Tedarik zinciri, hammadde tedarik eden, bunları ara ve nihai ürünlere dönüŖtüren ve nihai ürünleri müŖterilere dağıtıran bir üretici ve dağıtıcı

ağıdır. Tedarikçiler, lojistik hizmet sağlayıcıları, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler dâhil olmak üzere malzeme, ürün ve bilgi akışı etrafında birleşen büyük bir bağlantıdır. Diğer bir tanım, bir tedarik zincirinin, nihai tüketiciye sunulan ürünler ve hizmetler biçiminde değer üreten farklı süreçlere ve faaliyetlere yukarı ve aşağı bağlantılar yoluyla dâhil olan kuruluşlar ağıdır. Bir tedarik zinciri hem yukarı akış (yani tedarik) hem de aşağı akış (yani dağıtım) ve nihai tüketici olmak üzere birden çok firmadan oluşur (Mentzer vd., 2001). Tedarik zincirini oluşturan bağımsız firmalar ayrı ayrı ve/veya birlikte değer kattıkları ürün ve hizmetler aracılığıyla birbirine bağlıdır.

Depremlerin gömülü boru sistemleri üzerine etkisi tedarik zinciri açısından değerlendirildiğinde, çevresel ve ekonomik çeşitli risklerin ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin 17 Ocak 1995 yılında Japonya'da gerçekleşen Kobe depremi esnasında sivilaşma nedeniyle gömülü su boru hattında kopmalar, farklı oturmalar ve yanal yer değiştirmeler meydana gelmiştir. Oluşan bu büyük hasarlar sebebiyle su şebekesinde su kaybı meydana gelmiş ve çıkan yangınlara engel olunamamıştır. Bunun sonucunda şehrin 0.6 km<sup>2</sup>'lik bir alanı yangında tahrip olmuştur. Aynı zamanda farklı oturmalar, toprak kaymaları, yanal yayılma gibi zemin hareketleri neticesinde şehrin elektrik, telekomünikasyon ve gaz dağıtım boru hatlarında da büyük hasarlar meydana gelmiştir (Şendir, 2005). Buradan tedarik zinciri ağında meydana gelebilecek bir aksaklığın gömülü boru sistemi üzerindeki çevresel ve ekonomik etkilerinin felaket ile sonuçlandığı görülmektedir. Doğru bir tedarik zinciri ağı ile depremlerin gömülü boru sistemleri üzerinde meydana getirebilecekleri hasarları ve oluşabilecek riskleri minimize etmek gerekmektedir. Bu nedenle gömülü boru hattı deprem kaybı tahmin metodlarının sürekli geliştirilmesi önemlidir; zarar tahmini, depremlerde boru hattı sistemi arızası riskinin değerlendirilmesinde, deprem azaltma programlarının geliştirilmesinde ve acil durum müdahale programlarının geliştirilmesinde faydalı bir araçtır (Donald Balantyne, 1994). Tedarik zinciri paydaşlarının afet yönetimi açısından sorumluluklarının belirlenmesi ve gerekli tatbikatların yapılması da tedarik zinciri risk yönetimi akışlarına entegre edilmelidir.

### ***Tedarik Zinciri Risk Yönetimi***

Tedarik zinciri risk yönetimi, tedarik zincirinin herhangi bir bölümünü olumsuz etkileyebilecek beklenmedik makro ve mikro düzeydeki olayları veya koşulları hafifletmek ve izlemek amacıyla nicel ve nitel risk yönetimi metodolojilerini kullanan işbirlikçi bir çabadır (Ho vd., 2015). Tedarik zinciri risk yönetimi, tedarik zincirinin tüm yönlerinden sorumludur.

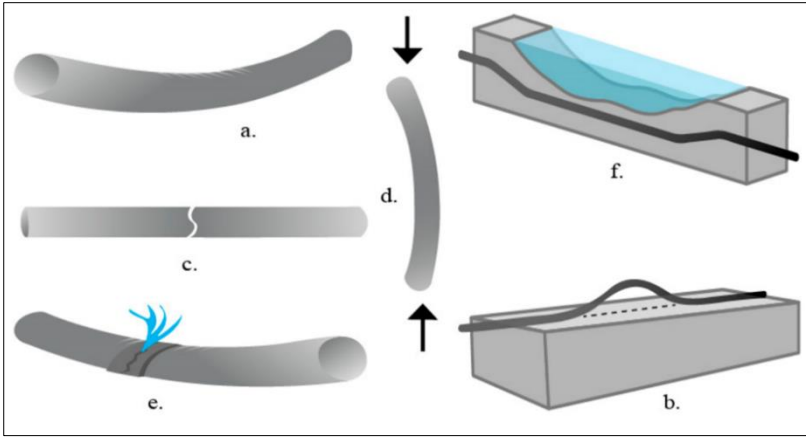
Yerel tedarik zincirleri zamanla küresel tedarik zincirlerine doğru genişleyebilmektedir. Bu genişleme beraberinde genişletilmiş riskleri de getirmektedir. Gittikçe küreselleşen operasyonlar dünyanın bir bölgesinde meydana gelen problemin diğer bölgesindeki işleri ciddi şekilde etkilemesiyle tanımlanabilir. Tedarik zincirinin uzamasıyla riskler de artmaktadır. Örneğin uluslararası sınırları aşan bir gömülü boru sistemi birden fazla ülkeye hizmet verebilmektedir (Waters, 2007). Petrol ve gaz dağıtım borularıyla bir ülke hem kendi ihtiyacını karşılayabiliyorken hem de başka ülkelere, ilgili malzemeyi gömülü boru sistemleri yardımıyla temin edebilmektedir. Sismik bölgelerde bulunan ülkelerde meydana gelen depremler neticesinde gömülü boruların hasar alması ve çalışmalarının aksaması, boru hattının devam ettiği diğer ülkeleri de olumsuz etkilemektedir. Tedarik zincirinin aksamasıyla açıklanabilecek bu durum iki ülke arasında diplomatik sorunlara neden olacaktır. Bu sebeple dengeli bir risk görüşüne ihtiyaç vardır. Sismik bölgelerde deprem kaçınılmaz bir doğal afettir ve bu bölgelerde gömülü borular üzerine etkiyecek risklerin tanınıp iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde çevresel ve ekonomik sonuçları ağır olmaktadır.

### ***Gömülü Boru Sistemlerinde Meydana Gelen Hasarların Nedenleri***

Gömülü boru hatlarının hasar görmesinin üç nedeni olabilmektedir. Bunlar toprağın etkileri, sismik bölgenin etkisi ve boruların bağlantı parçalarıdır. İlk olarak, farklı zemin tiplerinin gömülü boru hatlarının sismik koşullarda arızalanması üzerindeki etkisi çeşitli kritik zemin parametrelerine dayanmaktadır. Bunlar su tablası derinliği, kritik zemin tabakasındaki ortalama SPT-N değeri, kritik sıvılaştırılabilir zemin tabakası derinliği, kritik zemin tabakasının orta yüksekliğindeki etkili düşey gerilim, ilk 10 metrede SPT darbe sayısı 10'dan az olan zeminin derinliği, zeminin oturma durumu ve yanal yer değıştirme tahminleri



gibi kritik zemin parametreleridir. İkinci olarak, sismik kuvvet arttıkça borunun orta bölgesinde çekme gerilmelerinin oluşması beklenmektedir. Bu nedenle yüksek sismik bölgelerde yüksek basınçta daha yüksek kalitede çelik / kalın boru hatları kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, boru hatlarının inşasında özellikle farklı karakteristikteki sismik bölgeler altında, taşıma gücü düşük bölgelerden kaçınılması önerilir. Çünkü taşıma gücü düşük zeminler, boru hatlarındaki eksenel gerilmeleri artırarak bağlantı hasarlarına yol açmaktadır. Sonuç olarak, sismik risk bölgelerinde boru hatlarının tasarımına daha fazla dikkat ve ilgi gösterilmesi gerekmektedir (Toprak ve Taşkın, 2007). Üçüncü olarak son yıllarda depremler nedeniyle özellikle boru hatlarının bağlantı kısımlarında Şekil 1’de belirtilen şekilde meydana gelen yaygın arıza türleridir. Ayrıca, dünya genelinde daha önceki önemli depremlerde gözlenen en yaygın göçme durumu yerel burkulma göçmesi, ardından gerilme göçmesi ve kiriş burkulması olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Gömülü boru hatlarının yaygın arıza türleri: a:stabilite kaybına bağlı yerel burkulma, b: kiriş burkulması, c: çekme kırılması, d: eğilme kırılması, e: kaynak göçmesi, f: yorulma yenilmesi  
Kaynak: Akram ve Zülfikar, 2020

## GÖMÜLÜ BORU SİSTEMLERİNDEKİ OLASI RİSKLERİN BELİRLENMESİ

Gömülü boru hatları, potansiyel olarak ciddi olumsuz etkilere sahip olan depremler sırasında, hizmet verdikleri bölgeler üzerinde meydana

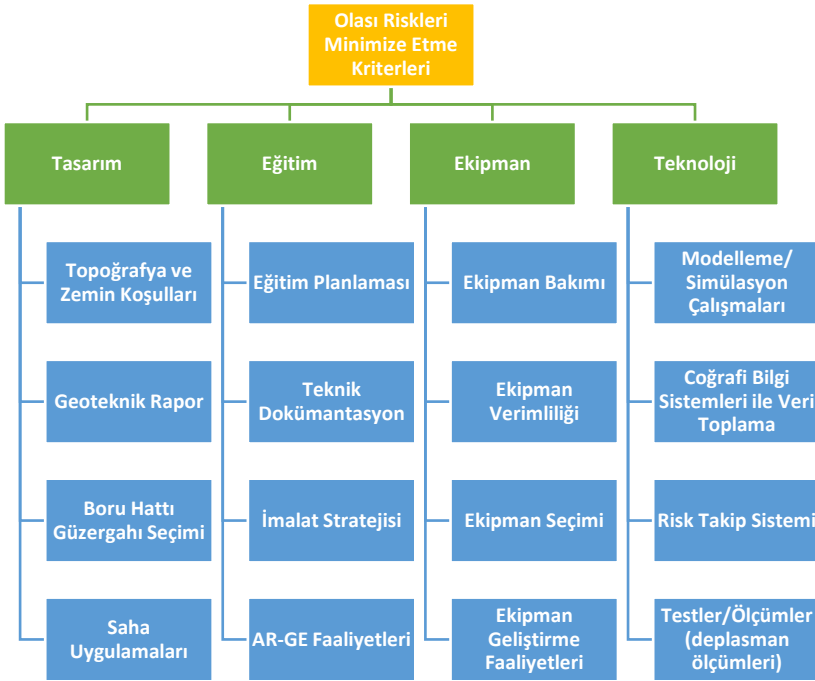
gelebilecek hasara karŖı çok hassastır. Depremler neticesinde meydana gelen dalga yayılımı zeminlerde farklı oturmalar, sıvılaŖma, faylanma ve zemin kayması gibi büyük hasarlar ortaya çıkaran sonuçlara neden olmaktadır. Bu sebeple, yüksek sismik aktivitenin olduğu bir bölgede gömülü boru sisteminin deprem tehlikelerine karŖı güvenilirliği dikkate alınması gereken en önemli faktördür (Ghasemlounia ve Tolon, 2020). Tasarımında kabul edilebilir bir güvenlik seviyesi sağlamak için gömülü boru hatlarının sismik risk analizi araŖtırmaları hayati bir role sahiptir. Sismik risk analizi olasılığa dayalı olmalıdır çünkü risk, analizde yer alan çeŖitli belirsizliklerin bir sonucudur. Sismik girdi, zemin-boru etkileŖimi, boru özellikleri ve hasar durumlarının değerlendirilmesi belirsizliklerden bazılarıdır (Mashaly ve Datta, 1989). Risk analizinin birincil amacı, sosyal, ekonomik ve politik faktörlere dayalı olarak kabul edilebilir risk yönetimi kararları elde etmektir. Sismik yükleme altında hasar tahmini, gömülü boru hattının sismik risk analizinde ilk aŖamadır. Boru hattı sismik hasarı genellikle, birim boru uzunluğu başına onarım veya kırılma sayısı cinsinden hasar veya onarım oranları olarak adlandırılan deneysel iliŖkiler kullanılarak tanımlanır (Jahangiri ve Shakib, 2017).

## METODOLOJİ

Analitik HiyerarŖi Süreci (AHP) çoklu kriterlere dayalı karar verme problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. AHP, karar vericilerin karmaŖık sorunları; problemin temel amacı, kriterler, özellikler, hedefler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki iliŖkiyi gösteren hiyerarŖik bir yapıda modellemelerine izin verir. Karar vericinin karar sürecine hem nesnel hem de öznel düşüncelerini dâhil edebildiği, bilgi, deneyim, düşünce ve sezgilerin mantıksal olarak birleŖtirildiđi bir yöntemdir (Toprak vd. 2019). Bu çalışmada depremlerin gömülü boru sistemleri üzerine olası risklerini tedarik zinciri açısından minimize etmek amacıyla Ŗekil 2'de görüldüğu gibi tasarım, eğitim, ekipman ve teknoloji olmak üzere ana kriterler belirlenmiŖtir. Her bir ana kriter için ise İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından hazırlanmış çalışmalar dikkate alınarak dörder alt kriter belirlenmiş (Baykan, 2017). AHP yöntemi kullanılarak belirlenen kriterler arasında analiz yapılmıştır

Kriterlerin önem derecelerini belirlemek amacıyla akademisyen ve inŖaat mühendislerinden oluşan 15 uzman tarafından AHP ölçeği

kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Her bir kişi için karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra normalleştirilmiş karşılaştırma matrisleri oluşturulup matrisin satır değerlerinin ortalaması alınmış ve ağırlıkları belirlenmiştir (Kutlu vd., 2012). Uzmanların kararlarının tutarlılığını kontrol etmek amacıyla ise tutarlılık analizi yapılmış ve her bir karar verici için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır. Karar matrisinin tutarlı olması için  $CR < \%10$  olması gerekmektedir. CR  $\%10$ 'dan yüksekse, karar vericilerden değerlendirmelerini yeniden gözden geçirmeleri istenmektedir.



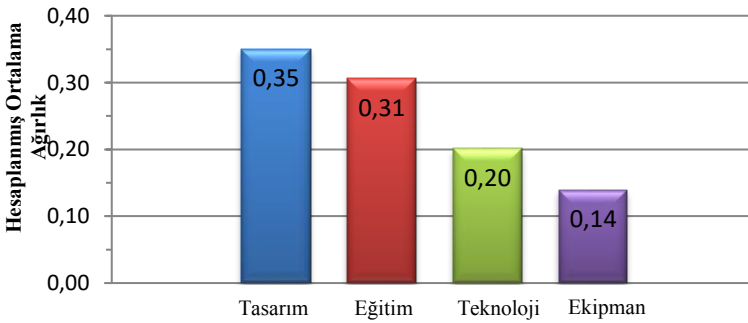
Şekil 2. Olası riskleri minimize etme kriterlerinin hiyerarşik yapısı

Nihai olarak her bir uzman için ana kriterlerin ağırlık matrisi belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Uzman yanıtlarına göre ana kriterlerin ağırlıklarının hesabı

Ana Kriter				
No.	Tasarım	Eğitim	Teknoloji	Ekipman
1	0.18	0.05	0.66	0.11
2	0.58	0.29	0.08	0.05
3	0.3	0.44	0.2	0.05
4	0.16	0.52	0.23	0.1
5	0.26	0.51	0.15	0.05
6	0.63	0.09	0.05	0.22
7	0.54	0.05	0.28	0.13
8	0.55	0.17	0.16	0.11
9	0.06	0.54	0.21	0.19
10	0.15	0.65	0.06	0.15
11	0.18	0.33	0.14	0.35
12	0.25	0.25	0.25	0.25
13	0.42	0.28	0.08	0.22
14	0.41	0.17	0.37	0.05
15	0.59	0.25	0.1	0.06

Hesaplanan ağırlıkların ortalaması alınarak ana kriterler arasında karşılaştırma yapıldığında en önemli kriterin en yüksek puanı olarak tasarım olduğu görölmektedir. Tasarım kriterini sırasıyla eğitim, teknoloji ve ekipman kriterleri takip etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Ana kriterlerin hesaplanmış ortalama ağırlıkları

Ana kriterler uzmanlara göre karşılaştırıldığında, uzmanların %53,33'ünün "Tasarım"; %40'ını "eğitim"; %13,33'ünün "Ekipman"; %13,33'ünün "Teknoloji" kriterini birinci derecede önemli olarak değerlendirdiği anlaşılmaktadır. Uzmanların %40'ının ise "Ekipman" kriterini olası riskleri minimize etmede en az derecede önemli kriter olarak belirledikleri görülmüştür (Tablo 2.a).

Tasarım ana kriterinin alt kriterleri dikkate alındığında, ankete katılan uzmanlardan %40'ı "geoteknik rapor" kriterini en önemli kriter olarak belirlerken %40'ının ise aynı kriteri en az derecede önemli olarak değerlendirdiği görülmektedir. Uzmanların %33,33'ü "Boru hattı güzergâhı seçimi" kriterini en önemli kriter olarak seçerken "Topografya ve zemin koşulları" kriteri hiçbir katılımcı tarafından en yüksek derecede önemli kriter olarak değerlendirilmemiştir (Tablo 2.b).

Eğitim ana kriterinin alt kriterleri değerlendirildiğinde, uzmanların %40'ının "AR-GE faaliyetleri" kriterini en önemli kriter olarak seçerken, %33,33'ünün aynı kriteri ikinci derece önemli gördüğü sonucu oraya çıkmaktadır. Katılımcıların yaklaşık %26,67'si ise bu kriteri en az derecede önemli olarak değerlendirmektedir. Bütün alt kriterler uzman görüşlerine göre analiz edildiğinde "Teknik dokümantasyon" kriterinin, depremin olası risklerini minimize etmede en az role sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Tablo 2.c).

Ekipman ana kriterinin alt kriterleri dikkate alındığında ise anket katılımcılarının yaklaşık %80'i tarafından "Ekipman seçimi" kriteri birinci derecede önemli alt kriter olarak seçilmiştir. "Ekipman geliştirme faaliyetleri" kriteri ise uzmanların %46,67'si tarafından ikinci derecede önemli kriter olarak belirlenirken, %46,67'si tarafından en az derecede önemli kriter olarak değerlendirilmiştir. "Ekipman verimliliği" kriteri incelendiğinde ankete katılan inşaat mühendisi ve akademisyenlerin %40'ının bu kriteri üçüncü derecede önemli olarak belirlediği anlaşılmaktadır (Tablo 2.d).

Teknoloji kriterinin alt kriterleri analiz edildiğinde, uzmanların yaklaşık %80'inin "Testler/Ölçümler" kriterini birinci derecede önemli alt kriter olarak seçtiği görülmektedir. "Modelleme/Simülasyon çalışmaları" kriteri katılımcıların %40'ından ikinci derecede önemli seçilirken, %46,67'si tarafından ise en az derecede önemli olarak seçilmiştir (Tablo 2.e).

*Tablo 2. Kriterlerin katılımcılara göre karşılaştırılması: a: ana kriterler, b: tasarım alt kriterleri, c: eğitim alt kriterleri, d: ekipman alt kriterleri, e: teknoloji alt kriterleri*

	#1		#2		#3		#4		#5		#6		#7		#8		#9		#10		#11		#12		#13		#14		#15		
Cat	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	
1	Tasarım	18.1%	2	58.0%	1	30.1%	2	15.7%	3	26.8%	2	65.0%	1	55.1%	1	56.5%	1	5.8%	4	15.1%	2	18.0%	3	25.0%	1	42.5%	1	41.9%	1	61.2%	1
2	Eğitim	6.6%	4	28.7%	2	44.9%	1	52.9%	1	53.7%	1	8.7%	3	5.1%	4	16.5%	2	55.6%	1	63.5%	1	33.2%	2	25.0%	1	28.2%	2	16.8%	3	23.3%	2
3	Ekipman	9.6%	3	5.3%	4	20.0%	3	9.5%	4	4.9%	4	21.8%	2	11.8%	3	11.1%	4	18.4%	3	15.1%	2	35.3%	1	25.0%	1	21.3%	3	4.5%	4	5.8%	4
4	Teknoloji	65.6%	1	8.0%	3	5.0%	4	21.9%	2	14.6%	3	4.5%	4	28.0%	2	15.8%	3	20.2%	2	6.2%	4	13.6%	4	25.0%	1	8.0%	4	36.9%	2	9.7%	3

a.

	#1		#2		#3		#4		#5		#6		#7		#8		#9		#10		#11		#12		#13		#14		#15		
Cat	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	
1	Geoteknik Rapor	5.3%	4	36.4%	2	4.5%	4	52.9%	1	7.0%	4	62.2%	1	13.7%	4	38.7%	1	33.8%	1	4.8%	4	60.6%	1	25.1%	2	14.4%	3	8.1%	4	36.3%	1
2	Topografya ve Zemin Koşulları	41.2%	2	15.6%	3	12.0%	3	23.6%	2	11.8%	3	23.6%	2	23.6%	2	16.7%	3	27.0%	2	10.4%	3	16.6%	2	10.3%	4	7.9%	4	23.7%	3	32.6%	2
3	Boru Hattı Gözlemleri Seçimi	47.3%	1	7.7%	4	59.3%	1	10.1%	4	17.4%	2	9.9%	3	42.7%	1	14.2%	4	15.4%	4	64.7%	1	16.6%	2	15.7%	3	18.8%	2	35.3%	1	14.8%	4
4	Saha Uygulamaları	6.2%	3	40.3%	1	24.1%	2	13.4%	3	62.9%	1	4.3%	4	20.1%	3	30.3%	2	23.7%	3	20.2%	2	6.3%	4	48.8%	1	58.8%	1	32.8%	2	16.3%	3

b.

	#1		#2		#3		#4		#5		#6		#7		#8		#9		#10		#11		#12		#13		#14		#15		
Cat	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	
1	Eğitim Planlaması	11.2%	3	17.1%	3	20.8%	2	19.0%	2	38.5%	1	60.8%	1	16.1%	3	24.0%	2	12.7%	4	51.5%	1	6.6%	4	44.5%	1	13.7%	3	25.0%	1	48.1%	1
2	Teknik Bakım Dokümantasyonu	12.8%	2	11.1%	4	7.6%	4	11.3%	4	4.7%	4	8.3%	3	31.0%	2	17.7%	4	22.3%	2	4.7%	4	17.2%	2	17.4%	3	5.8%	4	25.0%	1	8.8%	4
3	İmalat Stratejisi	3.5%	4	42.6%	1	10.7%	3	15.7%	3	32.1%	2	26.6%	2	42.3%	1	20.7%	3	16.2%	3	20.2%	3	66.4%	1	7.9%	4	50.0%	1	25.0%	1	10.6%	3
4	AR-GE Faaliyetleri	72.4%	1	29.2%	2	60.9%	1	54.0%	1	24.7%	3	4.3%	4	10.6%	4	37.6%	1	48.7%	1	23.6%	2	9.8%	3	30.2%	2	30.5%	2	25.0%	1	32.5%	2

c.

	#1		#2		#3		#4		#5		#6		#7		#8		#9		#10		#11		#12		#13		#14		#15		
Cat	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	
1	Ekipman Verimliliği	44.0%	1	12.0%	3	13.1%	3	50.5%	1	15.0%	4	7.9%	3	32.1%	1	16.6%	4	10.9%	3	10.9%	3	8.3%	2	22.8%	2	16.1%	3	58.7%	1	35.6%	1
2	Ekipman Bakımı	21.5%	2	5.5%	4	4.4%	4	10.7%	3	16.4%	3	31.7%	2	23.5%	3	21.7%	3	21.9%	2	21.9%	2	8.3%	2	10.1%	4	12.0%	4	6.7%	3	32.6%	2
3	Ekipman Seçimi	13.1%	4	64.6%	1	55.1%	1	30.0%	2	45.2%	1	56.4%	1	32.1%	1	38.0%	1	61.9%	1	61.9%	1	75.0%	1	15.2%	3	52.5%	1	28.3%	2	19.4%	3
4	Ekipman Geliştirme Faaliyetleri	21.5%	2	17.9%	2	27.4%	2	8.9%	4	23.5%	2	4.1%	4	12.2%	4	23.7%	2	5.2%	4	5.2%	4	8.3%	2	51.9%	1	19.4%	2	6.3%	4	12.4%	4

d.

	#1		#2		#3		#4		#5		#6		#7		#8		#9		#10		#11		#12		#13		#14		#15		
Cat	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	Priority	Rank	
1	Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Veri Toplama	32.1%	1	11.2%	3	9.3%	3	29.5%	2	16.0%	2	4.5%	4	20.8%	3	13.6%	3	24.7%	2	24.3%	2	12.5%	2	20.8%	3	38.2%	1	4.6%	4	13.8%	3
2	Modelleme/Simülasyon Çalışmaları	3.6%	4	4.1%	4	5.1%	4	29.5%	2	8.2%	4	8.7%	3	23.7%	2	10.3%	4	17.6%	3	9.4%	4	12.5%	2	23.7%	2	7.2%	4	27.2%	2	28.8%	2
3	Risk Takip Sistemi	32.1%	1	36.4%	2	38.3%	2	9.2%	4	14.1%	3	65.0%	1	14.8%	4	35.9%	2	9.4%	4	50.9%	1	62.5%	1	14.8%	4	30.2%	2	56.9%	1	12.6%	4
4	Testler/Ölçümler (Deplozman ölçümleri)	32.1%	1	48.3%	1	47.3%	1	31.8%	1	61.7%	1	21.8%	2	40.6%	1	40.1%	1	48.3%	1	15.5%	3	12.5%	2	40.6%	1	24.3%	3	11.3%	3	44.9%	1

e.

## SONUÇ

Tedarik zinciri risk yönetimi açısından, Türkiye'de özellikle gömülü boru sistemleri ile ilgili mevcut sismik risklerin ortadan kaldırılması için geliştirilmesi önerilen faaliyetler eğitim, tasarım, ekipman ve teknoloji olmak üzere dört ana başlığa ayrılabilir. Depremlerin gömülü boru hatları üzerindeki olası etkilerini planlamaya yönelik

bilgilendirici broşürler hazırlamak; toplumda, okullarda, üniversitelerde, kamu ve özel sektörde eğitim faaliyetleri yürüterek bilinçlendirme programları oluşturmak; mevcut afete hazırlık yönetimi programlarında depreme dayanıklı tasarım çalışmaları yapmak; doğru ekipman seçip bu ekipmanların performans ve bakım çalışmalarını yürütmek; modelleme/simülasyon çalışmaları gerçekleştirmek gibi faaliyetler yürütülmelidir. Sayısal verilerle desteklenmiş deneysel çalışmaların sonuçlarını değerlendirmek ve paydaşlar ile tedarik zinciri risk yönetimi açısından alınabilecek önlemleri koordine etmek amacıyla interaktif bir sistem geliştirilmelidir. Bunun için özellikle gömülü boru sistemlerinde riskin tanımı, geoteknik ve tedarik zinciri risk yönetimi analizi ve değerlendirme aşamalarını gösteren ilgili standart ve yönetmeliklerin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Bu rehber dokümanlar, teknik olarak ayrıntılı ve paydaşların anlayabileceği bir özet düzeyde olmak üzere iki farklı türde hazırlanmalıdır.

Bu çalışma, tedarik zinciri yönetimi açısından depremlerin gömülü boru sistemleri üzerindeki olası etkilerine genel bir bakış sunmaktadır. Gömülü boru sistemleri üzerinde oluşabilecek olası riskleri en aza indirmek ve bu konuda öncelikli kriterleri belirlemek amacıyla AHP analizi yapılmıştır. Kriterler uzman kişilerce önem derecelerine göre karşılaştırılmış ve tasarım kriterinin ön plana çıktığı görülmüştür. Her bir ana kriterin alt kriterleri değerlendirildiğinde “Tasarım” ana kriterinde “Geoteknik rapor” alt kriterinin; “Eğitim” ana kriterinde “AR-GE faaliyetleri” alt kriterinin; “Ekipman” ana kriterinde “Ekipman seçimi” alt kriterinin; “Teknoloji” ana kriterinde ise “Testler/Ölçümler” alt kriterinin en yüksek derecede önemli kriter olarak belirlendiği sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve literatür çalışması derlenip bilimsel katkı olarak sunulmuştur. Aynı zamanda deneysel çalışmaların yeterli olmaması sebebiyle, literatüre katkıda bulunmak amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarında bilimsel araştırma projesi kapsamında tarafımızca deneysel çalışmalar başlatılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, Türkiye’de deprem riskini en aza indirmek için gömülü boru hatları ile ilgili düzenlemelerin geliştirilmesi ve yetkililerin ve karar vericilerin dikkatinin çekilmesi beklenmektedir.

## TEŖEKKÜR

Bu çalıŖma İstanbul Gedik Üniversitesi GDK202006-02 numaralı Bilimsel AraŖtırma Projesi tarafından desteklenmektedir. İstanbul Gedik Üniversitesi'ne katkılarından dolayı teŖekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

Abdoun, T. H., Ha, D., O'Rourke, M. J., Symans, M. D., O'Rourke, T. D., Palmer, M. C. ve Stewart, H. E. (2009). Factors influencing the behavior of buried pipelines subjected to earthquake faulting. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29 (3), 415–427. doi:10.1016/j.soildyn.2008.04.006

Akram, M. R. ve Zülfiyar, A. C. (2020). Identification of Factors Influencing Sustainability of Buried Continuous Pipelines. *Sustainability*, 12 (3), 960. doi:10.3390/su12030960.

Bach, C., Gupta, A.K., Nair, S.S. ve Birkmann, J. (2013). *Critical Infrastructures and Disaster Risk Reduction*. New Delhi: National Institute of Disaster Management and Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)

Baykan, O. (2017). *Su Yönetimi Kapsamında İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp Kaçaklarının Kontrolü*. İstanbul/Türkiye, Yele Ofset Matbaa Kalıpları İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi.

Donald Balantyne, P. E. (1994). Changing Needs for Hazard Information for Pipeline Loss Estimation. T. D. O'Rourke ve M. Hamada (Ed.), *Proceedings of the Fifth U.S.-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Soil Liquefaction* içinde (653-663. ss.). Washington.

Erkal, T. ve Değerliyurt, M. (2011). Türkiye'de Afet Yönetimi. *Doğru Coğrafya Dergisi*, 14 (22), 147-164.

Ghasemlounia, R. ve Tolon, M. (2020). Investigating the Possible Damages of Earthquakes in Submarine Pipelines in terms of Disaster Management. *Academic Perspective Procedia*, 3 (2), 860-871. doi: 10.33793/acperpro.03.02.21

Ho, W., Zheng, T., Yıldız, H. ve Talluri, S. (2015). Supply chain risk management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 53 (16), 5031–5069. doi:10.1080/00207543.2015.1030467



Jahangiri, V. ve Shakib, H. (2017). Seismic risk assessment of buried steel gas pipelines under seismic wave propagation based on fragility analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16 (3), 1571–1605. doi:10.1007/s10518-017-0260-1

Kenny, C. (2012). Disaster risk reduction in developing countries: costs, benefits and institutions. *Disasters*, 36 (4), 559–588. doi:10.1111/j.1467-7717.2012.01275.x

Kongar, I. ve Giovinazzi, S. (2014). Damage to Infrastructure: Modeling. *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, 1–14. doi:10.1007/978-3-642-36197-5\_356-1

Kutlu, B.S., Abalı, Y.A. ve Eren, T. (2012). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile seçmeli ders seçimi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2 (2), 5-25.

Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.

Lee, D. H., Kim, B. H., Lee, H. ve Kong, J. S. (2009). Seismic behavior of a buried gas pipeline under earthquake excitations. *Engineering Structures*, 31 (5), 1011–1023. doi:10.1016/j.engstruct.2008.12.012

Lu, D. (2011). *Fundamentals of Supply Chain Management*. Denmark: Ventus Publishing ApS.

Mashaly, E. A. ve Datta, T. K. (1989). Seismic Risk Analysis of Buried Pipelines. *Journal of Transportation Engineering*, 115 (3), 232–252. doi:10.1061/(asce)0733-947x(1989)115:3(232)

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D. ve Zacharia, Z. G. (2001). DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics*, 22 (2), 1–25. doi:10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x

Munir, M., Sadiq Jajja, M. S., Chatha, K. A. ve Farooq, S. (2020). Supply Chain Risk Management and Operational Performance: The Enabling Role of Supply Chain Integration. *International Journal of Production Economics*, 107667. doi:10.1016/j.ijpe.2020.107667

Newbill, C. (2019). Defining Critical Infrastructure For A Global Application. *Indiana Journal Of Global Legal Studies*, 26 (2), 761-780.

O'Rourke, T. D. ve Tratumann, C. H. (1980). Buried pipeline response to permanent earthquake ground movements. *Paper presented at Proceedings of*

*the ASME Pressure Vessels and Piping Conference*. San Francisco, Calif., USA.

Pitilakis, K. ve Tsinidis, G. (2013). Performance and Seismic Design of Underground Structures. *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, 279–340. doi:10.1007/978-3-319-03182-8\_11

Sahoo, S., Manna, B. ve Sharma, K. G. (2014). Seismic Behaviour of Buried Pipelines: 3D Finite Element Approach. *Journal of Earthquakes*, 1–9. doi:10.1155/2014/818923

Ŗendir, S. (2005). *Zemine Gömülü Boruların Sismik Etkiler Altındaki DavranıŖı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul/ Türkiye.

Tolon M. ve Mızrak K. C. (2017). Development of Disaster Management in Turkey from 1999 Kocaeli Earthquake to 2011 Van Earthquake. *The International Journal of Engineering Science and Application*, 1 (4), 145–151.

Toprak, İ., Boyacı, B. ve Kalkan, S. (2019). *Design of a High-Rise RC Building, Risk and Constructability Analysis*. (YayımlanmamıŖ lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi İnŖaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

Toprak, S. ve TaŖkın, F. (2007). Estimation of Earthquake Damage to Buried Pipelines Caused by Ground Shaking. *Natural Hazards (40)* 1–24. doi:10.1007/s11069-006-0002-1.

Yokel, F. Y. ve Mathey, R. G. (1992). *Earthquake Resistant Construction of Gas and Liquid Fuel Pipeline Systems Serving, Or Regulated By, The Federal Government*. Gaithersburg, MD: U.S. Dept. of Commerce, National Institute of Standards and Technology

Waters, D. (2007). *Supply Chain Risk Management: vulnerability and resilience in logistics*. Great Britain: MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall.

# **Otomotiv Sektöründe Hedef Programlama Yöntemi ile Tedarikçi Değerlendirmesi**

**Kemal Çağlar Pamuk**  
*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(000-0001-9346-3028)**

**Yıldız Şahin**  
*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-6283-5340)**

## GİRİŖ

Çağımızdaki rekabetçi ortamlar karşısında, sadece karlılıklarını arttırarak hayatta kalabileceklerine kanaat getiren Ŗirketlerin, belirlemiş oldukları ana hedeflerden biri satın alırken kazanmaktır. Bu noktada; en ucuz ürün ya da hizmeti satın alırken, aynı zamanda üretim sürekliliği ve müşteri memnuniyetinin kusursuz sağlanması önem taşımaktadır. Bunu sağlayabilmek için firmaların kendi iç paydaşlarının gereksinimlerini çok iyi tespit ederek, bunları, tedarikçilerini seçmek için ayırt edici kriterler (seçim kriterleri) olarak belirlemeleri gerekir. Bu kriterleri yerine getirebilecek optimum seçimin yapılabilmesi için literatürde birçok çalışma yapılmış olup, bu konu “Tedarikçi Seçim Problemi” olarak adlandırılmıştır.

Günümüz işletmeleri sadece kendi proseslerini iyileştirmiş olmalarının, global anlamda rekabet için yeterli olmayacağıının bilincindedirler. Kendi prosesleri çerçevesinde performans ölçüt limitleri belirleyen işletmeler, harici faktörlerin olumsuz etkilerini çözümlenmekte yetersiz kalacaklardır. Rekabetçi ortamda hayatta kalmak isteyen Ŗirketler harici operasyonları da kapsayan tedarik zincirlerini etkin bir şekilde yönetmek zorundadırlar (Kulaklı, 2005). Bu, Ŗirketlerin toplu hedeflerine ulaşmalarında bir zorunluluktur. Efektif bir tedarik zinciri yönetiminin başlangıç noktası doğru tedarikçileri seçmektir. Tedarik zincirinin yüksek performansla yönetilebilmesi ancak yüksek performansla çalışabilen tedarikçilerle mümkün olacaktır. Ancak, Ŗirketler farklı ürünler için farklı tedarik stratejileri geliştirebilirler. Örneğin yüksek hassasiyete sahip ve raf ömürlü bir malzeme için yüksek kalitede üretim yapan, tam zamanında teslimatı garanti eden, buna paralel olarak yüksek satış fiyatları belirleyen bir tedarikçi tercih edilirken; hassasiyet arz etmeyen, stoklama ömrü olmayan basit malzemeler için maliyet-etkinlik göz önünde bulundurularak tedarikçi seçimi yapılabilir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Tedarikçi Seçim Problemi için 2008 – 2020 yılları arasında yapılmış başlıca çalışmalar için literatür incelemesi yapılmış ve hangi yöntemlerin sıklıkla kullanıldığı tespit edilmiştir.

Demirtaş ve Üstün (2008), Analitik Ağ Süreci (AAS) ve çok amaçlı karışık tamsayı doğrusal programlama yöntemlerini birleştirdikleri çalışmalarında, soyut ve somut faktörleri göz önüne alarak tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi yapmışlardır.

Levary (2008), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemini kullandığı çalışmada, lokal üreticilerin yabancı tedarikçilerinin risklerini değerlendirdikleri ve sıraladıkları bir uygulama çalışması yapmıştır.

Wu ve Blackhurst (2009), iletişim ve havacılık şirketinde yapmış oldukları uygulama çalışmada, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile tedarikçi seçimi yapmışlar ve geliştirilmiş bir veri zarflama yöntemi önermişlerdir.

Che (2010), yeni bir deneysel hibrit yaklaşım önerdiği çalışmada; Genetik Algoritma (GA) ve Pareto Genetik Algoritma (PGA) yöntemlerini birleştirmiş ve Guided-Pareto Genetik Algoritma (Gu-PGA) olarak adlandırmıştır. Çalışmalarının uygulama kısmının sonucunda montaj hattının sıralı besleme gereksinimini en etkin şekilde yapabilecek tedarikçiyi seçmişlerdir.

Vahdani vd. (2010), belirsizlik, risk ve güven gibi bulanık faktörleri dikkate aldıkları çalışmalarında, belirlenmiş olan kriterlere göre tedarikçi seçimini ELECTRE yöntemi ile yapmışlardır.

Amid vd. (2011), kalite, hizmet ve servis kriterlerini kullandıkları, min-max modeli ile yaptıkları çalışmalarında, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlık değerlerini tespit etmişlerdir.

Ho vd. (2011), karar destek sistemlerinin verimliliğini arttırmayı amaçladıkları çalışmalarında Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımlarını birleştirmişlerdir.

Toloo ve Nalchigar (2011), kardinal ve ordinal veri setlerini kullandıkları çalışmalarında Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ve Karma Tamsayı Doğrusal Programlama (MILP) yöntemlerini beraberce kullanarak 18 tedarikçi arasından tedarikçi seçimi yapmışlardır.

Chen ve Chao (2012), tutarlı bulanık tercih ilişkileri temeline dayalı tedarikçi seçimi çalışmasını, AHS yöntemini kullanarak yapmışlardır.

Çalışmalarının uygulama kısmında, tedarikçi seçiminde kullanmak üzere dört ana, 15 alt seçim kriteri belirlemiŖlerdir.

Falagarío vd. (2012), İtalya kamu alım ihalelerinde tedarikçi seçimi alanında uygulamasını yaptıkları çalışmalarında çapraz verimlilik sağlayan Veri Zarflama Analizi'ni (VZA) kullanmıŖlardır.

Ishizaka vd. (2012), Analitik HiyerarŖi Süreci (AHS) yöntemini, tedarikçi tasnifi (sorting) problemleri için modifiye etmiŖlerdir. Önerdikleri yeni yöntemi AHPSort olarak adlandırmıŖlardır.

Lin (2012), tedarikçi seçiminin bulanık ortamda nasıl yapılacağını iki aşamalı olarak açıkladığı çalışmasının ilk bölümünde tedarikçi seçimi için bulanık Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemini, ikinci bölümde sipariŖ tahsisi için bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) yöntemini kullanmıŖtır.

Rajesh ve Malliga (2013), hassas işlenmiŖ yüksek basınçlı döküm komponentleri üreten bir firmada uygulamasını yaptıkları çalışmalarında, tedarikçi seçimi problemini Kalite Fonksiyonu Yayılımı (KFY) ve Analitik HiyerarŖi Süreci (AHS) yöntemlerini birleŖtirerek kullanmıŖlardır.

Hsu vd. (2013), yeŖil tedarik zincirinde karbon ayak izinin azaltılması için tedarikçi performansını ölçerek yaptıkları seçim çalışmasında, karbon salınımı yönetimi ile ilgili belirledikleri 13 seçim kriterini kullanarak tedarikçi seçimini DEMATEL yöntemi ile yapmıŖlardır.

Choudhary ve Shankar (2013), tam sayılı doğrusal programlama modeli kullandıkları çalışmalarında, tedarik edilen ürünlerin parti büyüklüklerini belirlerken, tedarikçiler için ve ürünleri taşıyan nakliye firması için seçim yapmıŖlardır.

Lima vd. (2014), otomotiv tedarik zinciri için yaptıkları çalışmalarında, bulanık AHS ve bulanık TOPSİS yöntemleri ile tedarikçi seçimi yaparak, bu iki yöntemin karŖılaŖtirmasını yapmıŖlardır.

Dargi vd. (2014), yaptıkları çalışmanın esas amacının İran otomotiv endüstrisinde tedarikçi seçim prosesi için bir taslak olduğunu vurgulamıŖlardır. Tedarikçi seçim problemi için bir çok seçim kriteri göz önüne alınmıŖ olunmasına rağmen bunların en önemlileri olmadığını belirterek, kendi yaptıkları literatür çalışması sonucunda

yedi seçim kriteri belirlemişlerdir. Daha sonra bulanık AAS yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıklarını belirlemişler ve tedarikçi seçimi yapmışlardır.

Hashemi vd. (2015), tedarikçi seçiminde; maliyet, kalite ve zamanında teslimat gibi ekonomik ve operasyonel kriterlerinin yanı sıra çevresel faktörlerinde göz önüne alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; ekonomik, operasyonel ve çevresel faktörleri göz önüne alarak AAS yöntemi ile tedarikçi seçimi yapmışlardır.

Dweiri vd. (2016), Pakistan otomotiv endüstrisinde yaptıkları çalışmalarında, AHS yöntemi ile tedarikçi seçimi yapmışlardır. Çalışmalarının ikinci aşamasında Expert Choise programını kullanarak duyarlılık analizi yapmışlar ve buldukları sonuçların doğruluğunu test etmişlerdir.

Stevic vd. (2017), yapı sektöründe yapmış oldukları tedarikçi seçimi çalışmasında, belirlemiş oldukları seçim kriterlerinin ağırlık değerlerinin tespit edilebilmesi için DEMATEL yöntemini kullanmışlardır.

Liu vd. (2018), yaptıkları çalışmanın ilk kısmında AAS ve entropi ağırlıklarını kullanarak seçim kriteri olarak belirlenmiş olan kriterlerin subjektif ve objektif ağırlıklarını belirlemişlerdir. Çalışmalarının ikinci kısmında ise DEMATEL ve Oyun Teorisi yöntemleri ile tedarikçi seçimini nasıl yapılacağını göstermişlerdir.

Memari vd. (2019), bir otomotiv yedek parça üreticisinde yaptıkları çalışmalarında dokuz ana ve 30 alt kriter belirlemişlerdir. Çalışmalarını sürdürülebilir tedarik temeline dayandırmışlar ve sezgisel bulanık TOPSİS yöntemini kullanmışlardır.

Lei vd. (2020), yeşil tedarik alanını temel alarak yaptıkları tedarik zinciri çalışmasında, bulanık bir yaklaşımla (linguistic terim setleri) kriter ağırlıklarını belirleyerek, TOPSİS yöntemi ile tedarikçi seçimi yapmışlardır.

## **TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİ**

2008 – 2020 yılları arasında Tedarikçi Seçim Problemi için yapılan incelemeler neticesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Analitik Ağ Süreci (AAS), Doğrusal Programlama (DP), TOPSİS, ELECTRE ve

Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemlerinin tek ya da farklı yöntemlerle entegre şekilde olmak üzere çok sıklıkla kullanıldığı görülmüŖtür. Bu çalışmada Hedef Programlama yönteminin kullanılmasının sebebi; Hedef Programlama ile tedarikçi seçimi problemi için yapılmıŖ olan fazla sayıda çalışmanın literatürde yer almamasıdır. Bu bölümde yapılacak gerçek uygulama çalışmasının amacı; Hedef Programlama'nın da tedarikçi seçimi probleminde güvenle kullanılabilceğini göstermektir.

### ***Hedef Programlama***

Hedef programlama çok sayıda alternatif arasından seçim yapmaya olanak veren pragmatik bir programlama metodudur. GeniŖ ölçekli problemleri ele alabilme kapasitesi avantajlarından bir tanesidir. Duruma bağlı olarak çok fazla sayıda alternatif üretmesi, bazı diğer metotlara göre önemli ölçüde avantaj sağlamaktadır. AHP gibi diğer birçok uygulama ağırlık katsayılarını kullanabilmek için diğer metotları kullanmaktadırlar.

Hedef Programlama'nın genel olarak üç farklı çeşidi vardır. Bunlar; Ağırlıklı Hedef Programlama (Archimedean Goal Programming), Öncelikli Hedef Programlama (Lexicographic Goal Programming), Minmax Hedef Programlama (Chebyshev Goal Programming)'dir.

Ağırlıklı Hedef Programlama'da; istenmeyen sapma değişkenleri minimize edilir. Sapma değişkenlerinin ağırlıklandırılması, sapmaların önem seviyeleri dikkate alınarak yapılır. Karar vericiler tarafından sapma değişkenlerinin önem derecelerine göre, negatif ve pozitif sapmalara ağırlıklar atanır.

Öncelikli Hedef Programlama'da; farklı hedefler, önceliklerinin seviyelerine göre kategorize edilir. Bu yaklaşımda; ilk önce üst seviye hedefler optimize edilir, daha sonra alt seviye hedefler dikkate alınır. Böylece hedef programlama problemleri sıralı bir şekilde formüle edilir ve çözülür.

Minmax Hedef Programlama; ağırlıklı hedef programlama yaklaşımına benzemektedir. Fakat bu yaklaşımda; hedeften sapmaların ağırlıksal toplamlarının minimize edilmesi yerine, hedeften maksimum sapma minimize edilir.



Model-1: Hedefler arasında öncelik sıralaması veya birbirlerine göre ağırlıklarında fark olmadığı durumda kullanılmaktadır. Bu durumda bütün hedefler aynı öncelik sırasına sahiptir.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^l (d_i^- - d_i^+) \quad (1)$$

$d_i^-$  : Hedeften negatif sapma miktarı

$d_i^+$  : Hedeften pozitif sapma miktarı

Model-2: Hedefler arasında bir öncelik sıralaması söz konusu olduğu zaman kullanılmalıdır. Burada K adet hedef, önceliklerine göre  $P_1 > \dots > P_K$  şeklinde sıralanmıştır. Bu model, hedeflerin sıralanması gereken ancak her öncelik derecesinde aynı ağırlığa sahip sapma değişkenleriyle çalışılması durumunda kullanılır.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l P_k (d_i^- - d_i^+) \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

$d_i^-$  : Hedeften negatif sapma miktarı

$d_i^+$  : Hedeften pozitif sapma miktarı

$P_{ki}$  : Hedeflerin öncelik sırası

Model-3: Bu modelde hem hedefler sıralandırılmış, hem de her öncelik derecesindeki sapma değişkenleri, " $w_k$ " değişkeni aracılığıyla, ağırlıklandırılmıştır.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l w_{ki} P_{ki} (d_i^- - d_i^+) \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (3)$$

$d_i^-$  : Hedeften negatif sapma miktarı

$d_i^+$  : Hedeften pozitif sapma miktarı

$P_{ki}$  : Hedeflerin öncelik sırası

$w_{ki}$  : Ağırlıklandırma katsayısı

Bir sonraki bölümde yapılan uygulama çalışmasının hedefleri için hem öncelik sıralaması yapılmış, hem de ağırlık katsayıları atanmıştır. Dolayısıyla Model-3'ün gerçek uygulaması gösterilecektir.

### **Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama**

Kocaeli / Çayırova’da yerleşik bulunan fabrikasında, otomotiv sektöründe yan sanayi konumunda bulunan A firması, Şekil 1’de taslak resmi görünen motor hava emiş sistemlerinin montaj üretimini yapmaktadır. Müşterileri bölgede bulunan otomotiv ana sanayileridir.



*Şekil 1. Otomobil motor hava emiş sistemi (temsili)*

Bir seri üretim projesi kapsamında; A firmasının, montaj üretiminde kullanılan ve Şekil 2’de resmi görünen “Clean Side Duct” isimli plastik alt parçasından, yıllık 120.000 adet satınalma yapması gerekmektedir.



*Şekil 2. Clean side duct parçası (temsili)*

Şekil 2’de görülen parça, plastik enjeksiyon teknolojisiyle üretilecek olup bu kapsamda firmanın tedarikçi (Supplier) portföyünde, aralarından seçim yapabileceği 5 tedarikçisi bulunmaktadır. Tedarikçiler; bu çalışmada “Sj” (S1, S2, S3, S4, S5) olarak adlandırılacaktır.

Tedarikçilere nominasyon vermek için aşağıdaki seçim kriterlerine göre değerlendirme yapılmalıdır. Bu seçim kriterleri “Ck” (C1, C2, C3,

C4, C5, C6) olarak adlandırılacaktır. Kriterlerin detay açıklamaları ve A firmasının beklentileri aşağıda (Tablo 1) detaylı olarak açıklanmıştır.

C1 - Mevcut Minimum Kapasite: Tedarikçinin sahip olduğu; kullanıma müsait durumda bulunan, parçanın üretimine uygun olan makinede yıllık olarak üretebileceği minimum parça miktarını ifade eder.

C2 - Lojistik Maliyeti (Aylık): Herbir tedarikçinin, A firmasına uzaklıkları farklıdır. A firması lojistik maliyetini kendi milk-run araçları ile sağlıyor olduğundan, konumuna göre herbir tedarikçi için oluşan lojistik maliyeti farklıdır.

C3 - Parça Birim Fiyatı: A firmasının tedarikçisi konumunda bulunan fabrikaların herbirinin maliyet yapıları farklıdır. Örneğin; parça birim fiyatının oluşmasını sağlayan işçilik saat ücreti, makine saat ücreti, enerji tüketimi vb. maliyet kırımları tedarikçiden tedarikçiye değişiklik göstermektedir. Bu sebeple; her bir tedarikçi aynı ürünü üretecek olsa da parça birim fiyatları birbirinden farklıdır.

C4 - Tedarik Süresi (Lead Time): Tedarikçiye sipariş geçilmesinden, ürünün A firmasına ulaşmasına kadar geçen süredir. Maksimum 5 gün olması beklenmektedir.

C5 - Tedarikçi Milyonda Hatalı Parça (PPM) Oranı: PPM, Part Per Million'un kısaltmasıdır. Eş.(4) ile hesaplanır. Bu çalışma için aday 5 tedarikçiden son alınan 100.000 adet parça göz önünde bulundurulmuştur. PPM'in Maksimum 190 olması beklenmektedir.

$$ppm = \frac{\sum \text{hatalı parça}}{\sum \text{alınan parça sayısı}} \times 1.000.000 \quad (4)$$

C6 – Tedarikçi Derecelendirme Sistemi (VRS-Vendor Rating System) Puanı: A firması tedarikçilerini yıllık olarak denetimden geçirmektedir. Denetimler için VRS'e göre değerlendirilmekte ve herbir tedarikçinin 100 üzerinden bir değerlendirme puanı oluşmaktadır.

Yukarıda açıklanan kriterler için A firmasının beklentileri Tablo 1.'de özetlenmiştir. Bu değerler "X<sub>k</sub>" olarak adlandırılacaktır.

Tablo 1. A Firmasının Minimum Beklentileri

Kriter	X <sub>k</sub>
C1 - Mevcut Minimum Kapasite (Adet/yıl)	120.000
C2 - Lojistik Maliyeti (€/Ay)	15.000
C3 - Parça Birim Fiyatı €	1,7832
C4 - Tedarik Süresi (Lead Time Gün)	5
C5 - Tedarikçi PPM Puanı	190
C6 - VRS Puanı	90

A firmasının seçim kriterlerine karşılık gelen tedarikçilerin sahip oldukları değerler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Seçim Kriterlerine Karşılık Gelen Tedarikçi Değerleri

Kriterler	Tedarikçiler				
	S1	S2	S3	S4	S5
C1 - Mevcut Minimum Kapasite (adet/yıl) :	110.000	115.000	120.000	130.000	150.000
C2 - Lojistik Maliyeti (Aylık) €:	12.000	15.000	20.000	13.000	14.000
C3 - Parça Birim Fiyatı €:	1,7297	1,7475	1,9794	1,7119	1,6901
C4 - Tedarik Süresi (Lead Time): gün	5	4	7	5	7
C5 - Tedarikçi ppm Puanı	185	150	190	150	200
C6 - VRS Puanı:	90	95	80	95	85

Çalışmada en uygun tedarikçinin seçilebilmesi için Hedef Programlama kullanılarak matematiksel model kurulmuştur. Kurulan model; Lingo paket programı ile çözülmüştür.

Hedef programlamanın yapısı gereği; her bir hedeften alt (negatif) ve üst (pozitif) sapma (deviation) değerleri belirlenmiştir. Sapma değerleri “d” ile; üst sapma değeri “d+” ve alt sapma değeri “d-” ile gösterilmiştir. Ayrıca her bir sapma değeri için Lingo’ya giriş kolaylığı için “di” kodu verilmiştir. Alt ve üst sapma değerleri ve “di” kodları ile

beraber, her bir sapma değeri için tespit edilmiş olan Ağırlıklandırma Katsayıları ( $w_{ki}$ ) ve Hedeflerin öncelik sıraları ( $P_k$ ) Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Sapma Alt ve Üst Değerleri, Ağırlıklandırma Katsayıları, Öncelik Sıraları

	Sapma Tanımı	$d_i$	A.K. ( $w_{ki}$ )	Ö.S. ( $P_{ki}$ )
C1 - Mevcut Minimum Kapasite	$d^-$ Mevcut Minimum Kapasite alt sapma değeri	d1	3	1
	$d^+$ Mevcut Minimum Kapasite üst sapma değeri	d2		
C2 - Lojistik Maliyeti (Aylık)	$d^-$ Lojistik Maliyeti (Aylık) alt sapma değeri	d3		
	$d^+$ Lojistik Maliyeti (Aylık) üst sapma değeri	d4	2	1
C3 - Parça Birim Fiyatı	$d^-$ Parça Birim Fiyatı alt sapma değeri	d5		
	$d^+$ Parça Birim Fiyatı üst sapma değeri	d6	4	1
C4 - Tedarik Süresi	$d^-$ Tedarik Süresi (Lead Time) alt sapma değeri	d7		
	$d^+$ Tedarik Süresi (Lead Time) üst sapma değeri	d8	3	1
C5 - Tedarikçi PPM'i	$d^-$ Tedarikçi PPM'i alt sapma değeri	d9		
	$d^+$ Tedarikçi PPM'i üst sapma değeri	d10	1	1
C6 - VRS Puanı	$d^-$ VRS Puanı alt sapma değeri	d11	1	1
	$d^+$ VRS Puanı üst sapma değeri	d12		

Ağırlıklandırma Katsayıları ve Hedeflerin Öncelik Sıraları belirlenirken; bu problemde yer alan hedeflerle, A firmasının Almanya'da bulunan merkezi satınalma hedeflerinin paralellik göstermesi açısından, merkez satınalmanın beklentileri göz önüne alınmıştır.

Bu değerler göz önüne alınarak problemin Hedef Programlama matematiksel modeli Eş.(5) ve Eş.(6) ile gösterilebilir.

Amaç Foksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^l w_{ki} P_{ki} (d_i^- - d_i^+) \quad (5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^l C_{kj} S_j + (d_i^- - d_i^+) = X_k \quad (6)$$

$P_{ki}$  : k. kriter için i. öncelik sırası

$w_{ki}$  : k. kriter için i. ağırlıklandırma katsayısı

$C_{kj}$  : k. kritere karşılık gelen j. tedarikçi parametresi

$S_j$  : j. aday tedarikçi

$X_k$  : k. kriter için A firmasının beklenti değeri

$d_i$  : i. sapma değeri

$P_{ki}, w_{ki}, C_{kj}, X_k, d_i > 0; S_j = 0$  veya 1 ; (k=1..6), (j=1..5),  
(i=1..12)

Bu durumda; uygulamaya göre modelin açık yazımı aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\text{Minimize } Z = w_{11}P_{11}d_1 + w_{2.4}P_{2.4}d_4 + w_{3.6}P_{3.6}d_6 + w_{4.8}P_{4.8}d_8 + w_{5.10}P_{5.10}d_{10} + w_{6.11}P_{6.11}d_{11}$$

$$C_{1.1}S_1 + C_{1.2}S_2 + C_{1.3}S_3 + C_{1.4}S_4 + C_{1.5}S_5 + d_1 - d_2 = X_1$$

$$C_{2.1}S_1 + C_{2.2}S_2 + C_{2.3}S_3 + C_{2.4}S_4 + C_{2.5}S_5 + d_3 - d_4 = X_2$$

$$C_{3.1}S_1 + C_{3.2}S_2 + C_{3.3}S_3 + C_{3.4}S_4 + C_{3.5}S_5 + d_5 - d_6 = X_3$$

$$C_{4.1}S_1 + C_{4.2}S_2 + C_{4.3}S_3 + C_{4.4}S_4 + C_{4.5}S_5 + d_7 - d_8 = X_4$$

$$C_{5.1}S_1 + C_{5.2}S_2 + C_{5.3}S_3 + C_{5.4}S_4 + C_{5.5}S_5 + d_9 - d_{10} = X_5$$

$$C_{6.1}S_1 + C_{6.2}S_2 + C_{6.3}S_3 + C_{6.4}S_4 + C_{6.5}S_5 + d_{11} - d_{12} = X_6$$

Kurulan model Lingo paket programı ile çözülmüştür. Çözüm detayları bir sonraki bölümde açıklanmıştır.

## SONUÇ

Hedef Programlama matematiksel modeli Lingo Paket Programı ile çözülmüştür. Lingo Paket Programına ait çözüm ekranı Şekil 3'te görülmektedir. Çözüm ekranının Value sütununda görüleceği üzere, S4 tedarikçisinin değeri "1" iken, diğer tedarikçilerin değerlerinin "0" olduğu görülmektedir. Bu durum bize, S4 tedarikçisinin seçilmesi gerektiğini göstermektedir.

```
Global optimal solution found.
Objective value:                0.000000
Objective bound:                -0.1776357E-14
Infeasibilities:                0.1421085E-13
Extended solver steps:         0
Total solver iterations:       14
```

Variable	Value	Reduced Cost
D1	0.000000	3.000000
D4	0.000000	2.000000
D6	0.000000	4.000000
D8	0.000000	0.000000
D10	0.000000	1.000000
D11	0.000000	1.000000
S1	0.000000	15.000000
S2	0.000000	12.000000
S3	0.000000	21.000000
S4	1.000000	15.000000
S5	0.000000	21.000000
D2	10.000000	0.000000
D3	2.000000	0.000000
D5	0.7130000E-01	0.000000
D7	0.000000	3.000000
D9	40.000000	0.000000
D12	5.000000	0.000000

Şekil 3. Karar problemine ait Lingo çözümü

Ağırlıklandırma Katsayıları ( $w_{ki}$ ) ve Öncelik Sırası ( $P_k$ ) ataması yapılarak, sapmaya izin verilmeyen; “Mevcut Minimum Kapasite alt sapma değeri (d1)”, “Lojistik Maliyeti (Aylık) üst sapma değeri (d4)”, “Parça Birim Fiyatı üst sapma değeri (d6)”, “Tedarik Süresi (Lead Time) üst sapma değeri(d8)”, “Tedarikçi PPM’i üst sapma değeri (d10)”, “VRS Puanı alt sapma değeri (d11)”nin çözüm ekranında “0” olduğu görülmektedir. Bu sapma olmasına izin verilmeyen değerlerden sapma olmadığını, yani beklentilerin karşılandığını göstermektedir.

Ayrıca; Value sütununda görüldüğü üzere S4 Tedarikçisinin seçilmesi durumunda A firmasının tüm beklentileri optimum seviyede karşılanmaktadır. S4 tedarikçisinin Mevcut Minimum Kapasite üst sapma değeri (d2) 130.000 adet iken A firmasının beklentisi 120.000 adettir, aradaki fark tablo’da 10.000 adet olarak görülmektedir. S4 tedarikçisinin Lojistik Maliyeti (Aylık) alt sapma değeri (d3) 13.000 € iken A firmasının beklentisi 15.000 €’dur, bu farkta tabloda 2.000 € olarak görülmektedir. S4 tedarikçisinin ürün için birim fiyatı 1,7119 € iken A firmasının beklentisi 1,7832 € olduğundan, hedef karşılanmakta ve Parça Birim Fiyatı alt sapma değeri (d5) 0,0713 € olarak görülmektedir.

Benzer şekilde; A firmasının Tedarik süresi için maksimum beklentisi 5 gün iken, S4 tedarikçisinin’de tedarik süresi 5 gündür. Bu sebeple; Tedarik Süresi (Lead Time) alt sapma değeri (d7) sıfır olarak

görülmektedir. Tedarikçi PPM’i ne kadar düşük olursa o kadar fayda sağlayacak bir kısıttır. A firmasının bu projedeki maksimum PPM beklentisi 190 iken, S4 tedarikçisinin PPM’i 150’dir ve 40 birim kadar Tedarikçi PPM’i alt sapma değeri (d9)’un altında kalmaktadır. VRS puanı da, PPM’in tersine yüksek olması beklenen bir kriterdir. A firmasının VRS puanı için minimum beklentisi 90 iken, S4 tedarikçisinin puanı 95 olup, VRS Puanı üst sapma değeri (d12), Lingo çözüm ekranında 5 birim olarak görülmektedir.

Bu çalışmada görüldüğü üzere; Hedef Programlama, günümüzün hedeflerle yönetim stratejisini belirleyen modern işletmeleri için güvenle kullanılabilir önemli bir tedarikçi seçim yöntemidir. Özellikle stratejik satın alma “Anahtar Performans Göstergesi - KPI (Key Performans Indicator)” ne dayalı yönetim sistemlerinde, hedeflerin yakalanması ve limitler dahilinde yönetim stratejisi belirlenmesi kararı için verimli bir şekilde fayda sağlayabilecek bir yöntemdir. Hedef Programlama, birden fazla amaç fonksiyonu ile beraber, çeşitli kısıtları ve değişkenleri göz önünde bulundurabilen, özellikle karmaşık değişkenli karar problemlerini ele alabilen esnek bir metodolojidir. Hedef Programı’nın farklı tiplerinden hangisinin kullanılacağı karar probleminin yapısına ve karar vericinin tercihlerine bağlı olarak seçilebilir. Hedef Programlama ile karar probleminin çözümünün öncesinde ve sonrasında, olası modelleme hatalarının önüne geçebilmek amacıyla analizler ve çalışmanın tasarımı dikkatlice yapılmalıdır. Çoğu optimizasyon teorisinin aksine Hedef Programlama, gerçek yaşama, esnekliği sebebi ile rahatlıkla uyarlanabilir. Gelecekteki çalışmalar için, diğer çok amaçlı karar verme yöntemlerinin de farklı kullanım alanları incelenebilir.

## KAYNAKÇA

Amid A., Ghodsypour S.H. ve O’Brien C. (2011). A weighted max–min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *Int. J. Production Economics*, 131, 139–145.

Che Z.H., (2010). A Genetic Algorithm-Based Model For Solving Multi-Period Supplier Selection Problem With Assembly Sequence. *International Journal of Production Research*, 48, 15.

Chen Y. ve Chao R. (2012). Supplier selection using consistent fuzzy preference relations. *Expert Systems with Applications*, 39, 3233–3240.



Choudhary D. ve Shankar R. (2013). Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19, 16–26.

Dargi A., Anjomshoaea A., Galankashia M.R., Memaria A. ve Binti M (2014). Supplier Selection: A fuzzy ANP Approach. *Procedia Computer Science*, 31, 691 – 700.

Demirtas E. A. ve Üstün Ö. (2008). An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega* 36, 76 – 90.

Dweiri F., Kumar S., Khana S.A. ve Jainc V. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 62, 273–283.

Falagario M., Sciancalepore F., Costantino N. ve Pietroforte R. Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders, using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218, 523–529.

Hashemi S.H., Karimi A. ve Tavana M. (2015). An integrated green supplier selection approach with Analitik Network Prosesiand improved Grey relational analysis. *Int. J. Production Economics*, 159, 178–191.

Ho W., Dey P.K. ve Lockström M. (2011). Strategic sourcing: a combined QFD and AHP approach in manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16/6, 446–461.

Hsu C., Kuob T., Chenc S. ve Hud A. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.

Ishizaka A., Pearman C. ve Nemery P. (2012). AHPSort: an AHP-based method for sorting problems. *International Journal of Production Research*, 50/17, 4767–4784.

Kulakli, A. (2005) Yeni ürün geliştirme sürecinde bilgi paylaşımının önemi ve değer yaratılmasına olan katkıları, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım, 265-271

Lei F., Wei G., Gao H., Wu J. ve Wei C., (2020). TOPSIS method for developing supplier selection with probabilistic linguistic information. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22, 3.

Levary R.R. (2008). Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks. *Computers and Industrial Engineering*, 55, 535–542.

Lima F.R., Lauro L. ve Carpinetti L.C.R (2014). A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to supplier selection, *Applied Soft Computing*, 21, 194–209.

Lin R.H., (2012). An integrated model for supplier selection under a fuzzy situation. *Int. J. Production Economics*, 138, 55–61.

Liu T., Deng Y. ve Chan F. (2018). Evidential Supplier Selection Based on DEMATEL and Game Theory. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20, 4.

Memari A., Dargi A., Jokar .R.A., Robiah Ahmad ve Rahim R.A. (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 9–24.

Rajesh G. ve Malligab P., (2013). Supplier Selection Based on AHP QFD Methodology. *Procedia Engineering*, 64, 1283 – 1292.

Stevic Z, Pamucar D., Vasiljevic M., Stojic G. ve Korica S. (2017). Novel Integrated Multi-Criteria Model for Supplier Selection: Case Study Construction Company. *Symmetry*, 9, 279.

Toloo M. ve Nalchigar S. (2011). A new DEA method for supplier selection in presence of both cardinal and ordinal data. *Expert Systems with Applications*, 38, 14726–14731.

Vahdani B, Jabbari A., Roshanaei V. ve Zandieh M. (2010). Extension of the electre method for decision-making problems with interval weights and data. *Int J Adv Manuf Technol*, 50, 793–800.

Wua T. ve Blackhurst J., (2009). Supplier evaluation and selection: an augmented DEA approach. *International Journal of Production Research*, 47, 16.

# **E-Atık Yönetiminde Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi**

**Sevgi Güneş-Durak**

*Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye  
(0000-0003-4273-7417)*

## GİRİŖ

Elektrikli ve elektronik eŖyaların (EEE) artışı, atık elektrikli ve elektronik eŖyalar (WEEE) miktarında artışa sebep olmaktadır. GeliŖen teknoloji ile yeni hammadde kullanımı ve elektronik atıkların uygun Ŗekilde bertaraf edilmeyerek evsel atıklarla birlikte değerlendirilmesi yeni çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. GeliŖmiŖ ölkeler fazla WEEE üretirken geliŖmemiŖ ölkeler kullanılmıŖ ve eski EEE kullandıkları için bu ölkelerin e-atık tehlike potansiyelleri daha yüksektir. Ayrıca geliŖmemiŖ ölkelerin uygun olmayan koŖullarda e-atıklardan değerli metal kazanımı da kirlilik riskini arttırmaktadır (U.S. Government Accountability Office 2008). Bununla birlikte WEEE geri dönüşümü ve geri kazanımı, e-atık oluşumunun azaltılması ve değerli metallerin geri kazanılması gibi avantajlar sağlamaktadır. Bu kapsamda geri kazanılan değerli metallerin üreticilere tekrar dönmesi, yeni EEE üretimi için çıkarılması gereken hammadde miktarının da azalmasını sağlayacaktır. 2016 yılında e-atıkta bulunan tüm hammadde potansiyelinin yaklaşık 55 milyar Euro olduğu tahmin edilmiŖtir (Balde vd., 2017). Bu hammaddelerin geri kazanımı, yenilenemeyen hammadde tüketiminin önüne geçecektir. Ayrıca hammadde sağlamak ve iŖlemek amacıyla kullanılan enerji miktarı da azalacaktır.

Genel olarak e-atıklara geri dönüşüm için fiziksel yöntemler, pirometalurjik yöntemler, hidrometalurjik yöntemler ve biyohidrometalurjik yöntemler uygulanmaktadır (YeŖilkaya, 2012; Zhang vd., 2000). Rafinasyon ve Ŗartlandırma iŖlemleri, mekanik, termal ve kimyasal süreçleri içermektedir. Piller, demirli/demir dıŖı metallere, geri dönüŖtürülebilir plastikler ve elektronik devrelerde rafinasyon kullanılmaktadır.

AraŖtırmanın amacı, e-atık olarak tanımlanan elektrikli ve elektronik eŖya atıklarının önemi tespit edilerek, bu atıkların çevre kirliliği oluŖturmayacak Ŗekilde yönetilebilmesi için mevcut mevzuatların incelenmesi ve bu kapsamda çözüm önerileri sunarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktır.

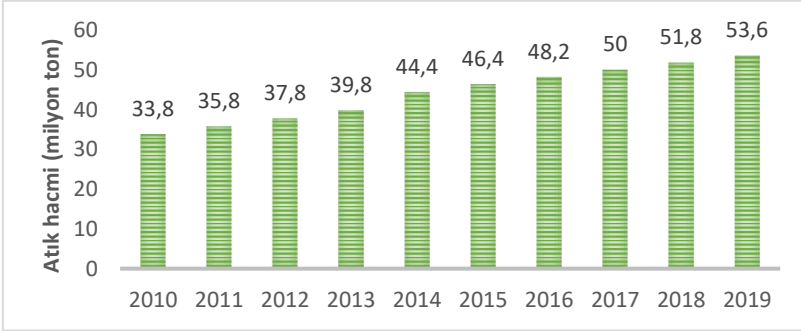
## LİTERATÜR TARAMASI

Atık elektrikli ve elektronik ekipman (WEEE), e-atık veya elektronik atık olarak adlandırılır ve elektrik akımlarına veya elektromanyetik

alanlara bağlı olan herhangi bir kullanım ömrü sonu veya kullanım sonu ekipman parçası olarak tanımlanmaktadır (UNEP, 2007a; 2007b).

E-Atıklar Avrupa Birliği Komisyonu'na göre 6 kategoride sınıflandırılmıştır:

1. Buzdolabı/soğutucular (İklimlendirme cihazları)
2. Büyük beyaz eşyalar (buzdolabı/soğutucular/iklimlendirme cihazları hariç)
3. Televizyon ve monitörler
4. Bilişim ve telekomünikasyon ve tüketici ekipmanları (televizyon ve monitörler hariç)
5. Aydınlatma ekipmanları
6. Küçük ev aletleri, elektrikli ve elektronik aletler, oyuncaklar, spor ve eğlence ekipmanları, izleme ve kontrol aletleri (EC 2012).



Şekil 1. 2010-2019 yılları arasında dünyada oluşan e-atık miktarı değişimi

Kaynak: GESP, 2020

Şekil 1'de 2010 yılından 2019 yılına kadar dünyadaki e-atık üretim miktarı değişimi verilmiştir. 2010 yılında toplam üretilen e-atık miktarı 33,8 milyon ton iken, bu miktar 2019 yılında 53,6 milyon tona ulaşmıştır (GESP, 2020; Statista, 2021) ve bunun sadece %17,4'ünün geri dönüştürüldüğü raporlanmıştır (GESP, 2020). Ayrıca 2021 yılında e-atık miktarının %21 arttığı, 2030 yılında ise 74 milyon ton olması beklendiği belirtilmiştir. Kıtasal olarak ise Asya'da e-atık miktarı 24,9 milyon ton, Amerika'da 13,1 milyon ton, Avrupa'da 12 milyon ton ve Afrika'da 2,9 milyon ton ve Okyanusya'da ise 0,7 milyon ton olarak tespit edilmiştir (GESP, 2020).

## **ELEKTRONİK ATIKLARIN BERTARAFI VE YÖNETİM SÜREÇLERİ**

Elektronik atıkların en uygun Ŗekilde toplanması, bertarafı, geri kazanımı ya da geri dönüŖümü gibi süreçler uygun politikalar izlenerek gerçekleştirildiğinde çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetilmiŖ olacaktır. Bununla birlikte e-atık içeriğindeki değerli metallerin kazanımı hammadde, enerji ve ekonomi açısından fayda sağlayacaktır.

### ***E-Atıkların Bertarafı Sürecindeki Tehlike Potansiyelleri***

E-atıklar içeriklerinde değerli metaller barındırmalarının yanı sıra toksik metaller, asitler, poliklorürlü bifenil içeren polihalojenli organikler ve polibromürlü difenil eterler içermektedir (Kiddee vd 2013; Puckett ve Smith 2002). Bu bileŖenler insan ve çevre sağlığı için ciddi risk oluŖurmaktadır. GeliŖmiŖ ölkelerden ithal edilen e-atıklar, değerli metalleri çıkarmak için açık yakma, ateŖlemeli ızgara ısıtma ve asitli süzme banyoları kullanılarak liç gibi kaba ve güvenli olmayan teknikler kullanılarak iŖlenmektedir. Bu iŖlemlerin yapıldığı çevrede çevre kirliliği, hava, su kütleleri ve toprak kirliliği ile sonuçlanır. Aynı zamanda bu yayılım, ham petrol iŖleme ile uğraŖan iŖçilerin ve civarda yaŖayan insanların sağlığı için de son derece tehlikelidir. Kalıntılar ise çevreyi kirletecek Ŗekilde düzenli depolama alanlarına ve yakındaki su kütlelerine atılır (Sthiannopkao ve Wong 2013). Yakma iŖlemi sonrasında oluŖan karbon emisyonları, küresel ısınmaya sebep olmaktadır (Patil ve Ramakrishna 2020).

E-atıkların uygun olmayan bertarafı esnasında bu toksik atıklar kullanılan bertaraf yöntemlerine göre çeŖitli Ŗekillerde toprağa, suya ve dolaylı yollardan havaya karıŖmaktadır. Örneğin yakılarak bertaraf edilmek istenen e-atık içeriğindeki tehlikeli maddeler havaya karıŖırken, evsel atıklarla birlikte depolama alanlarına gönderilen e-atıklar ise depolama alanı sızıntı suyu ile birlikte toprağa, yer altı sularına ve buharlaŖarak havaya yayılabilmektedir. Bu aynı zamanda depolama sahası çevresindeki biyomu da etkiler ve besin zincirinde toksik kontaminasyona neden olur (Patil ve Ramakrishna, 2020). Kontamine olmuŖ yer altı suları ve yüzeysel suların sulama suyu olarak kullanımı, besin zincirine toksik madde karıŖmasına yol ağan baŖka bir

durumdur. Tablo 1’de e-atıkların insan sağlığı üzerindeki etkileri verilmiştir (Patil ve Ramakrishna, 2020).

Depolama alanlarında kirleticilerin alan içi ve alan etrafına toprak ve yer altı suları üzerinden dağılımı söz konusudur. E-atıkların evsel atık depolama alanlarına gönderilmesi sonucunda depolama alanından açığa çıkan sızıntı suyu yüksek miktarlarda sızıntı suyu ihtiva etmektedir. Örneğin Lincoln vd. (2007) yapmış oldukları laboratuvar çalışmasında depolama alanı sızıntı suyunda cep telefonu atığından kaynaklı ağır metal miktarlarını Ag için 0-0,010 mg/L, As için 0,056-0,067 mg/L, Ba için 1,46-2,88 mg/L, Cd için 0,0006-0,006 mg/L, Hg için 0-0,010 mg/L, Pb için 38,2-147,0 mg/L ve Se için 0,073-0,12 mg/L olarak tespit edilmiştir (Lincoln vd., 2007). Bununla birlikte, Çin’in Guiyu ve Taizhou; Güney Afrika’nın Gauteng, Hindistan’ın Yeni Delhi, Gana’nın Acera şehrinde ve Pakistan’da büyük e-atık geri dönüşüm alanları bulunmaktadır ve bu durum kapsamlı bir e-atık yayılımına sebep olmaktadır (Asante vd., 2012; Brigden vd., 2005; Kiddee vd., 2013; Puckett ve Smith 2002; Tsydenova ve Bengtsson 2011; Widmer vd., 2005). Bu duruma bağlı olarak bu bölgelerdeki hava, toz, toprak, sediment ve sularda POPs, Pd, Cd, Ni, Cr, Hg ve As gibi ağır metallere rastlanmıştır.

Tablo 1. E-atıkların insan sağlığı üzerindeki etkileri

Element/ Kimyasal	Kaynağı	İnsan sağlığına etkisi
Amerikyum (Radyoaktif)	Açık yakma sonrası duman	Kanserojen
Kurşun	Lehim (baskılı devre kartı), CRT monitör camı, kurşun-asit piller	Bilişsel işlev bozukluğu, davranışsal rahatsızlıklar, dikkat eksikliği, hiperaktivite, davranış problemleri ve maruz kalan çocuklarda düşük IQ gelişim yaşı
Civa	Düz ekran monitörlerde arka ışıklar, termostatlar, floresan tüpler	Duyusal bozulma, dermatit, hafıza kaybı ve kas güçsüzlüğü, motor fonksiyon ve dikkat eksikliği
Kadmiyum	Nikel-kadmiyum şarj edilebilir piller, foto dirençler	Solunması akciğer ve böbrek hasarı, çocuklarda biliş, öğrenme, davranış ve nöromotor becerilerdeki eksiklikler

Tablo 1. (devam)

Element/ Kimyasal	Kaynağı	İnsan sağlığına etkisi
Kükürt	KurŖun asit piller	Karaciğer hasarı, böbrek hasarı, kalp hasarı, göz ve boğazda tahriŖ
Berilyum oksit	Termal gres gibi bazı termal arayüz malzemelerinde dolgu, CPU'lar ve güç transistörleri, magnetronlar için soğutucu üzerinde	Akciğer kanseri ile iliŖkili mesleki maruziyetlerde berilyum duyarlılığı, kronik berilyum hastalığı ve akut berilyum hastalığı
Polivinil klorür	Elektrik kabloları yalıtımı	Kanserojen, maruz kalma ve yutma, üreme ve geliŖimsel sağlık etkileri

Kaynak: Patil ve Ramakrishna, 2020

Puckett ve Smith (2002) tarafından yapılan çalıŖmada e-atık içeriğinde 1000'den fazla toksik madde tespit edilmiŖtir. Tespit edilen toksik maddeler arasında baryum (Ba), berilyum (Be), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurŖun (Pb), Lityum (Li), civa (Hg), dioksin gibi dirençli organik kirleticiler (POPs) vb. yer almaktadır. E-atık kaynaklı toksik kirleticilerin insanlarda kronik ve akut birçok hastalığa sebep olduğu yapılan araŖtırmalar ile de ispatlanmıŖtır (Kiddee vd., 2013). Örneğin e-atık geri dönüŖümünün gerekleŖtirildiđi alanlarda yaŖayan çocukların kanında yüksek miktarda kurŖun ve kadmiyum bulunmuŖtur (Xia vd., 2007; Zheng vd., 2008). Ayrıca, toksik maddelere maruz kalan insanların sa, kan, anne sütü ve idrarında belirgin bir Ŗekilde toksik maddeler tespit edilmiŖtir. Bazı a-atıklarda bulunan toksik maddeler ve gazlar Tablo 2'de verilmiŖtir (Kiddee vd., 2013).

Tablo 2. E-atıklarda bulunan bazı toksik maddeler ve gazlar

Madde	Kullanıldığı alanlar
Antimon (Sb)	CRT ekran için eritme maddesi, plastik bilgisayar muhafazaları, kablolarda lehim alaŖımı
Baryum (Ba)	Floresan lambalar, vakum tüplerindeki CRT oluklar
Berilyum (Be)	Güç kaynağı kutuları, ana kartlar, röleler



Tablo 2. (devam)

Madde	Kullanıldığı alanlar
Kadmiyum (Cd)	Şarj edilebilir Ni-Cd piller, yarı iletken çipler, kartuşlar, tonerler
Kloroflorokarbonlar (CFCs)	Soğutma üniteleri, yalıtım köpükleri
Kurşun (Pb)	Lehim, kablolar, floresan tüpler
Civa (Hg)	Piller, lambalar, termostatlar
Poliklorlu bifeniller (PCBs)	Kondansatör, transformatör ve ısı transfer sıvıları

Kaynak: Kiddee vd., 2013

### **E-Atık Yönetimi ve Uygulanan Mevzuatlar**

Birçok ülke artan e-atık sorununu çözmek için mevzuatlar geliştirmiştir. Birleşmiş Milletler Üniversitesi (UNU) tarafından hazırlanan Küresel Atık İzleme 2017 Raporu, dünya nüfusunun yalnızca %66'sının e-atık mevzuatı kapsamında olduğunu (Balde vd., 2017), bununla birlikte mevzuatın uygulandığı ülkelerin tümünde yalnızca %20'sinin geri dönüştürüldüğü belirtilmiştir (UNE, 2019). 2020 yılı itibariyle Dünya'da e-atık mevzuatı bulunan ülkeler Şekil 2'de verilmiştir (GESp, 2020).



Şekil 2. Dünyada e-atık mevzuatına sahip olan ülkeler

Kaynak: GESp, 2020.

GeliŖmiŖ ölkelerden geliŖmekte olan ölkelere yasa dıŖı bir Ŗekilde tehlikeli atıkların gönderiminin farkındalık yaratmasıyla BirleŖmiŖ Milletler 1989 yılında 186 ölkeyi İŖviçre-Basel’de düzenlenen toplantıya çağırmiŖtır. AnlaŖma kapsamında üye ölkelerin çoğu tehlikeli atıkların kendi ölkelerine ithalatını ve/veya ihracatını yasaklayan anlaŖmayı imzalamıŖtır. Ancak anlaŖma bu durumu tamamen ortadan kaldırmamıŖtır. Günümüzde yasa dıŖı ithalat/ihracat bazı ölkelerde devam etmektedir.

Basel AnlaŖması’ndan sonra AB Komisyonu 1993 yılında Atık Sevkiyat Yönetmeliğini (WSR) uygulamaya koymuŖtur. Bu yönetmelik kapsamında da e-atıkların OECD (Ekonomik İŖbirlięi ve Kalkınma TeŖkilatı) ölkelerinin dıŖındaki ölkelere ihracı yasaklanmıŖtır. Daha sonra 2012 yılında AB komisyonu kaynakların toplanması, geri dönüŖtürölmesi ve geri kazanılması sürecini düzenleyen kapsamlı bir e-atık yönetimi direktifi çıkarmıŖtır (EC, 2012). Bu direktif, atılmıŖ EEE’lerin sistematik ve ayrı bir Ŗekilde toplanmasının daha yüksek geri dönüŖüm verimi sağlayacağını ve bunun da daha yüksek bir yeniden kullanılabilir e-atık fraksiyonu cirosu sağlayabileceğini vurgulamaktadır. Direktif ayrıca iŖlenmiŖ e-atığın muhasebeleŖtirilmesi ve Ulusal Uygulama Otoritesine bildirilmesi gerektiğini de zorunlu kılar. WEEE Direktifi, üye devletlere, sökülebilen ve geri dönüŖtürölebilen EEE tasarım ve üretimini teŖvik etmelerini öngörür. Çevre dostu iŖlemeyi garanti etmek için, WEEE Direktifi, belirli e-atık malzemeleri ve bileŖenleri ve depolama alanları için arıtma prosedürü gerekliliklerini ortaya koymaktadır. Direktif aynı zamanda üreticilerin kullanım ömrü dolan ürünlerini geri dönüŖtürme sorumluluğunu üstlenmeye hak kazandığı GeniŖletilmiŖ Üretici Sorumluluğu (EPR) ilkesini de benimsemiŖtir (Patil ve Ramakrishna, 2020).

GeliŖmiŖ ölkelerde E-Atık yönetimi için YaŖam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), Malzeme AkıŖ Analizi (MFA), Çok Kriterli Analiz (MCA) ve GeniŖletilmiŖ Üretici Sorumluluğu (EPR) gibi prosedürler uygulanmaktadır. E-Atık yönetiminin başarıya ulaŖması için anahtar faktör e-atıkların toplanıp, revize edilmesi, bu mümkün değilse güvenli metotlarla geri dönüŖtürölmesini takip eden ekolojik dizaynı sağlayabilmektir. E-atıkların geliŖmiŖ ölkelere transferi ve buralarda uygun teknolojiler kullanılarak bertarafı gerçekteŖtirilebilir. Sayılan yöntemlerden EPR, üreticiye bir takım sorumluluklar

yüklediğinden ve takibi daha kolay olduğundan e-atık probleminin çözümünde iyi bir politika sağlamaktadır.

LCA yöntemi tek başına genellikle cep telefonu, kişisel bilgisayar ve floresan lambaların atıklarının yönetimi için Hindistan, Tayland, Kore, İsviçre, Tayvan, Japonya ve Almanya'da kullanılırken, LCA ve EPR yöntemi yazıcılar için İngiltere'de, LCA ve MFA yöntemi okul bilgisayar atıkları ve geri dönüşüm sistemleri için Kolombiya ve İsviçre'de, MFA yöntemi e-atık akışını sağlamak, cep telefonları ve kişisel bilgisayarlar için Çin, Hindistan, Nijerya, Japonya ve Şili'de kullanılırken MCA yöntemi ise e-atık yönetimi ve geri dönüşümü için Amerika, Kıbrıs ve İspanya'da kullanılmaktadır (Kiddee vd., 2013).

Kullanılan yöntemlerden MFA uzay ve zamanda malzeme stoklarına, geri dönüşüm alanlarına ve bertaraf alanlarına giden e-atık akışını incelemek için kullanılan bir araçtır. Malzemenin kaynağını, kullanım süresini ve son hedeflerini birbirine bağlamaktadır. Oluşması muhtemel atık miktarı bu yöntem ile tespit edilebildiğinden bu miktara göre bir yönetim planı yapılabilir. Örneğin MFA kullanılarak Çin'de e-atık miktarının 2010 yılından 2020 yılına kadar %70 artacağı öngörülebilmektedir (Liu vd., 2006). E-atık miktarı tahmininin yanı sıra atık kişisel bilgisayarların değerlendirilmesi ile geri kazanılan Au ve Cu gibi değerli metallerin ekonomik kazanım sağlaması da mümkündür. MFA yöntemi, e-atıkların ihraç edildiği yerleri araştırmak için Çin, Hindistan, Nijerya gibi büyük geri dönüşüm tesislerine sahip ülkelerde kurulmaktadır.

MCA, çok kriterli problemleri çözmek için stratejik kararları dikkate alarak problemi niteliksel/niceliksel olarak ele alan bir karar verme aracıdır. Genellikle katı atık ve tehlikeli atık yönetimi için geniş bir kullanım alanı mevcut değildir. Fakat e-atık için öneriler geliştirilebilir ve ekonomik fayda sağlayabilir. MCA, çevresel fayda ve ekonomik kar için, geri dönüşüm tesis konumu ve e-atık bertarafı için kullanılmaktadır.

EPR, elektrikli ve elektronik aletlerin üretiminden bertarafına kadar olan süreçte, e-atık haline gelmiş elektrikli ve elektronik eşyaların tüketicilerden toplanması ve değerlendirilmesi yaklaşımıdır. Avrupa Birliği ülkeleri, İsviçre, Japonya, Amerika ve Kanada'nın bazı eyaletlerinde EPR yaklaşımı kullanılmaktadır. EPR, üreticilere ürünlerini geri alma sorumluluğu atfeden politikaya odaklanmış bir

araçtır. Atık haline gelmiş elektronik eşyaların toplanması, yeniden kullanımı, geri kazanımı, geri dönüşümü ve bertarafı gibi tüm atık yönetimini sağlayabilmek için Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde 2011/65/EU Avrupa Birliği Direktifi'ne göre bazı mevzuatlar geliştirilmiştir ve bu kapsamda üretilen elektrikli ve elektronik eşyaların belirli bir oranının e-atık olarak toplanması için hedefler konulmuştur. EPR kapsamında üreticinin ve perakendecilerin sorumluluklarından biri ürünün geri alınmasını sağlamasıdır. Bu kapsamda ürünler geri toplanır ve geri dönüşüm hedefleri oluşturularak uygulanır. Geri alma üreticiler tarafından zorunlu veya gönüllü bir eylem olabilir. Tüketiciler için teşvik politikaları izlenmektedir. Bu teşvik kapsamında depozito-iade, iade sebebiyle tüketiciye ücret ödenmesi, üreticilerin malzeme vergisi ödemesi (vergi, tüketici sonrası ürünlerin toplanması, sınıflandırılması ve işlenmesi için, ürünlerin geri dönüşümü ve artırılması için kullanılır), kamu bilincinin oluşturularak tüketicilere üretici sorumluluğu ve atık ayrımı hakkında iletişim kurulabilmesi ve ürünlerde kullanılan malzemeler hakkında geri dönüşüm yapanların bilgilendirilmesi gibi konular bulunmaktadır.

### ***E-Atık Yönetimi'nin Dünya ve Türkiye'deki Durumu***

E-atık mevzuatına sahip ülkelerde temel sorun zayıf ve verimsiz kanun yaptırımıdır. Yasal sorumluluk olmadığından e-atık toplama, geri dönüşüm istatistikleri gibi sonuçlar sınırlıdır ve mevzuatın etkinliği net olarak ölçülememektedir (Patil ve Ramakrishna, 2020).

Gelişmekte olan bir ülke olan Çin, yıllardır ABD gibi gelişmiş ülkelerden gelen kullanılmış EEE ve e-atıkların boşaltma sahası olarak kullanılmıştır. Basel Sözleşmesi'nden ilham alan Çin, EPR mevzuatını kabul ederek e-atık ithalatına bir yasak getirmiştir. Bu düzenlemeler sayesinde e-atık üretiminin azaltılmasını hedefleyerek geri dönüşümünü mümkün kılmıştır.

Amerika'da ABD ve Kanada dünyada en fazla e-atık üreten ülkelerdir. Buna rağmen ABD Basel Sözleşmesi'ni imzalamamıştır. Bununla birlikte e-atıklarının çoğunu çevreyi kirletecek şekilde gayri resmi işleyen Meksika, Çin ve Afrika gibi bölgelere göndermektedir (Patil ve Ramakrishna, 2020). Bununla birlikte, ABD, Kaynak Koruma ve Geri Kazanım Yasası (RCRA), Katot Işın Tüplerinin (CRT'ler) geri dönüştürülmesine yönelik düzenlemeler ve Elektronik Yönetim için Ulusal Strateji çerçevesi aracılığıyla evsel e-atıkları yönetmek için bazı

genel önlemler uygulamıştır. ABD Çevre Koruma Ajansı, kullanılmış elektroniği geri almak ve sertifikalı geri dönüştürücüler aracılığıyla geri dönüştürmek için Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM'ler) ve perakendeciler ile ortaklaşa bir Sürdürülebilir Malzeme Yönetimi (SMM) Elektronik Mücadelesi girişimi başlatmıştır (Kang ve Schoenung, 2005). Amerika'da katı ulusal politikaların eksikliği, e-atık geri dönüşümünün kayıt dışı sektör ve yalnızca karlı e-atık maddeyi geri dönüştüren özel şirketler tarafından işlenmesine yol açmıştır.

İsviçre e-atık konusunda kendi belirlediği politikalar sayesinde e-atık konusunda Avrupa'da bulunan ülkeler arasında en iyi konumdadır. 1998 yılında İsviçre Federal Çevre Dairesi (FOEN) "Elektrikli ve elektronik cihazların geri alınması ve elden çıkarılması (ORDEE) yönetmeliğini duyurmuştur. Bununla birlikte İsviçre'de dört adet üretici sorumluluğu kuruluşu (PROs) bulunmaktadır. Bu kuruluşlar, SWICO (İsviçre Bilgi, İletişim ve Organizasyonel Teknoloji Derneği) Geri Dönüşüm Garantisi, SENS (İsviçre Atık Yönetimi Vakfı), SLRS (İsviçre Işık Geri Dönüşüm Vakfı) ve INOBAT (Akü Bertarafı için Paydaş Kuruluşu)'tır. Bunların çoğu kar amacı gütmeyen kuruluşlardır ve amaçları e-atık akışını idare etmektir (Khetriwal vd., 2009; Nnorom ve Osibanjo 2008; Widmer vd., 2005).

Japonya da İsviçre gibi 1990'ların sonunda e-atık sorumluluğuna ilişkin çevre politikası sağlamıştır. Bunlardan ilki Kaynakların Etkin Kullanımının Teşvik Edilmesi Kanunu (LPUR), diğeri ise Özel Ev Aletleri Geri Dönüşümü Kanunu (LRHA)'dur. İlk yasa en son 2001 yılında revize edilmiş ve Kaynakların Etkin Kullanımının Teşvik Edilmesi Yasası (LPUR) olarak adlandırılmıştır. Bu yasa, üreticileri malların geri dönüştürülmesine gönüllü olarak yardım etmeye ve atık oluşumunu azaltmaya teşvik etmektedir. İkinci yasa 1 Nisan 2009'da yürürlüğe girmiş ve Özel Ev Aletlerinin Geri Dönüşümü Yasası (LRHA) olarak adlandırılmıştır. Bu yasa, hem tüketicilerin hem de ev aletleri üreticilerinin geri dönüşüm çabalarına daha fazla gereksinim getirmektedir (Chung ve Murakami-Suzuki, 2008; Japon for Sustainability, 2009).

Hindistan'da da 2011 yılına kadar e-atıklarla ilgili bir yasa bulunmamaktadır. Ardından EPR mevzuatını uygulamıştır ve e-atıkların geri dönüşümü sorumluluğunu Avrupa'da bulunan elektrikli elektronik eşya üreticilerine vermiştir (Agarwal, 2020).

Kore’de atık depozito-geri ödeme sistemi oluşturulmuştur. Burada da EPR mevzuatı uygulanmaktadır ve mevzuat kapsamında üreticiler atılan ürünleri geri dönüştürmeye ve hükümete raporlamaya mecbur bırakılmışlardır (Rhee, 2016).

Tayvan, “Atık Bertaraf Yasası” adlı tek bir yasayla atıkların bertarafı ve geri dönüşüm prosedürlerini yönetmektedir. Sonraki yıllarda bu yasa kapsamına “4’ü 1 arada geri dönüşüm programı” eklenerek e-atıklar da bu yasa kapsamına alınmıştır. Bu program içeriğindeki 4 ana taraf, tüketiciler, geri dönüşüm endüstrisi, yerel yönetim ve yeni kurulan dönüşüm fonudur. Geri dönüşüm fonundan üreticiler ve perakendeciler sorumludur. EPR sisteminin Tayvan’daki uygulama yaklaşımı, üreticilere geri dönüşüm ücretleri uygulayarak mali sorumluluk yüklemektir. Tayvan’daki elektrikli ve elektronik ekipman üreticileri ve ithalatçıları, iki ayda bir, yerel satış miktarlarına ve farklı ürünler için geri dönüşüm ücret oranlarına bağlı olarak, Tayvan Çevre Koruma İdaresi (EPAT)’nin Geri Dönüşüm Fonu Yönetim Kuruluna (RFMB) geri dönüşüm ücreti ödemek zorundadır (Cheng vd. 2019).

Singapur’da ise Ulusal Gönüllü Ortaklık Programı kapsamında kuruluş, üretici ve perakendeciler vasıtasıyla halk arasında farkındalık yaratılması esas alınmıştır. Singapurlular yılda 60.000 ton e-atık üretmektedir. Bu, Singapur’da üretilen toplam atığın yüzde 1’inden daha az olmasına rağmen, bu rakamın önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Bu miktar, 11 kg e-atığa eşdeğerdir (Bea, 2019).

Kanada’da, eyaletlerin çoğunun kendi yerel e-atık düzenlemeleri vardır. E-atık kütesinin bir kısmı, Kanada’nın birkaç eyaletindeki çeşitli kuruluşların yardımıyla geri dönüştürülmektedir. Latin Amerika’da ise e-atık yönetimi mevzuatı olan tek ülkeler Bolivya, Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Ekvador, Meksika ve Peru’dur. Bu ülkelerde EPR mevzuatı yürürlüktedir (Balde vd., 2017).

Okyanusya; Avustralya, Yeni Zelanda ve Pasifik Adası alt bölgesinden oluşmaktadır. Ancak Avustralya, bu bölgede e-atık yönetimine özel bir yasa uygulayan tek ülkedir. Avustralya’da özellikle televizyon ve bilgisayarların geri dönüşümü için getirilen Ürün Yönetim Yasası e-atık yönetiminde üretici sorumluluklarını güçlendirmek için bir model olmuştur (Balde vd., 2017). Yeni Zelanda ise 2006 yılında “eDay” adını verdiği ulusal ölçekli bir program hazırlamıştır. Ancak 2011 yılında hükümet fon sağlamayı bıraktığı için sürdürülebilirliği

sona ermiştir (Gertsakis vd., 2011). Pasifik bölgesindeki bazı küçük ülkeler, tehlikeli atıkları yönetmek için AB ile işbirliği yapmaktadır.

Afrika ülkeleri elektrikli ve elektronik eşya ihtiyaçlarını Amerika, Avrupa ve Çin gibi ülkelere kullanılmış olarak temin etmektedir. Ayrıca e-atık ve geri dönüşüm ile ilgili mevzuat karmaşıklığı ve bulunmayışı yasa dışı yollardan Afrika ülkelerine e-atık girişine sebebiyet vermektedir. Yasa dışı yollarla ülkelere giren e-atıklar olumsuz koşullarda işlenmekte ve çevre ile insan sağlığı için ciddi tahribatlara sebep olmaktadır. Afrika ülkelerinden Gana, Nijerya, Madagaskar ve Kenya gibi ülkelere EPR mevzuatına yönelik düzenlemeler söz konusudur ve bu düzenlemeler ile e-atık ithalatı yasaklanmıştır (Onianwa, 2019).

Güney Afrika’da ise, Güney Afrika Hükümeti ve Güney Afrika Atık Elektrikli ve Elektronik İşletme Geliştirme Derneği (SAWEEDA) gibi kuruluşlar şu anda e-atık yönetimi için bir mevzuat oluşturma sürecindedir. Taslak halindeki EPR mevzuatının en geç Nisan 2021’de uygulamaya konulması planlanmaktadır (EPR Tool Box, 2020).

Türkiye’de 2012 yılında Avrupa Birliği’ne uyum süreci kapsamında “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği” yayımlanmıştır. 2016 yılında ise bir taslak hazırlanarak mevcut yönetmeliğin geliştirilmesi çalışmalarına başlanmıştır.

Türkiye’de e-atıktan sorumlu olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş üç kuruluş bulunmaktadır. Bu kuruluşlar, Elektrik ve Elektronik Geri Dönüşüm ve Atık Yönetimi Derneği (ELDAY), Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği (AGİD) ve Bilişim Sanayicileri Derneği (TÜBİSAD)’dir (Akpulat, 2020).

2017 yılında Türkiye’de 19 bin ton e-atık toplanmış ve bunun sadece %3’ü geri dönüştürülebilmiştir. Global E-Waste Monitor raporuna göre Türkiye için kişi başı e-atık miktarı 2019 yılında 10,2 kg olarak tespit edilmiştir (GESP, 2020).

### ***E-Atıkların Geri Dönüşümü ve İşlenmesi***

Elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşümü ve geri kazanımı, e-Atık oluşumunun azaltılması ve değerli metallerin geri kazanılması gibi avantajlar sağlamaktadır. Bu kapsamda geri kazanılan değerli metallerin üreticilere tekrar dönmesi, yeni elektrikli ve elektronik eşya

üretimi için çıkarılması gereken hammadde miktarının da azalmasını sağlayacaktır. 2016 yılında e-atıkta bulunan tüm hammaddelerin potansiyelinin yaklaşık 55 milyon Euro olduğu tahmin edilmiştir (Balde vd., 2017). Bu hammaddelerin geri kazanımı, yenilenemeyen hammadde tüketiminin önüne geçecektir. Ayrıca hammadde sağlamak ve işlemek amacıyla kullanılan enerji miktarı da azaltılacaktır.

Geri kazanım aşamalarında çalışabilecek parçaların ve tehlikeli atıkların ayrılmasının ardından malzeme kazanım işlemlerine geçilmektedir. E-atıkların birçok parçasının ikinci malzeme olarak satışı sunulması veya yok edilmesi için rafinasyon ve şartlandırma işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Rafinasyon, mekanik, termal ve kimyasal süreçleri içermektedir. Piller, demirli/demir dışı metaller, geri dönüŖtürülebilir plastikler ve elektronik devrelerde rafinasyon kullanılmaktadır. Tablo 3'te elektrikli ve elektronik ekipman atıklarından geri kazanım için uygulanabilecek yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır (Yeşilkaya, 2012; Zhang vd., 2000). Patil ve Ramakrishna, e-atık yönetiminin tüm izole paydaşlarını, yani devlet kurumları ve kanun uygulama ağını, e-atıktan sorumlu üreticileri ve tüketicileri içeren kapalı döngü bir model önermişlerdir. Tüm paydaşları stratejik olarak birbirine bağlayan böyle bir sistemin, hükümetten imalat sanayine ve geri dönüşüm sektöründen tüketicilere kadar her seviyede işbirliği ve koordinasyonu gerektirdiğini savunmuşlardır (Patil ve Ramakrishna, 2020).

*Tablo 3. Elektrikli ve elektronik ekipman atıklarından geri kazanım için uygulanabilecek yöntemlerin karşılaştırılması*

<b>Yöntem</b>	<b>Avantaj</b>	<b>Dezavantaj</b>
Fiziksel yöntemler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tüm e-atıklar için uygundur.</li> <li>- Zararlı gaz çıkışı yoktur.</li> <li>- Basit proseslerdir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metal/değerli metal kaybı yüksektir.</li> <li>- Elde edilen ürünün ekstraktif metalürjik işlemlere tabi tutulması gerekir.</li> <li>- Toz problemi vardır.</li> </ul>



Tablo3. (devam)

Yöntem	Avantaj	Dezavantaj
Piro-metalurjik yöntemler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çoğu e-atık için uygundur.</li> <li>- Bazı e-atık türleri için boyut küçültme işlemi gerekli değildir.</li> <li>- Plastikler, ergite işleminde enerji kaynağı olarak kullanılabilir.</li> </ul>	<p>Sadece değerli metal içeriği yüksek atıklar için ekonomiktir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- E-atık içindeki seramik ve cam malzemeler cüruf miktarını artırır ve bu da metal/değerli metal kaybını yükseltir.</li> </ul> <p>Al, Zn kazanımı mümkün değildir. Pahalıdır ve fazla enerji gerektirir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zararlı gaz çıkışı vardır.</li> </ul>
Hidro-metalurjik yöntemler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Küçük ölçekte uygulanabilir.</li> <li>- Daha esnekler.</li> <li>- Metal kazanma verimi yüksektir.</li> <li>- Yüksek saflıkta ürün elde edilir.</li> <li>- Çevresel etkisi düşüktür.</li> <li>- Zararlı gaz çıkışı yoktur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ön hazırlık gerektirir.</li> <li>- Atık çözeltinin arıtılması gerekir.</li> <li>- Yan ürün elde edilmesi zordur.</li> </ul>
Biyohidro-metalurjik yöntemler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Küçük kapasiteli, küçük ölçekli işletmeler için uygundur.</li> <li>- Çevresel etkisi düşüktür.</li> <li>- Zararlı gaz çıkışı yoktur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liç süresi uzundur.</li> </ul> <p>Metallerin toksik etkisi liç süresini olumsuz etkiler.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liç için katı oranı %20'den düşüktür.</li> </ul>

Kaynak: Yeşilkaya, 2012; Zhang vd., 2000

## SONUÇ

E-atık mevzuatı, tüm dünya için e-atık ithalatı/ihracatı konusunda tam bir yasak içermelidir. Mevzuatlar kesin bir yaptırım getirmediğinden, geri dönüştürülen veya çeşitli yöntemlerle bertaraf edilen e-atıklar hakkında net bir geri bildirim söz konusu değildir. Ardından, elektronik atıkların yönetimi için en az atık oluşturacak alternatif hammaddelerin ve yöntemlerin kullanımı üretimde esas alınmalıdır. Daha sonra, oluşan e-atıkların uygun yöntemlerle toplanması (teşvik edici toplama uygulamaları oluşturulmalıdır), tekrar kullanımının mümkünse

sağlanması, mümkün değilse güvenilir yöntemler kullanılarak içeriğindeki malzemelerin geri kazanılması ve/veya geri dönüŖtürülmesi, uygun tekniklerle bertaraf edilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, uygunsuz koŖullarda bertarafın önüne geçebilmek için geliŖmiş ülkelerden az geliŖmiş ülkelere e-atık satışıının yasaklanması gereklidir. Bunun için gümrüklerde yasa dıŖı e-atık ithalatını/ihracatını engelleyecek yetkiye sahip bilgilendirilmiş kolluk kuvvetlerinin görevlendirilmesi gerekmektedir.

Hükümetler, e-atık yönetiminden sorumlu paydaşlar ile üretici ve tüketicilerin e-atık azaltımında üzerine düşen sorumlulukları net bir şekilde tanımlanmalı ve bu sorumluluklara uygun hareket edilip edilmediğini kontrol etmelidir. Üreticiler, bu kapsamda EEE üretiminde kullanılan tüm malzeme bileşenleri ve tehlikeli maddeleri beyan etmelidir. Geri dönüŖtürücüler, e-atık içerişindeki bileşenleri çok değerliden daha az değerliye doğru resmi ve güvenilir yöntemlerle çıkarmalıdır. Geri kazanılan malzemelerin üreticiye geri verilmesi ve bu sayede işlenmemiş hammadde ihtiyacının azaltılması sağlanmalıdır.

Kısacası, e-atık yönetiminde başarı ve sürdürülebilirlik sağlayabilmek için EPR mevzuatı esas alınarak devlet kurumları, üreticiler ve toplumdan oluşan paydaşlar arasında işbirliği ve koordinasyon gereklidir.

## KAYNAKÇA

Agarwal, R. (2020). *EPR Perspectives and experiences from India*.

Akputat, O. (2020). *Atığın Ötesinde-Dünyada ve Türkiye’de Elektronik Atık Mevcut Durumu*.

Asante, K. A., Tetsuro A., Charles A. B., William A. Ag., Mohammed B., Masanari O., Takaaki I., Shin T., ve Shinsuke T. (2012). “Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana”. *Science of the Total Environment* 424:63–73.

Balde, C.P, Forti V., Gray V., Kuehr R., ve Stegmann P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017*. Bonn/Geneva/Vienna.

Bea, E. (2019). *Extended Producer Responsibility In Singapore’s Resource Sustainability Act*.

Brigden, K., Labunska I., Santillo D., ve Allsopp M. (2005). *Recycling of Electronic Wastes in China and India: Workplace and Environmental Contamination*. Exeter, UK.

Cheng, C.P., Chun H. L., Lih C. W. ve Tien C. C. (2019). “Determining environmental costs: A challenge in a governmental e-waste recycling scheme”. *Sustainability (Switzerland)* 11(19).

Chung, S.-W., ve Rie M-Suzuki. (2008). *A Comparative Study of E-waste Recycling Systems in Japan, South Korea and Taiwan from the EPR Perspective: Implications for Developing Countries*.

EC. (2012). *Directive 2012/19/Eu of The European Parliament and of The Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (recast) (Text with EEA relevance)*.

EPR Tool Box. (2020). *Country report-South Africa Extended Producer Responsibility for packaging in state policy initiatives*.

Gertsakis, J., Hannon J., Macgibbon J., Nixon C., Tripathi N., Wilkinson S., ve Zwimpfer L. (2011). *Ewaste in nEw ZEaland: FIVE YEARS ON*.

GESP. (2020). “The Global E-Waste Statistics Partnership”. Tarihiinde 03 Mart 2021 (<https://globalewaste.org/map/>).

Japon for Sustainability. (2009). “Revised Law Requires Recycling of Additional Home Appliances | Japan for Sustainability”. Tarihiinde 05 Mart 2021 ([https://www.japanfs.org/en/news/archives/news\\_id029030.html](https://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id029030.html)).

Kang, H. Y., ve Schoenung J. M. (2005). “Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options”. *Resources, Conservation and Recycling* 45(4):368–400.

Kiddee, P., Naidu R., ve Wong M. H. (2013). “Electronic waste management approaches: An overview”. *Waste Management* 33(5):1237–50.

Lincoln, J. D., Ogunseitan O. A., Shapiro A. A., ve Saphores J. D. M. (2007). “Leaching assessments of hazardous materials in cellular telephones”. *Environmental Science and Technology* 41(7):2572–78.

Liu, X., Tanaka M., ve Matsui Y. (2006). “Electrical and electronic waste management in China: Progress and the barriers to overcome”. *Waste Management and Research* 24(1):92–101.

Nnorom, I. C., ve Osibanjo O. (2008). “Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in

the developing countries”. *Resources, Conservation and Recycling* 52(6):843–58.

Onianwa, P. C. (2019). *Achieving Sustainable and Sound E-waste Management In African Cities Through Extended Producer Responsibility (EPR) Schemes*.

Patil, R. A., ve Ramakrishna S. (2020). “A comprehensive analysis of e-waste legislation worldwide”. *Environmental Science and Pollution Research* 27(13):14412–31.

Puckett, J., ve Smith T. C. (2002). *Exporting harm: the high-tech trashing of Asia (eBook, 2002) [WorldCat.org]*. Seattle, WA: Basel Action Network.

Rhee, S.-W. (2016). “ScienceDirect Beneficial use practice of e-wastes in Republic of Korea”. *Procedia Environmental Sciences* 31:707–14.

Statista (2021). “Global e-waste generation 2010-2019 | Statista”. Tarihinde 05 Mart 2021 (<https://www.statista.com/statistics/499891/projection-ewaste-generation-worldwide/>).

Sthiannopkao, S., ve Wong, M. H. (2013). Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. *Science of the Total Environment*, 463, 1147-1153.

Tsydenova, O., ve Bengtsson M. (2011). “Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment”. *Waste Management* 31(1):45–58.

UNE (2019). *A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot*.

UNEP (2007a). *E-wasteE VolumE I Inventory Assessment Manual*. United Nations Environment Programme (UNEP).

UNEP (2007b). *E-wasteE VolumE II E-waste Management Manual*.

U.S. Government Accountability Office (2008). *GAO-08-1044 Electronic Waste: EPA Needs to Better Control Harmful U.S. Exports through Stronger Enforcement and More Comprehensive Regulation*.

Widmer, R., Oswald-Krapf H., Sinha-Khetriwal D., Schnellmann M., ve Böni H. (2005). “Global perspectives on e-waste”. *Environmental Impact Assessment Review* 25(5 SPEC. ISS.): 436–58.

Xia H., Peng L., Xu X., Zheng L., Qiu B., Qi Z., Zhang B., Han D., ve Piao Z. (2007). “Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic

waste recycling town in China”. *Environmental Health Perspectives* 115(7):1113–17.

Yeşilkaya, M. (2012). “Elektronik Atık Yönetimi, Uygulamaların Analizi ve Öneriler”. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, , Ankara.

Zhang, S., Forssberg E., Houwelingen J. V., Rem P., ve Wei L.-Y.. (2000). “End-of-life electric and electronic equipment management towards the 21st century”. *Waste Management and Research* 18(1):73–85.

Zheng, L., Wu K., Li Y., Qi Z., Han D., Zhang B., Gu C., Chen G., Liu J., Chen S., Xu X. ve Huo X. (2008). “Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China”. *Environmental Research* 108(1):15–20.

# **Zeytinyağı Endüstrisi Atıklarının Sürdürülebilir Yönetimi**

**Sena Doğan**

*Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-7175-0971)**

**Merve Ayaz**

*Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-6900-4558)**

**Ömer Saygın**

*Saygın Kimya ve Arıtım Sistemleri Ltd. Şti., Muğla, Türkiye*  
**(0000-0002-1015-8755)**

**Işıl Akmehmet Balcıoğlu**

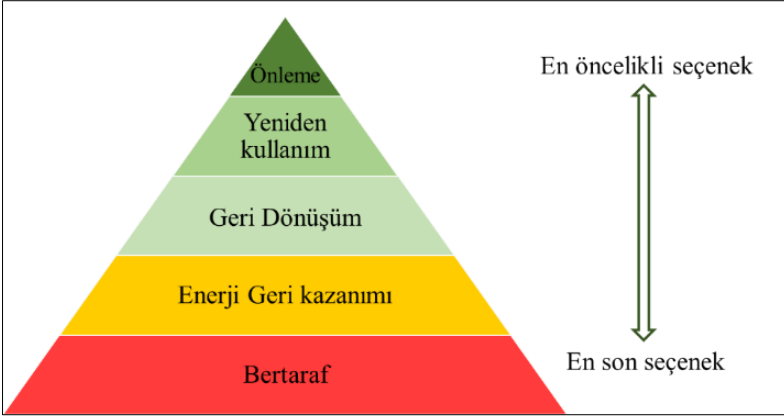
*Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-2511-5827)**

## GİRİŞ

Zeytinyağı endüstrisinden kaynaklanan toksik özelliklere sahip yüksek miktardaki atıklar, bu sektörün yaygın olduğu Akdeniz ülkeleri için yönetimi zor bir çevre sorunu oluştururlar. Zeytinyağı üretiminde, farklı karakteristik özelliklere sahip sıvı atık (karasu) ve katı atık (pirina) oluşmaktadır (Azbar vd., 2004; Takaç ve Karakaya, 2009). Üretilen atıklar yüksek organik maddenin yanı sıra zengin fenolik bileşenleri ve yoğun koku içerikleri ile gerek yeraltı ve yüzey sularını gerekse toprağı kirletmeleri neticesinde ekosistemdeki canlı organizmaların sağlığı için tehdit oluştururlar. Dolayısıyla, bu atıkların doğrudan alıcı ortamlara desarjları sınırlandırılmıştır (Azbar vd., 2004; Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006; Saadi vd., 2007; Tsagaraki vd., 2007; Souilem vd., 2017). Kirliliğin kaynağında azaltılması amacıyla, bu sektörün atıkları için birçok biyolojik ve fizikokimyasal arıtma teknikleri (Takaç ve Karakaya, 2009) araştırılmış olsa da, çevreye ve insan sağlığına olan etkilerinin azaltılması için uygun, etkili ve ekonomik bir atık yönetimi sağlanamamıştır. Oysa, zeytinyağı sektörü atıklarının yararlı bileşenleri, arıtmada süreçleri yerine geri kazanım süreçlerinin araştırılmasını gerektirmektedir.

Atık yönetiminde, Şekil 1’de gösterilen hiyerarşi ile öncelikli olarak insan, hayvan ve bitkilere zarar vermeden, çevre koruma ilkelerinin ve sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik ve sosyal etkilerinde göz önünde bulundurulması esastır (Directive 2008/98/EC).

Yenilenen Avrupa atık direktifinde (Directive (EU) 2018/851) ise akıllı yönetim önem kazanmış ve doğal kaynakların verimli kullanılması, enerji verimliliği, yenilebilir enerji kullanımının artırılması ile birlikte döngüsel ekonomiye katkı sağlayan sürdürülebilir materyal yönetimi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Atığın katma değere sahip kaynak ve ikincil ham madde olarak kullanılması (Raw Materials Initiative, 2008), döngüsel ekonomi modelinde sürdürülebilir bir atık yönetimi oluşturmaktadır. Bu anlayış (European Commission (EC) - A new Circular Economy Action Plan, 2020) bir sektörden oluşan atığın diğer bir sektör için ikincil kaynak olarak kullanılmasını, geri kazanım



Ŗekil 1. Atık yönetimi hiyerarŖisi (Directive 2008/98/EC)

sürecinde toksik olmayan bir ortamın bulunmasını ve zararlı olmayan malzemelerin kullanılmasını gerektirmektedir.

Ayrıca, Avrupa Birliği, araştırma ve yenilik programı “Horizon Europe” (European Commission (EC) -Horizon Europe Strategic Plan 2021-2024) kapsamında kapsamında doğal kaynakların korunması ve su, enerji ve hammaddenin sürdürülebilir kullanımını döngüsel ekonomi anlayışı ile gerçekleŖtiren çalıŖmaları, çevresel yönetmelikler, aksiyon planları ve direktifler ile desteklemektedir.

Atık direktifleri ve ilgili çalıŖmalar göz önüne alındığında, zeytinyağı üretiminden kaynaklanan atıkların yönetiminde atık oluşumunun azaltılmasına yönelik üretim süreçlerinin kullanılmasına öncelik vermenin yanı sıra katma değere sahip bileŖenlerin atıklardan geri kazanılması ve böylece kirletici yükünün azaltılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalıŖmada, Türkiye’deki zeytinyağı üretiminden kaynaklanan zeytin karasuyunun katma değeri yüksek maddelerinin geri kazanımının döngüsel ekonomi anlayışı ile araştırılması ve sürdürülebilir bir atık yönetim sisteminin oluşturulması hedeflenmiŖtir.

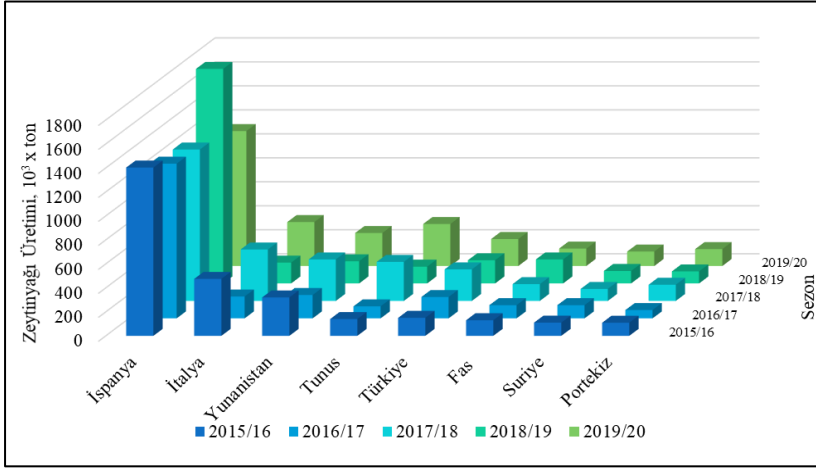
## LİTERATÜR TARAMASI

### **Zeytinyağı Endüstrisi ve Zeytinyağı Üretimi**

Zeytinyağı üretimi Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz ülkelerinin ekonomisi için önemli bir tarım endüstrisidir. Dünyada zeytinyağı üretimi yaklaşık olarak yıllık 3.3 milyon tona ulaŖmıŖtır



(International Olive Oil Council, 2020) ve bu üretimin %95'i Akdeniz ülkelerinde gerçekleşmektedir (Ochando-Pulido vd., 2020). Şekil 2'de listelenen Akdeniz ülkelerinin 2015-2020 yıllarındaki sezonluk zeytinyağı üretim miktarlarından anlaşılacağı üzere Türkiye üretimde beşinci sırada yer almaktadır.

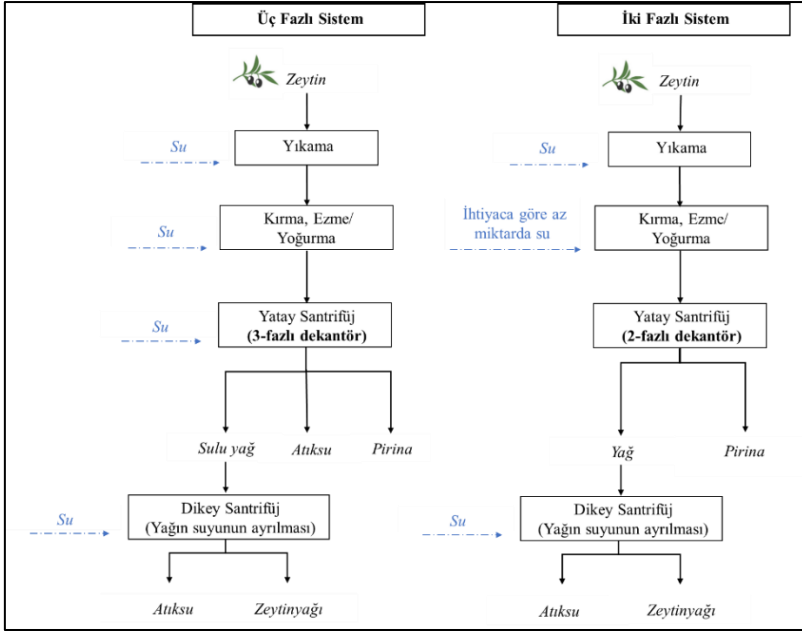


Şekil 2. Akdeniz ülkelerinde son yıllardaki zeytinyağı üretimi.  
2019/20 yılı için tahmini veridir

Kaynak: International Olive Oil Council, 2020

Zeytinyağı üretimi için genel olarak geleneksel basınçlı veya modern sürekli santrifüj sistemleri kullanılmaktadır. Daha fazla zeytinin işlenebilmesi ve yüksek oranda zeytinyağı üretimi için yaygın olarak kullanılan modern sürekli santrifüj sistemleri iki ve üç fazlıdır. Modern zeytinyağı üretimi aşamaları Şekil 3'te gösterilmiştir. Üretim sistemlerinde oluşan atıksu, zeytin yıkama ve zeytin yoğurma işlemleri sonrası oluşan sıvı fazların (yağ ve su) katı fazdan ayrılması ve üretilen zeytinyağının kalıntılardan su ile yıkama işlemi sırasında ayrılması sonucu ortaya çıkar. Yağın ekstraksiyonu sonucunda arta kalan kabuk ve posa ise katı atık olan pirinayı oluşturmaktadır.

Oluşan atıkların karakteristik özellikleri, üretim sisteminin yanı sıra zeytinin kalitesi, olgunluğu, toprak özellikleri, iklim ve yetiştiricilik şartları gibi birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir (Ochando-Pulido vd., 2016; Souilem vd., 2017).



Şekil 3. Modern zeytinyağı üretim aşamaları

İki fazlı sistemle üretimde daha az miktarda su tüketilmesi, enerji harcanması ve atık su oluşumu, bu sistemin avantajlarını oluşturmaktadır (Albuquerque, 2004; Azbar vd., 2004). Üç fazlı sistemle üretimde su tüketimi 980 L/ton zeytin değerlerine varırken iki fazlı sistem için 250-350 L/ton zeytin (Khdair vd., 2019) arasında değişmektedir ve atık miktarında da %75 oranında azalma söz konusudur. Diğer yandan, iki fazlı sistemden oluşan katı atığın yüksek oranda su (%65) içeriği bertarafı için kullanılan kurutma işlemlerin maliyetini yükseltmektedir (Roig vd., 2006).

### **Zeytin Karasuyu ve Bertaraf Yöntemleri**

Zeytin karasuyunda %4-16 oranında bulunan organik madde (Davies vd., 2004) içeriğini oluşturan bileşenlerin biyolojik olarak zor bozulabilir karakteristiği esas olarak fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır ve atıksuyun bu özelliği gerek bertarafını gerekse arıtılmasını zorlaştırmaktadır. İlgili çalışmalar incelendiğinde genel olarak, kendine özgü keskin kokuya ve koyu kahve rengine sahip olan karasuyun fizikokimyasal özellikleri, üretim esnasında tüketilen su, oluşan atıksu ve zor biyolojik bozulabilirliğini ifade eden BOİ/KOİ oranı Tablo 1'de sunulmuştur (Mekki et al., 2006; Achak et al., 2009; Scoma et al., 2011; El-Abbassi et al., 2012; Khoufi et al., 2015; Ochando-Pulido vd., 2016; Pinelli et al., 2016; Khdair vd., 2019).

Tablo 1. Modern zeytinyağı üretim sistemlerinde su sarfiyatı ve oluşan atıksuyun özellikleri

Sistem	Tüketilen Su, L/ton	Oluşan Atıksu, L/ton	BOİ, g/L	KOİ, g/L	BOİ/KOİ	pH	TF
Üç Fazlı	750-980	965-1190	13,4-37,5	21,0-150,0	0,25-0,64	4,1-5,1	0,5-8,9
İki Fazlı	250-350	330-400	0,8-6,0	4,6-16,6	0,17-0,36	4,6-5,5	0,2-0,7

[BOİ: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı, TF: Toplam Fenol]

Birçok Akdeniz ülkesinde konvansiyonel biyolojik arıtmaya uygun olmayan karasuyun hacminin azaltılmasında geniş alanlara ihtiyaç duyan lagünde buharlaştırma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu doğal buharlaştırma karasu için ekonomik ve basit bir çözüm olarak görülse de katı maddelerin çökmesi ile ikincil atık (çamur) oluşturmasının yanı sıra birikmiş atıktan sürekli yayılan bileşikler su, toprak ve hava için önemli bir kirlilik kaynağıdır (Roig vd., 2006; Takaç ve Karakaya, 2009; Khdaire ve Abu-Rumman, 2020). Esas olarak fenolik bileşikler hedef olarak atığın organik kirletici yükünün azaltılması fiziksel/kimyasal ve biyolojik yöntemlerden oluşan hibrit süreçlerle sağlanabilir (Rahmanian vd., 2014; Souilem vd., 2017). Zira, atıktaki fenolik bileşiklerin yanı sıra uzun zincirli yağ asitlerinin de bazı mikrobiyal aktiviteleri engellemesi biyolojik proseslerin verimli olmamasının sebebidir (El-Mekawy, 2013; Lee vd., 2019). Hibrit metodlar ise söz konusu bileşiklerin arıtılmasında etkin olmalarına rağmen ekonomik olarak verimsizlikleri uygulanmalarını sınırlamaktadır. Mikrobiyal aktiviteyi engelleyen organik maddeler çeşitli sektörlerde katkı maddesi olarak kullanılmaya potansiyeline sahip karasuyun yararlı bileşenleridir. Bu değerli maddelerin zeytin karasuyundan geri kazanımı, döngüsel ekonomiye katkı sağlayarak sürdürülebilir üretim için uygun atık yönetimi örneğidir.

### **Zeytin Karasuyundaki Antioksidanlar**

Zeytin karasuyunda antioksidan özelliğe sahip pek çok madde bulunmaktadır. Bu maddelerin tür ve miktarları zeytin yetiştirilmesinden hasadına, iklim koşullarından yağ ekstraksiyonuna kadar birçok faktöre bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Allouche vd., 2004; Paraskeva ve Diamadopoulou, 2006; Ntougias vd., 2013). Antioksidan maddelerin organizmadaki serbest radikallerle tepkimeye girmesi (Şekil 4) sonucunda hücrelerde oksidatif stresi azaltmasını sağlayarak pek çok hastalık gelişimini önlemedeki etkileri

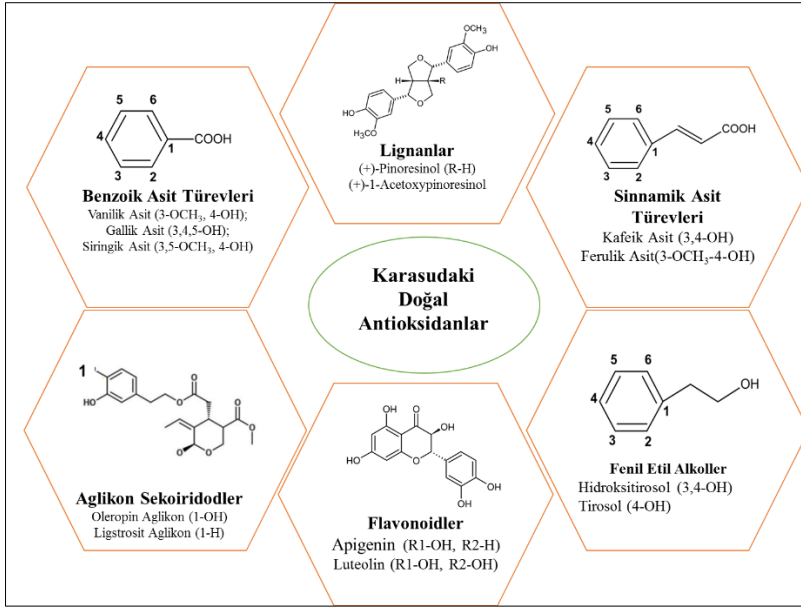
açıkça ortaya koyulmuştur (Hayashi ve Iguchi, 2010; Yan vd., 2020). Zeytindeki fenolik maddelerin söz konusu antioksidan özelliklerinin yanısıra Hidroksitirosol (HTyr), Tirosol (Tyr) ve Oleropin (Oleu) 'in toplam fenolik madde içeriğinin %60-80'ini oluşturduğu bilinmektedir (Pastor vd., 2016). Zeytinden yağ ekstraksiyon sürecinde HTyr'nin hidrofilik özelliği yaklaşık %98'inin atıkta kalmasına neden olmaktadır (Robles-Almazan vd., 2018). Karasuda otuzdan fazla antioksidan madde bulunmakla birlikte, bu maddelerden glikosile sekoiridoid grubuna dahil olan Oleu ve fenil etil alkoller grubuna dahil olan HTyr ve Tyr yüksek antioksidan özellikleriyle dikkat çekmektedir (Tuck ve Hayball, 2002; Takaç ve Karakaya, 2009; Bedouhene vd., 2014).



Şekil 4. Serbest radikal ve antioksidan tepkimesi

Karasuda bulunan başlıca polifenolik bileşenler Şekil 5'te gösterilmiştir. Günümüzde, piyasada fenolik özütler içeren maddelerin gıda takviyesi olarak satışa sunulduğu ve HTyr içeren bir takviyenin fiyatının 52 Euro/g olduğu göz önüne alındığında; bahsedilen polifenolik maddelerin yüksek market değerleri açıktır (Zagklis vd., 2021).

HTyr organizmada stres sonucu üretilen maddeleri süpürmesinin yanı sıra organizmanın oksidatif strese karşı savunmasını arttıracak farklı hüresel sinyal yollarını aktive etmesi ile antioksidan görevi gördüğünden aktivitesi yüksektir (Lombardo vd., 2018). Karasuda doğal olarak bulunan bu antioksidanın kardiyoprotektif, nöroprotektif, antikanserojenik, anti-obezite, yaşlanma karşıtı ve antimikrobial etkileri içeren faydaları çeşitli *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarla gösterilmiştir (Hu vd., 2014; Ziosi vd., 2018; Britton vd., 2019; De Pablos vd., 2019; Marković vd., 2019; Bertelli vd., 2020).



Şekil 5. Karasuyundaki fenolik bileşikler

HTyr, yüksek dozda dahi (500 mg/kg) mutajenik ve genotoksik etkilere sahip olmaksızın uzun süre kullanılabilme özelliği ile gıda sektöründe katkı maddesi olarak yüksek potansiyel vaat etmektedir (Christian vd., 2004; Auñon-Calles vd, 2013). Bu antioksidan Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) ve Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından “genellikle güvenli madde (GRAS)” olarak kabul edilmiştir (Monteiro vd., 2021). Benzer şekilde EFSA tarafından kan lipidlerini oksidatif strese koruyucu etkisi kabul edilmiştir (Achmon ve Fishman, 2014). Sağlığa yararlı etkileri kanıtlanmış olan HTyr'nin kullanım alanı gıda sektörü ile sınırlı kalmayıp ilaç ve kozmetik gibi pek çok sektörde kullanılması mümkündür (Olajide vd., 2020).

Sentetik olarak üretilene oranla doğal HTyr'nin stabilitesinin yüksek oluşu da (Zurob vd., 2020), zeytin karasuyunda bolca bulunan bu antioksidanın geri kazanılmasının önemini arttırmaktadır.

### **Zeytinyağı Endüstrisinin Türkiye'deki Mevcut Durumu ve Atık Yönetimi**

Türkiye'deki zeytinyağı üreticilerinin %71'i üç fazlı santrifüj, %27'si iki fazlı santrifüj ve %2'si geleneksel basınçlı sistemleri

kullanılmaktadır. Kapsamlı olarak 2015 yılında hazırlanan araştırma raporunda üretim esnasında sezonluk yaklaşık olarak toplam 775.000 m<sup>3</sup> su tüketildiği ve 70.000 ton KOİ yüküne sahip 923.000 m<sup>3</sup> atık su oluştuğu bildirilmiştir. Diğer Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de oluşan atık suyun önemli bir oranı buharlaştırma amacı ile lagünlerinde toplanmakta doğal bertaraf ile önemli oranda azaltılan atıksuyun kalanı (%11) vidanjör ile arıtma tesislerine taşınmakta ya da uygun standartlarını sağladıktan sonra kanalizasyona direkt deşarj edilmektedir (TÜBİTAK-MAM, 2015). Lagünlerde kalan katı atık ise pirana işleme tesislerinde yağı alındıktan sonra yüksek oranda yakıt ve düşük oranda yem olarak hazırlanmaktadır.

Türkiye’de faaliyet gösteren zeytinyağı üretim tesislerinden kaynaklanan atıkların yönetimi için alternatifler araştırılmıştır ve halihazırda kullanılan üç fazlı santrifüj sistemlerin iki fazlı sistemlere dönüştürülmesinin olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasına olanak verecek uygulama olarak önerilmiştir (TÜBİTAK-MAM, 2015). Böylelikle zeytinyağı üretiminde su kullanımını %60, atık su oluşumunu %80 ve KOİ miktarını %99 azaltacağı öngörülmüştür (TÜBİTAK-MAM, 2015).

Avrupa Birliği yasalarında karasu yönetimini düzenleyen bir mevzuat olmamakla beraber, üye devletler güvenli bertaraf için kendi parametrelerini belirlemektedirler. Zeytinyağı üreten diğer ülkelerin aksine İtalya, Portekiz ve İspanya’da karasuya özel mevzuatlar belirlenmiştir. Zeytinyağı üretiminde önde gelen ülke olan İspanya (Şekil 2), 1991-1992 yıllarında üç fazlı santrifüj sisteminden iki fazlı santrifüj sistemine geçiş gerçekleştirmiştir ve günümüzde İspanya’da tesislerin %90’dan fazlası iki fazlı santrifüj sistemini kullanmaktadır ve ayrıca karasuyun ikincil kaynak olarak kullanımı teşvik edilmektedir (Doula vd., 2017). Ancak Türkiye’de bu tür bir uygulama bulunmamaktadır.

### ***Zeytinyağı Karasuyundaki Antioksidanların Geri Kazanım Yöntemleri***

Atıksulardan antioksidanların çeşitli yöntemlerle geri kazanılmasının araştırılması son yıllarda önem kazanmıştır. Membran filtrasyonu, çözücü ekstraksiyonu ve katı-faz ekstraksiyonun öne çıkan yöntemlerdir. Fenolik antioksidanların atıksudan ayrılmasında tek çeşit membran kullanılarak (mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, ters ozmoz)

(Russo, 2007; Cassano vd., 2011) ve mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmozun ardışık sırayla kullanılması incelenmiştir (Garcia-Castello vd., 2010; Cassano vd., 2013). Ancak membranın tıkanmasından kaynaklanan akış problemleri membran filtrasyonunun uygulanması kısıtlayan en önemli faktördür (Nayak ve Bhushan, 2019).

Likit ekstraksiyonu ile fenolik bileşiklerin geri kazanılmasında organik çözücünün seçimi esas önemli unsurdur. Bu yöntemde, organik çözücüler kullanılarak iki fazın oluşturulması; hedef maddelerin polaritelerine bağlı olarak fazlar arasında dağılması ve seçicilikle safsızlıklardan ayrılması sağlanır. Etil asetatın kullanılması ile zeytin karasuyundan %90'a varan fenolik madde geri kazanımı elde edilmesine rağmen (Khoufi vd., 2008) bu organik çözücünün gıda endüstrisi için uygun olmaması uygulanmasını sınırlandırmaktadır. Ekstraksiyondaki organik çözücü sarfiyatı gerek atıksu hacmi gerekse hedef fenolik maddenin atıksudaki miktarı ile ilişkilidir ve yüksek miktardaki çözücü ihtiyacında çözücünün geri kazanılması sürecin maliyetini etkileyecek bir faktördür. Ayrıca organik çözücülerin kullanılmasının azaltılması ile ilgili hedefler (Directive 2008/98/EC) çözücü geri kazanımının önemini arttırmaktadır.

Katı ekstraksiyonu ile değerli hammaddelerin gezi kazanımı ve elde edilen ürünün saflaştırılması, atık suların arıtılması için kullanılan basit, düşük maliyetli ve kolay bir şekilde yönetilebilen tekniklerden biridir. Yapılan araştırmalarda çeşitli sentetik reçinelerin yanı sıra silika (Yangui vd., 2016), kum (Achak vd., 2009), bitki (Ena vd., 2009), doğal zeolit (Padovani vd., 2013), endüstriyel ve tarımsal atıklar (Soto vd., 2011) katı ekstraksiyonu için kullanılmaktadır. Ancak, sentetik reçineler ticari olarak üretilebilmeleri, ön hazırlık gerektirmemeleri, hedef maddeler için seçici olmaları ve tekrar kullanıma uygun olmaları gibi birçok avantaja sahiptirler (Soto vd., 2011). Farklı özellikteki polimerik reçinelerin ardışık kullanılması (Zagklis vd., 2015) ile seçiciliğin artırılmasını hedefleyen çalışmalar zeytin karasuyu için yapılmıştır (Agalias vd., 2007; Frascari vd., 2016; Frascari vd., 2019). Ancak membran filtrasyonunda olduğu gibi bu yöntemde de tıkanma ve akış problemleri yaşanması atıksuya ön işlemlerin uygulanmasını gerektirmektedir.

Çözücü ekstraksiyon ile katı-faz ekstraksiyonun birleŖtirilmesi değerli hammaddelerin geri kazanımı için verimliliği arttıran sürdürülebilir bir yaklaŖım olabilir. Aynı zamanda hedef olmayan bileŖenlerin elde edilen üründen giderilmesi ile yüksek kalitede ve miktarda hammaddenin geri kazanılması sağlanabilir.

## **ZEYTİNYAğI ENDÜSTRİSİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ATIK YÖNETİMİ ÖNERİSİ**

Bu çalışmada Bandırma’da iki fazlı santrifüj sistemi ile zeytinyağı üretimi yapan bir tesisin atıksuyunun sürdürülebilir yönetimi için öneri geliştirilmiŖtir. Zeytin karasuyundan antioksidanların geri kazanımını hedefleyen ve Ŗekil 6’da Ŗematik olarak sunulan yönetim yaklaŖımında öncelikle atıksuyun hacmi bir mekanik buhar sıkıŖtırmalı (MBS) sistem ile azaltılmıŖ (TR, Patent no: 14938, 2016) ve böylelikle takip eden aŖamalardaki çözücü ve katı ekstraksiyonunda hedeflenen fenolik bileŖenlerin kütle transferinin artırılması mümkün olmuŖtur.

### ***Mekanik Buhar SıkıŖtırmalı Sistem***

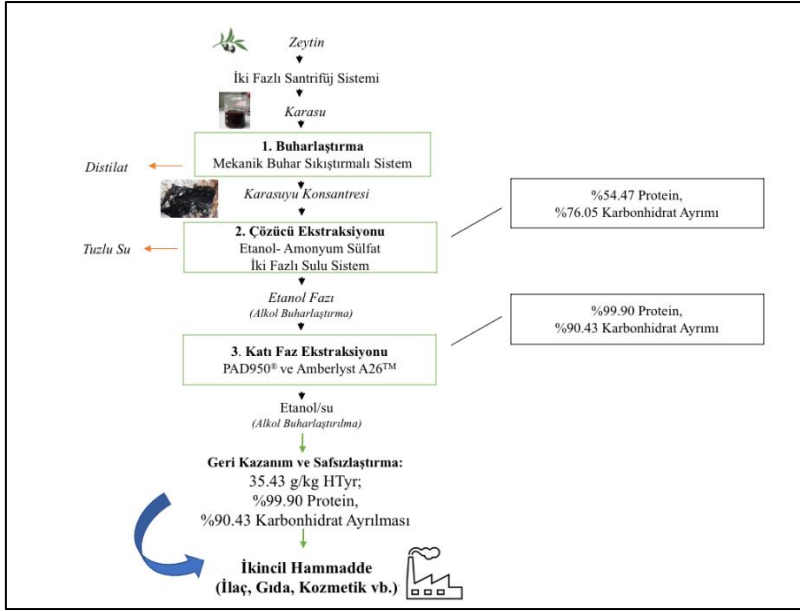
Üç aŖamalı sürecin ilk adımında karasuyun lagünlerdeki doğal buharlaŖtırılması yerine MBS sistemi ile hızlı buharlaŖtırma gerçeğleştirilerek atıksuyun kokusunun neden olduğu çevre kirliliği probleminin ortadan kaldırılması amaçlanmıŖtır. DıŖarıdan enerji verilmeden ve az yer ihtiyacı (5-10 m<sup>2</sup>) ile buharlaŖtırmanın sağlandığı bu sistemde uçucu organik bileŖiklerin zeytin karasuyundan distilasyonu ile antioksidanların saflaŖtırma süreci baŖlatılır.

Ekonomik MBS sistem ile karasuyun konsantre edilmesi, takip eden ekstraksiyondaki çözücü sarfiyatının da azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu aŖama neticede zeytin karasuyundan koyu renkli ve karakteristik kokulu %1,32 nem oranına sahip, kolay transfer edilebilen katı bir atık elde edilmiŖtir.

### ***Çözücü Ekstraksiyonu***

İkinci aŖamadaki çözücü ekstraksiyonunda HTyr ve Tyr gibi uzun alifatik kısımlara sahip polifenoller için yüksek çözünürlüğe sahip olması beklenen, polar bir çözücü olan etanol kullanılmıŖtır (Galanakis vd., 2013). Aslında geri kazanılacak antioksidanların gıda veya ilaç katkı maddesi olarak kullanılmasının hedeflenmesi güvenli bir çözücü olan etanolün kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.





Şekil 6. Sürdürülebilir atık yönetimi basamakları

Diğer yandan, polaritesi yüksek olan etanolün su ile her oranda karışma özelliğinin ekstraksiyonun seçiciliğini engelleyecek bir husus olması nedeniyle tuz ve etanolden oluşan iki fazlı sulu sistem ile çözücü ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu ekstraksiyon sisteminde kullanılması güvenli bir diğer madde olan amonyum sülfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) iki faz oluşmasını sağlamaktadır. Bu iki fazlı sistemde karasuyun buharlaşma kalıntısından esas olarak HTyr olmak üzere antioksidanlar etanol fazında konsantre edilirken hedef olmayan diğer karasu bileşenlerinin ise su fazında zenginleşmesi amaçlanmıştır. Çözücü ekstraksiyonundaki optimizasyon %29.18 etanol/%18.00 ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sisteminde geri kazanım verimi yüksek elde edilmiştir. Etanol fazındaki alkolün buharlaştırılması ile elde edilen ürün içerisindeki HTyr miktarı 35.5 mg/g, antioksidan aktivitesinin 32.3 mg AAE/g (Askorbik asit eşdeğer antioksidan kapasite) olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda elde edilen üründen %76 karbonhidrat ve %55 protein azaltılarak ürünün saflaştırılması sağlanmıştır. Burada elde edilen antioksidan madde geri kazanım oranı önceki çalışmamızda üç fazlı üretimden kaynaklanan atıksudan elde edilen verimden oldukça yüksek bulunmuştur (Çelik vd., 2020).

İki fazlı sulu ekstraksiyon sisteminde gerek toksik olmayan etanol ve tuz kullanılması gerekse her her iki maddenin de sistemden geri kazanılmasının mümkün olması atıktan katma değeri yüksek geri madde kazanımında döngüsel ekonomi aksiyon planlarına (European Commission A new Circular Economy Action Plan, 2020) uygun bir ayırma yaklaşımı oluşturur.

### ***Katı Ekstraksiyonu***

Çalışmanın son aşamasında çözücü ekstraksiyonu sonucu geri kazanılan üründeki değerli fenolik bileşiklerin hedef olmayan bileşenlerden ayrılma oranının artırılması hedeflenmiştir. Bu aşamada, farklı fiziksel ve kimyasal karakteristik özelliklere sahip birçok polimerik sentetik reçinenin (iyonik olmayan Amberlite ve PAD serisi ile iyonik Amberlyst A26) kullanılmıştır. Kullanılan reçinelerin geri kazanım verimi ve seçiciliği göz önüne alınarak değerlendirilmesi yapılmış ve neticede Amberlyst A26 ve PAD950 reçineleri çalışma için seçilmiştir. Reçine üzerinde zenginleştirilen hedef fenolik maddeler %70 oranında asitlendirilmiş etanol-su karışımı kullanılarak reçine üzerinden geri kazanılmıştır. Çözücü ve katı ekstraksiyonu işlemlerinin entegrasyonu ile zeytin karasuyunda bulunan proteinlerin neredeyse tümünü (%99) ve karbonhidratlar ise %85-90 oranında üründen ayırmak mümkün olmuştur. Böylelikle geri kazanılan ürün içerisindeki fenolik bileşikler saflaştırılarak çeşitli endüstriyel amaçlarla kullanılabilir hale getirilmiştir.

## **SONUÇ**

Bu araştırmada zeytinyağı atığından katma değeri yüksek fenolik maddelerin geri kazanımı sürdürülebilir bir yönetim yaklaşımıyla incelenmiştir. Yüksek değeri olan antioksidanların geri kazanımında, çözücü, tuz ve reçinelerin sürdürülebilirliği, geliştirilen geri kazanım süreçlerinde yeniden kullanımı ve zeytin sektörüne sağladığı ekonomik yararların önemi ortaya koyulmuştur. Diğer yandan iki fazlı zeytinyağı üretiminin oluşturulduğu yüksek nem içerikli pirinanın önemli ve ekonomik değeri yüksek olan antioksidanlar için bir kaynak olduğu göz ardı edilmemelidir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından (Proje numarası: 19Y00P3) desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Achak, M., Mandi, L. ve Ouazzani, N. (2009). Removal of organic pollutants and nutrients from olive mill wastewater by a sand filter. *Journal of Environmental Management*, 90, 2771–2779.
- Achmon, Y. ve Fishman, A. (2014). The antioxidant hydroxytyrosol: biotechnological production challenges and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1119–1130.
- Agalias, A., Magiatis, P., Skaltsounis, A.L., Mikros, E., Tsaibopoulos, A., Gikas, E., Spanos, I. ve Manios, T. (2007). A new process for the management of olive oil mill wastewater and recovery of natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2671–2676.
- Albuquerque, J. (2004). Agrochemical characterization of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*, 91, 195–200.
- Allouche, N., Fki, I. ve Sayadi, S. (2004). Toward a high yield recovery of antioxidants and purified hydroxytyrosol from olive mill wastewaters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 267–273.
- Auñon-Calles, D., Canut, L. ve Visioli, F. (2013). Toxicological evaluation of pure hydroxytyrosol. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 498–504.
- Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F. ve Ozer, A. (2004). A review of waste management options in olive oil production. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 34, 209–247.
- Bedouhene, S., Hurtado-Nedelec, M., Sennani, N., Marie, J. C., El-Benna, J. ve Moulti-Mati, F. (2014). Polyphenols extracted from olive mill wastewater exert a strong antioxidant effect in human neutrophils. *International Journal of Waste Resources*, 4, 161–166.
- Bertelli, M., Kiani, A. K., Paolacci, S., Manara, E., Kurti, D., Dhuli, K., Bushati, V., Miertus, J., Pangallo, D., Baglivo, M., Beccari, T. ve Michelini, S. (2020). Hydroxytyrosol: a natural compound with promising pharmacological activities. *Journal of Biotechnology*, 309, 29–33.
- Britton, J., Davis, R. ve O’Connor, K. E. (2019). Chemical, physical and biotechnological approaches to the production of the potent antioxidant hydroxytyrosol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 5957–5974.

Cassano, A., Conidi, C. ve Drioli, E. (2011). Comparison of the performance of UF membranes in olive mill wastewaters treatment. *Water Research*, 45, 3197–3204.

Cassano, A., Conidi, C., Giorno, L. ve Drioli, E. (2013). Fractionation of olive mill wastewaters by membrane separation techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 248–249, 185–193.

Christian, M.S., Sharper, V.A., Hoberman, A.M., Seng, J.E., Fu, L., Covell, D., Diener, R.M., Bitler, C.M. ve Crea, R. (2004). The toxicity profile of hydrolyzed aqueous olive pulp extract. *Drug and Chemical Toxicology*, 27, 309–330.

Çelik, G., Saygın, Ö., ve Balcıoğlu Akmehmet, I. (2020). Multistage recovery process of phenolic antioxidants with a focus on hydroxytyrosol from olive mill wastewater concentrates. *Separation and Purification Technology*, doi: 10.1016/j.seppur.2020.117757.

Davies, L.C., Vilhena, A.M., Novais, J.M. ve Martins-Dias, S. (2004). Olive mill wastewater characteristics: modelling and statistical analysis. *Journal Grasa y Aceites*, 55, 233–241.

De Pablos, R. M., Espinosa-Oliva, A. M., Hornedo-Ortega, R., Cano, M. ve Arguelles, S. (2019). Hydroxytyrosol protects from aging process via ampk and autophagy; a review of its effects on cancer, metabolic syndrome, osteoporosis, immune-mediated and neurodegenerative diseases. *Pharmacological Research*, 143, 58-72.

Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives (2008). Official Journal of the European Union, L 312/3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098> adresinden alınmıŖtır.

Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste PE/11/2018/REV/2 (2018). Official Journal of the European Union, L 150/109. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L0851> adresinden alınmıŖtır.

Doula, M. K., Moreno-Ortego, J. L., Tinivella, F., Inglezakis, V. J., Sarris, A. ve Komnitsas, K. (2017). Olive mill waste: recent advances for the sustainable development of olive oil industry. In C.M. Galanakis (Ed.), *Olive Mill Waste* (s. 29–56). Academic Press.

El-Abbassi, A., Kiai, H., ve Hafidi, A. (2012). Phenolic profile and antioxidant activities of olive mill wastewater. *Food Chemistry*, 132(1), 406–412.

El-Mekawy, A., Diels, L., Bertin, L., De Wever, H. ve Pant, D. (2013). Potential biovalorization techniques for olive mill biorefinery wastewater. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 8, 283–293.

Ena, A., Pintucci, C., Faraloni, C. ve Torzillo, G. (2009). An eco-compatible process for the depuration of wastewater from olive mill industry. *Water Science and Technology*, 60, 1055–1063.

European Commission (EC)- A new Circular Economy Action Plan (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe 2020*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN> adresinden alınmıştır.

European Commission (EC)-Horizon Europe Strategic Plan 2021-2024 (2021)

<https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/3c6ffd74-8ac3-11eb-b85c-01aa75ed71a1> adresinden alınmıştır.

Fascari, D., Bacca, A.E.M., Zama, F., Bertin, L., Fava, F. ve Pinelli, D. (2016). Olive mill wastewater valorisation through phenolic compounds adsorption in a continuous flow column. *Chemical Engineering Journal*, 283, 293–303.

Fascari, D., Molina Bacca, A. E., Wardenaar, T., Oertlé, E. ve Pinelli, D. (2019). Continuous flow adsorption of phenolic compounds from olive mill wastewater with resin XAD16N: life cycle assessment, cost-benefit analysis and process optimization. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 94, 1968-1981.

Galanakis, C.M., Goulas, V., Tsakona, S., Manganaris, G.A. ve Gekas, V. (2013). A knowledge base for the recovery of natural phenols with different solvents. *International Journal of Food Properties*, 16, 382-396.

Garcia-Castello, E., Cassano, A., Criscuoli, A., Conidi, C. ve Drioli, E. (2010). Recovery and concentration of polyphenols from olive mill wastewaters by integrated membrane system. *Water Research*, 44, 3883–3892.

Hayashi, T. ve Iguchi, A. (2010). Possibility of the regression of atherosclerosis through the prevention of endothelial senescence by the regulation of nitric oxide and free radical scavengers. *Geriatrics and Gerontology International*, 10, 115–130.

Hu, T., He, X.W., Jiang, J.G. ve Xu, X.L. (2014). Hydroxytyrosol and its potential therapeutic effects. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 62, 1449–1455.

International Olive Oil Council, (2020) Economic Affairs and Promotion Unit, World Olive Oil Production Figures. <https://www.internationaloliveoil.org/what-we-do/economic-affairs-promotion-unit/#figures> adresinden alınmıştır.

Khdair, A.I., Abu-Rumman, G. ve Khdair, S.I. (2019). Pollution estimation from olive mills wastewater in Jordan. *Heliyon*, 5, e02386.

Khdair, A. ve Abu-Rumman, G. (2020). Sustainable environmental management and valorization options for olive mill byproducts in the Middle East and North Africa (MENA) Region. *Processes*, 8, 1-22.

Khoufi, S., Aloui, F. ve Sayadi, S. (2008). Extraction of antioxidants from olive mill wastewater and electro-coagulation of exhausted fraction to reduce its toxicity on anaerobic digestion. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 531-539.

Khoufi, S., Louhichi, A. ve Sayadi, S. (2015). Optimization of anaerobic co-digestion of olive mill wastewater and liquid poultry manure in batch condition and semi-continuous jet-loop reactor. *Bioresource Technology*, 182, 67–74.

Lee, Z. S., Chin, S. Y., Lim, J. W., Witoon, T. ve Cheng, C. K. (2019). Treatment technologies of palm oil mill effluent (POME) and olive mill wastewater (OMW): A brief review. *Environmental Technology and Innovation*, 15, 1-19.

Lombardo, L., Grasso, F., Lanciano, F., Loria, S. ve Monetti, E. (2018). Broad-Spectrum Health Protection of Extra Virgin Olive Oil Compounds. *Studies in Natural Products Chemistry*, 57, 41–77.

Mekki, A., Dhouib A., Aloui F. ve Sayadi S. (2006) Olive wastewater as an ecological fertiliser. *Agronomy for Sustainable Development*, 26, 61-67.

Marković, A.K., Torić, J., Barbarić, M. ve Brala, C.J. (2019). Hydroxytyrosol, tyrosol and derivatives and their potential effects on human health, *Molecules*, 24(10), 2001.

Monteiro, M., Silva, A.F.R., Resende, D., Braga, S.S., Coimbra, M.A., Silva, A.M.S. ve Cardoso, S.M. (2021). Strategies to broaden the applications of olive biophenols oleuropein and hydroxytyrosol in food products. *Antioxidants*, 10, 444.

Nayak, A. ve Bhushan, B., (2019). An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. *Journal of Environmental Management*, 233, 352–370.

Ntougias, S., Gaitis, F., Katsaris, P., Skoulika, S., Iliopoulos, N. ve Zervakis, G. I. (2013). The effects of olives harvest period and production year on olive mill wastewater properties – Evaluation of *Pleurotus* strains as bioindicators of the effluent's toxicity. *Chemosphere*, 92, 399–405.

Ochando-Pulido, J.M., Fragoso, R., Macedo, A., Duarte, E. ve Ferez, A. M. (2016). A brief review on recent processes for the treatment of olive mill effluents. In Boskou D., Clodoveo M.L. (Eds), *Products from Olive Tree*, (s. 283–300), InTech, Rijeka, Croatia.

Ochando-Pulido, J.M., Vellido-Pérez, J.A., González-Hernández, R. ve Martínez-Férez, A. (2020). Optimization and modeling of two-phase olive-oil washing wastewater integral treatment and phenolic compounds recovery by novel weak base ion exchange resins. *Separation and Purification Technology*, 249, 117084, doi: 10.1016/j.seppur.2020.117084.

Olajide, T. M., Liu, T., Liu, H. ve Weng, X. (2020). Antioxidant properties of two novel lipophilic derivatives of hydroxytyrosol. *Food Chemistry*, 315, 126197, doi: /10.1016/j.foodchem.2020.126197.

Padovani, G., Pintucci, C. ve Carlozzi, P. (2013). Dephenolization of stored olive-mill wastewater, using four different adsorbing matrices to attain a low-cost feedstock for hydrogen photo-production. *Bioresource Technology*, 138, 172–179.

Paraskeva, P. ve Diamadopoulou, E. (2006). Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: A review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81, 1475–1485.

Pastor, A., Rodríguez-Morató, J., Olesti, E., Pujadas, M., Pérez-Mañá, C., Khymenets, O., Fitó, M., Covas, M-I., Solá, R., Motilva, M-J., Farré, M. ve Torre, R. (2016). Analysis of free hydroxytyrosol in human plasma following the administration of olive oil. *Journal of Chromatography A*, 1437, 183–190.

Pinelli, D., Molina Bacca, A. E., Kaushik, A., Basu, S., Nocentini, M., Bertin, L. ve Frascari, D. (2016). Batch and continuous flow adsorption of phenolic compounds from olive mill wastewater: A comparison between nonionic and

ion exchange resins. *International Journal of Chemical Engineering*, 2016, 1–13.

Rahmanian, N., Jafari, S.M. ve Galanakis, C.M. (2014). Recovery and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 91, 1–18.

Raw Materials Initiative (2008). *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council - The raw materials initiative: meeting our critical needs for growth and jobs in Europe {SEC(2008) 2741} /\* COM/2008/0699 final \*/* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52008DC0699> adresinden alınmıŖtır.

Robles-Almazan, M., Pulido-Moran, M., Moreno-Fernandez, J., Ramirez-Tortosa, C., Rodriguez-Garcia, C., Quiles, J.L. ve Ramirez-Tortosa, M. (2018). Hydroxytyrosol: Bioavailability, toxicity, and clinical applications. *Food Research International.*, 105, 654–667.

Roig, A., Cayuela, M.L. ve Sánchez-Monedero, M.A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorization methods. *Waste Management*, 26, 960–969.

Russo, C. (2007). A new membrane process for the selective fractionation and total recovery of polyphenols, water and organic substances from vegetation waters (VW). *Journal of Membrane Science*, 288, 239–246.

Saadi, I., Laor, Y., Raviv, M. ve Medina, S. (2007). Land spreading of olive mill wastewater: Effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. *Chemosphere*, 66, 75–83.

Scoma, A., Bertin, L., Zanaroli, G., Fraraccio, S. ve Fava, F. (2011). A physicochemical–biotechnological approach for an integrated valorization of olive mill wastewater. *Bioresource Technology*, 102, 10273–10279.

Souilem, S., El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Sayadi, S. ve Galanakis, C.M. (2017). Olive oil production sector: environmental effects and sustainability challenges. In Galanakis, C.M. (Ed.), *Olive Mill Waste*, (s. 1–28), Academic Press.

Soto, M. L., Moure, A., Domínguez, H. ve Parajó, J.C. (2011). Recovery, concentration, and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. *Journal of Food Engineering*, 105, 1–27.

Takaç, S. ve Karakaya, A. (2009). Recovery of phenolic antioxidants from olive mill wastewater. *Recent Patents on Chemical Engineering*, 2, 230–237.



Tarım ve Orman Bakanlığı- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) (2021). *Tarım Ürünleri Piyasaları Ocak Raporu, Zeytinyağı*. Ankara, Türkiye.

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasaları> adresinden alınmıştır.

Tsagaraki E., Lazarides H.N. ve Petrotos K.B. (2007). Olive Mill Wastewater Treatment. In Oreopoulou V., Russ W. (eds), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, Boston, MA.

Tuck, K. L. ve Hayball, P. J. (2002). Major phenolic compounds in olive oil: Metabolism and health effects. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(11), 636–644.

TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi (MAM) (2015). Zeytin Sektörü Atıklarının Yönetimi Projesi Nihai Rapor, Türkiye. [https://zeytinay.csb.gov.tr/\\_](https://zeytinay.csb.gov.tr/_) adresinden alınmıştır.

Yan, Z., Zhong, Y., Duan, Y., Chen, Q. ve Li, F. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition*, 6, 115-123.

Yanguı, A., Abderrabba, M. ve Sayari, A. (2016). Amine-modified mesoporous silica for quantitative adsorption and release of hydroxytyrosol and other phenolic compounds from olive mill wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 70, 111–118.

Zagklis, D. P., Papageorgiou., C.S. ve Paraskeva, C.A. (2021). Technoeconomic Analysis of the Recovery of Phenols from Olive Mill Wastewater through Membrane Filtration and Resin Adsorption/Desorption. *Sustainability*, 13, 2376. Doi: 10.3390/su13042376.

Zagklis, D. P., Vavouraki, A. I., Kornaros, M. E. ve Paraskeva, C. A. (2015). Purification of olive mill wastewater phenols through membrane filtration and resin adsorption/desorption. *Journal of Hazardous Materials*, 285, 69–76.

Ziosi, P., Paolucci, C., Santarelli, F., Tabanelli, T., Passeri, S., Cavani, F. ve Righi, P. (2018). A two-step process for the synthesis of hydroxytyrosol. *ChemSusChem*, 11, 2202–2210.

Zurob, E., Cabezas, R., Villarroel, E., Rosas, N., Merlet, G., Quijada-Maldonado, E., Romero, J. ve Plaza, A. (2020). Design of natural deep eutectic solvents for the ultrasound-assisted extraction of hydroxytyrosol from olive leaves supported by COSMO-RS. *Separation and Purification Technology*, 248, 117054. Doi: [10.1016/j.seppur.2020.117054](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117054).

# **İşletmelerin Kriz Yönetimi ve Stratejileri: Sağlık İşletmelerinde Bir Uygulama**

**Haşim Çapar**

*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-7056-7879)*

**Mesut Ulu**

*Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye  
(0000-0002-5591-8674)*

**Hilal Çelik**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0003-2227-5462)*

## GİRİŞ

Bir çok araştırmacı krizle ilgili tanımlamalar yapmıştır. Ataman (2002) krizi; “Örgütün ana amaçlarını tehdit eden; örgütün tamamının varlığına tehlike oluşturan, kaynağının belirsiz olması ve kısıtlı zaman gibi sebeplerle örgüt üyelerine gerilim yaratan durum” olarak tanımlamıştır. Ekonomik anlamda krizler; herhangi bir mal, hizmet, faktör ya da döviz piyasasındaki fiyat ve miktarlarda alışılmış bir değişim, olağan üstü dalgalanmalar diye değerlendirilmektedir (Büyüksalvarcı, 2011; Özarslan ve Diker, 2020).

Kriz; organizasyonların ödeme yapabilme gücü ve performanslarını etkileyen, beklenmedik ve acil olaylar olarak tanımlanabilmektedir (Jimenez, 2001).

Krizin Temel Özellikleri;

- Kriz, ani bir değişikliği ve önceden sezilmeyen durumu ifade etmektedir.
- Yöneticiler standart karar mekanizmaları ile krize gereken cevabı veremezler.
- Kriz, örgütün standart olan karar mekanizmalarıyla aşamayacağından, acil müdahale gerekmesi ve bunun da karar alacaklarda gerilimin artmasına yol açmasıdır (Can, 1994; Deniz ve Sağlam, 2007).

### **Krizin Ortaya Çıkmasına Sebep Olan Faktörler**

Krize sebep olan pekçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörleri dış çevre faktörleri ile iç çevre faktörleri şeklinde iki başlıkta görmekteyiz. Bu faktörler aşağıda belirtilmiştir (Murat ve Mısırlı, 2005).

Krize sebep olan dış çevre faktörleri;

- Sosyo-kültürel çevre değişimleri,
- Politik ve hukuki çevre değişimleri,
- Teknolojik çevre değişimleri,
- Tabii felaketler ve rakabet koşulu değişimleri

şeklinde sıralanabilmektedir.

Krize sebep olan iç çevre faktörlerini ise;

- İşletmenin büyüklüğü,
- İşletmenin içinde bulunduğu hayat safhası,
- İş özellikleri,
- Koordinasyon,
- Yetersiz iletişim ve kontrol,
- Katı bir organizasyon yani örgüt yapısı,
- Örgüt merkezileşme derecesinin durumu,
- Yönetimin yetersiz olması oluşturmaktadır.

## **KRİZ YÖNETİMİ**

Kriz yönetimi, muhtemel bir krizin oluşmasının engellenmesi; mevcut olan krizin kaldırılmasına veya etkilerinin en az olacak şekilde indirilmesine yönelik yapılan faaliyetler bütünüdür (Aydemir ve Demirci, 2005). Kriz yönetimindeki temel amaç, organizasyonu yani örgütü kriz durumuna hazırlamaya çalışmaktır. Krizin ortaya çıkma sinyallerinin alınması, bu sinyallerin neticesinde örgütte kriz oluşmaması için korunmaya alınması, krizin kontrol altına alınması, gereken önlemlerin alınıp, alınan önlemlerin de yardım etmesi ile örgütün normal durumuna dönüş planlarının yapılabilmesi ve yaşanan kriz sürecinin değerlendirilerek bundan dersler çıkarılması ya da bu durumdan yararlanma şeklindeki süreçleri takip eder (Şimşek, 2002).

### ***Kriz Süreci ve Aşamaları***

Araştırmacılar kriz yönetimini birkaç aşama olarak incelemiştir.

Krizin ortaya çıkma süreci ve önceden bunu önleme engelleme çalışmaları, planlama, kriz başlangıcı ve kriz dönemi olmak üzere dört aşama olarak belirlemiştir (Örnek ve Aydın, 2006). Kriz Sürecinde “kriz öncesi dönem (körlük aşaması, eylemsizlik aşaması ve yanlış eylem aşaması)”, “kriz dönemi”, “kriz sonrası dönem (sona erme aşaması)” olarak üç aşamadan bahsedebiliriz.

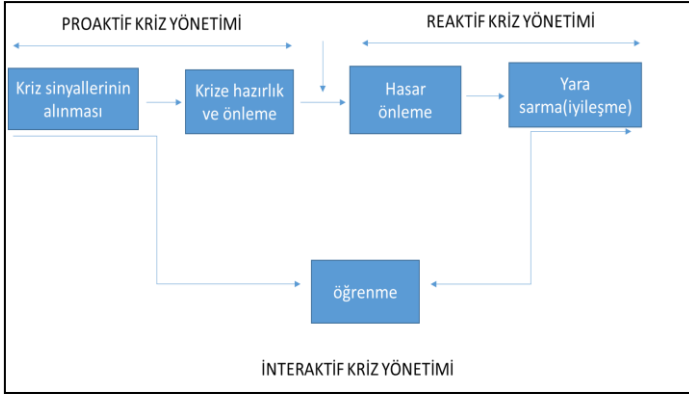
Kriz döneminde önemli olan krizin nasıl aşılabacağını iyi belirlenmesidir. Durumun değerlendirilmesinin iyi yapılması gerekmektedir. Kriz yönetimi ile, ani ve beklenmedik durumda ortaya çıkan olayları kontrol etmek ve krizin olumsuz etkilerini olumluya dönüştürmede stratejik planlama kavramlarına gerek duyulur

(Thompson ve Louie, 2006). Kriz durumu, farklı unsurlardan oluşmakta ve kendine has özellikler taşımaktadır.

Organizasyonlar, yoğun rekabetin olduğu ortamlarda farklı teknikler ve yöntemler kullanarak krizden kurtulmaya, atlatmaya çalışmaktadırlar (Akat, 2000). Kriz sinyalleri alınmaya başlandığında, hazırlıklar yapıp gerekli tedbirler alınabilmektedir. İşlevsel bir krizi farkedene erken uyarı sisteminin oluşturulması gerekmektedir (Sabuncuoğlu, 1994). Kriz dönemlerinde, girdi maliyetlerinin artması, talep azalması nedeniyle rekabet koşulları zorlaşmaktadır. İşletmelerde gerçekleşme olasılığı olan veya başlayan bir krizin sürecinin iyi analiz edilmesi, krizin ortaya çıkmasına sebep olan sorunların çözülebilmesi ve kriz sürecini iyi şekilde en az zararla ve kayıpla atlatabilmeyle ilgili çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Krizin sinyallerinin alınması ve hazırlık yapılması, kriz sürecinin kontrol altına alınması, zararın kontrol edilerek normal duruma dönülmesi ile ilgili planlarının oluşturulması, iyileştirme, yaşanan kriz sürecinin değerlendirilerek ders çıkarılması gerekmektedir (Karaköse, 2007).

Çoğu araştırmacının açıkladığı kriz ortamında aşağıdakilerden bahsedilmektedir. Asıl sorunun analiz edilmemesi ve çözüm oluşturulmamasından işletme “kriz aşaması” adı verilen aşamaya gelir ve örgütün iklimi bozulur. Bu süreçte işletme yöneticileri “günü kurtarmaya çalışma” politikasını izlerler ve yeni planlar yapamayarak o anki zorluğu atlarmaya konsantre olurlar. Kriz oluşum sürecini ve kriz yönetiminde proaktif yaklaşımların da değerlendirildiği çalışma olarak Tağraf ve Aslan’ın (2003) yaptığı çalışmadan bahsedebiliriz.



Şekil 1. Kriz yönetim süreci  
Kaynak: Tağraf ve Aslan, 2003.

### **Krizi Önlemeye Yönelik Öneriler**

Kriz durumuna hazırlıklı olmak için işletmenin iç çevre faktörlerini ve dış çevresini uzun süre dikkatle izleyerek aldığı sinyalleri dikkatli olarak analiz etmesi ve değerlendirmesi gereklidir. Örgüt, yapılan analizlerin sonucunda bir takım tahminler yürütüp hazırlıklar geliştirebilir. Örneğin, mamülün eskimesi (ürünün hayat eğrisinde sona yaklaşması) gibi bir durumla karşılaşan işletme kriz ile burun buruna gelebilir. Pazarın sürekli takip edilmesi izlenmesi ile bu durum anlaşılabilir. İşletmenin içindeki ve dışındaki faktörler bu şekilde izlenerek işletmenin olumsuzluklara karşı hazır olması sağlanabilir (Tağraf ve Arslan, 2003).

### **SAĞLIK KURUMLARININ KRİZ YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ**

Bu araştırma İstanbul ili Avrupa yakasında faaliyet gösteren özel sağlık kuruluşları ve hastahanelerde 2018 yılında kriz yönetimini belirlemek için yapılmıştır. Çalışmanın amacı özel sağlık kuruluşlarının kriz yönetimi konusunda durumunu belirlemek ve kriz öncesi, anı ve sonrası için uyguladığı stratejileri belirlemektedir. Araştırma kapsamında 25 özel sağlık kuruluşunda kriz faaliyetlerinde bulunan 100 kişiye anket formu iletilmiştir. Bu kapsam çalışmaya 15 sağlık kuruluşundan 45 kişi eksiksiz katılarak değerlendirmeye alınmıştır.

Araştırma nicel araştırma türlerinden tanımlayıcı kesitsel olan bir çalışma olup verilerin analizinde SPSS 23 Paket Programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı verilerin analizi için frekans ve yüzdelikler incelenmiş olup verilerin gösterimi için Excel grafikleri kullanılmıştır.

Çalışmaya katılan ve analize değer bulunan 45 katılımcının cinsiyeti, yaşı ve eğitim durumu gibi profil bilgileri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’e bakıldığında erkek katılımcıların (% 62,2), kadın katılımcılardan (% 37,8) biraz fazla olduğu görülmektedir.

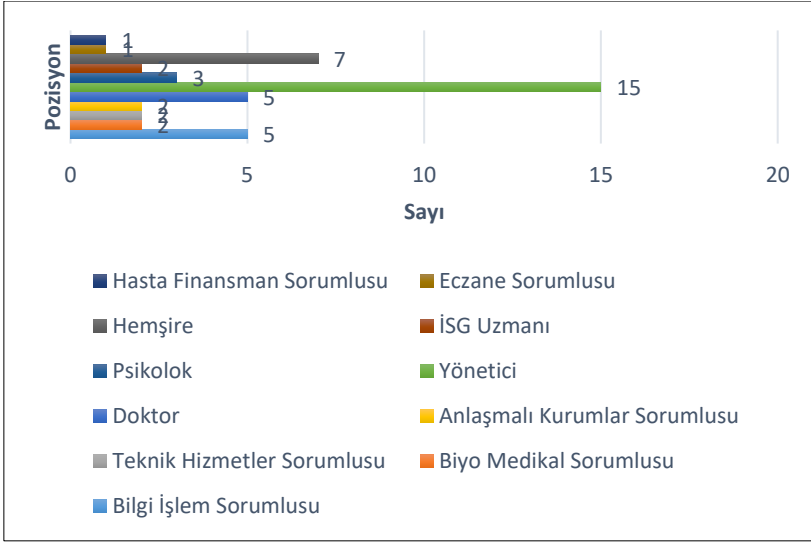
Ankete katılanların yaş dağılımına bakıldığında katılımcıların % 71,1’inin 40 yaş ve altı olduğu buna karşın katılımcıların sadece % 28,9’unun 41 yaş ve üstü olduğu görülmektedir.

Eğitim durumuna bakıldığında katılımcıların % 33,3’ünün yüksek lisans ve doktora, % 66,7’sinin ise ön lisans ve lisans mezunu olduğu görülmektedir.

*Tablo 1. Katılımcılara ait demografik bilgiler*

<b>Demografik Bilgiler</b>	<b>Katılımcı Sayısı</b>	<b>Örnekleme Yüzdesi</b>
Erkek	28	%62,2
Kadın	17	%37,8
30 yaş ve altı	13	%28,9
31–40 yaş arası	19	%42,2
41–50 yaş arası	7	%15,6
50 yaş ve üstü	6	%13,3
Ön lisans	12	%26,7
Lisans	18	%40,0
Yüksek Lisans	9	%20,0
Doktora	6	%13,3

Şekil 2’de bu çalışmaya katılanların çalıştıkları iş yerlerindeki mevcut pozisyonları verilmeye çalışılmıştır. Şekil 2’ye göre çalışmaya katılanların mevcut pozisyonları dikkate alındığında katılımcıların (15 kişi) %33,3’lük bir oran ile en çok yönetici pozisyonunda yer aldıkları, sırasıyla (7 kişi) %15,5’lik bir oran ile hemşire pozisyonunda yer aldıkları, (5 kişi) %11,1’lik bir oran ile doktor pozisyonunda yer aldıkları, ve geri kalan katılımcıların (18 kişi) %41,1 ise farklı pozisyonlarda yer aldığı görülmektedir.



Ŗekil 2. Katılımcıların alıŖtıkları kurumdaki mevcut pozisyonları

Katılımcıların sektör ve iŖletmedeki çalıŖma sürelerine göre dağılımı Tablo 2’de verilmiŖtir.

Tablo 2. Katılımcıların sektör ve iŖletmedeki çalıŖma süreleri

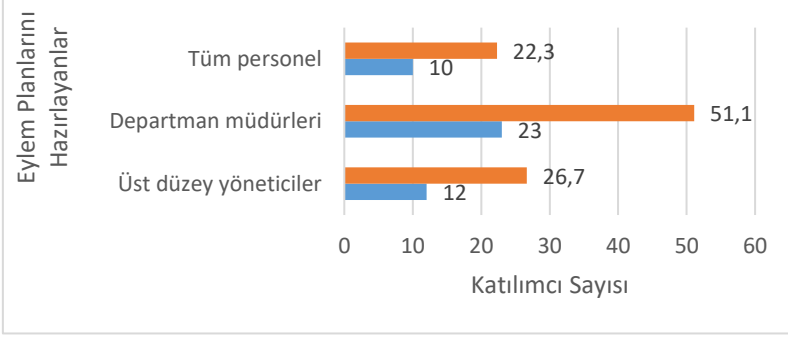
İŖletmedeki alıŖma süresi	Katılımcı Sayısı	Yüzde (%)
1-3 yıl arası	13	28,9
3-6 yıl arası	10	22,2
6-9 yıl arası	8	17,8
10 yıldan daha fazla	14	31,1
<b>Sağlık sektörü çalıŖma süresi</b>		
5 yıldan az	12	26,7
5-10 yıl arası	8	17,8
10-15 yıl arası	12	26,7
15 yıldan daha fazla	13	28,9

Tablo 2’ye bakıldığında, katılımcıların % 71,1’inin mevcut kurumundaki çalıŖma süresinin 3 yıl ve daha fazla olduğu, %28,9’unun ise 3 yıldan daha az olduğu görölr. Ayrıca katılımcıların % 26,7’sinin sağlık sektöründeki toplam çalıŖma süresinin 5 yıldan daha az olduğu, % 73,3’ünün ise 5 yıldan daha fazla olduğu görölr.



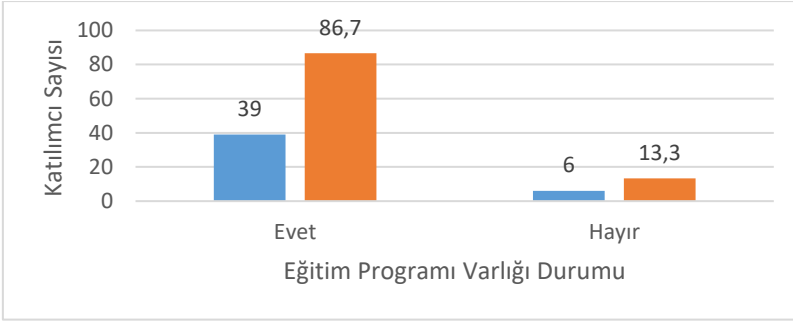
### Kriz Öncesi Yönetim ve Stratejileri

Sağlık kuruluşlarının kriz öncesi yaptığı çalışmalar aşağıda verimiştir.



Şekil 3. Kriz eylem planı hazırlayanlar

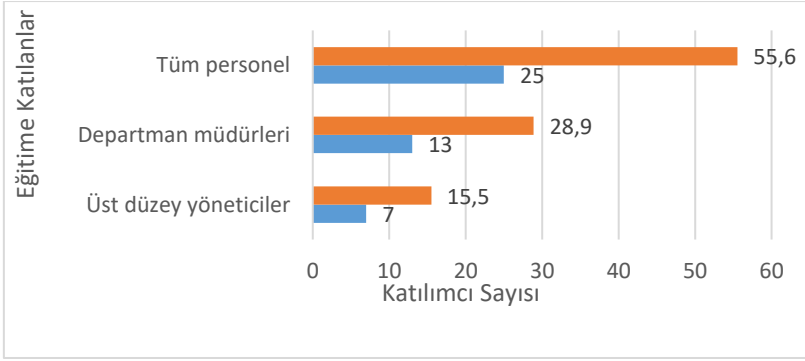
Şekil 3'e bakıldığında, kriz eylem planlarının hazırlanmasında rol alanların en çok departman müdürleri olduğu, en az ise tüm personelin birlikte çalıştığı durum olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Krize yönelik eğitim programının varlığı

Şekil 4'e göre, katılımcıların tamamına yakını (%86,7) krize yönelik eğitimin verildiğini ifade etmiştir.

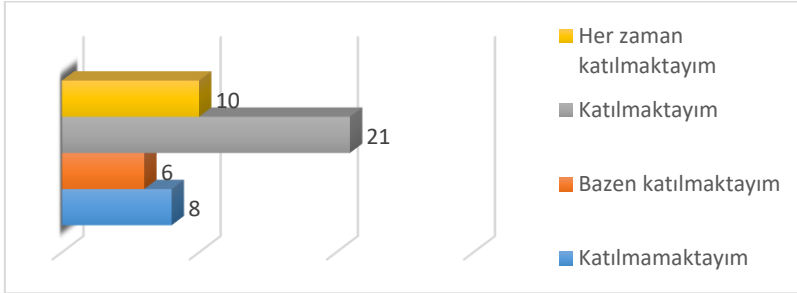
Personelin krize yönelik eğitimlere katılma durumu Şekil 5'te gösterilmektedir.



Ŗekil 5. Krize yönelik eğitilere katılma durumu

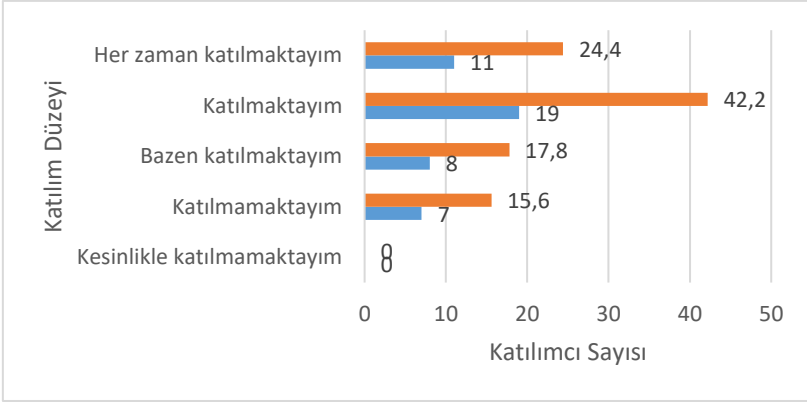
Ŗekil 5'e göre krize yönelik verilen eğitim programlarına en çok katılımın, tüm personel birlikte olduğu (%55,6), ikinci sırada en çok katılımı ise departman müdürlerinin oluşturduğu (%28,9), en az ise üst düzey yöneticileri olduğu (%15,5) tespit edilmiŖtir.

Ŗekil 6, kriz eylem planı gerekliliklerinin yerine getirilmesi düzeylerini açıklamaktadır.



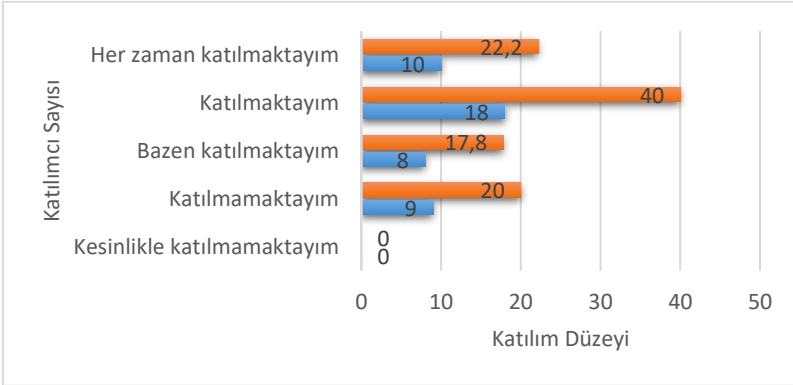
Ŗekil 6. Kriz eylem planı gerekliliklerinin yerine getirilmesi düzeyi

Kriz eylem planlarının yerine getirilmesi açısından katılımcıların katılım düzeylerine bakıldığında, katılımcıların tamamına yakınının (31 kiŖi), kriz eylem planlarının yerine getirilmesi sorgusuna katılmaktayım veya her zaman katılmaktayım dedikleri tespit edilmiŖtir.



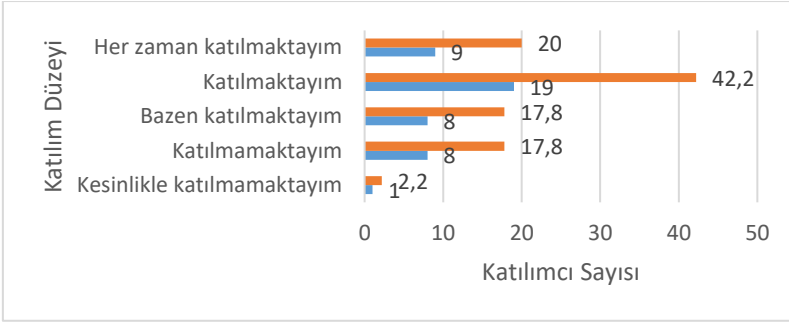
Şekil 7. Kriz yönetimi ekibinin etkinlik düzeyi

Kriz yönetimi ekibinin etkin çalışması ile ilgili katılımcılara sorulan soruya göre verilen yanıtlar Şekil 7’de gösterilmektedir. Bu verilere göre, katılımcıların % 66,6’sı, kriz yönetimi ekibinin her zaman etkin çalıştığını ifade etmiştir.



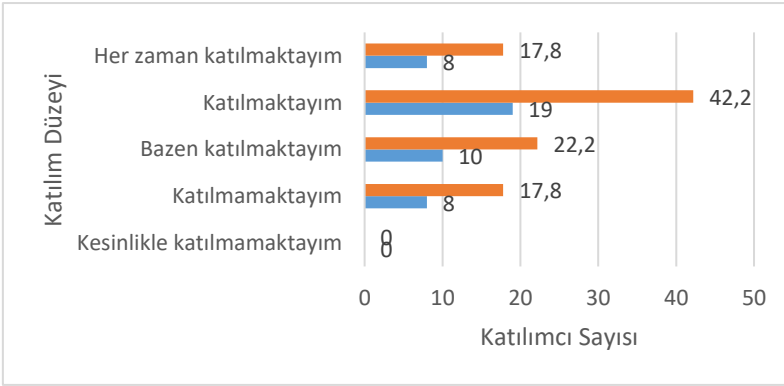
Şekil 8. Kriz hazırlık ekibinin verimlilik düzeyi

Kriz hazırlık ekibinin verimli çalışması ile ilgili katılımcılara sorulan soruya göre verilen yanıtlar Şekil 8’de gösterilmektedir. Bu verilere göre, katılımcıların %62,2’si, kriz hazırlık ekibinin her zaman verimli çalıştığını ifade etmiş, öte yandan katılımcıların %37,8’i ise kriz hazırlık ekibinin her zaman verimli çalışmadığını ifade etmiştir.



Ŗekil 9. Kriz öncesi strateji ve taktik geliŖtirmeye dayalı faaliyet uygulama düzeyi

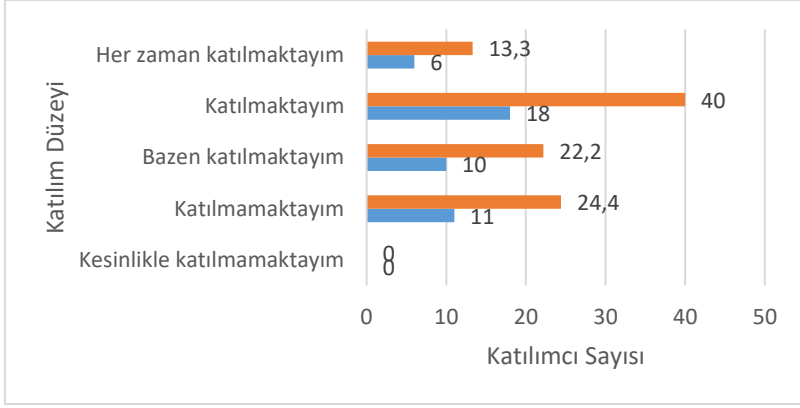
Kriz öncesi strateji ve taktik geliŖtirmeye dayalı faaliyet uygulamalarının yapılıp yapılmaması ile ilgili olarak katılımcılara sorulan soruya göre verilen yanıtlar Ŗekil 9'da gösterilmektedir. Bu verilere göre, katılımcıların %62,2'si, kriz öncesi strateji ve taktik geliŖtirmeye dayalı faaliyet uygulamalarının her zaman yapıldığını, öte yandan katılımcıların %37,8'i ise kriz öncesi strateji ve taktik geliŖtirmeye dayalı faaliyet uygulamalarının her zaman yapılmadığını ifade etmiştir.



Ŗekil 10. Kriz öncesi acil bilgi merkezinin faaliyetlerde bulunma düzeyi

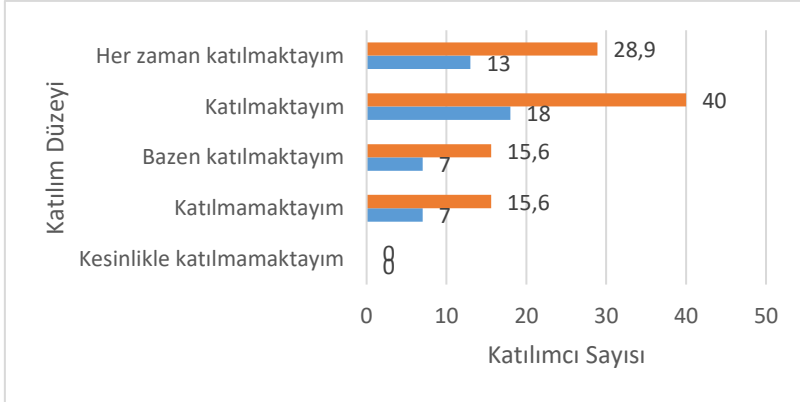
Kriz öncesi acil bilgi merkezinin faaliyetlerde bulunma durumunu öğrenmek için katılımcılara yöneltilen soruya ilişkin verilen cevaplar Ŗekil 10'da gösterilmektedir. Bu verilere göre katılımcıların

%82,2'sinin kriz öncesi acil bilgi merkezinin faaliyetlerde bulunduğunu göstermektedir.



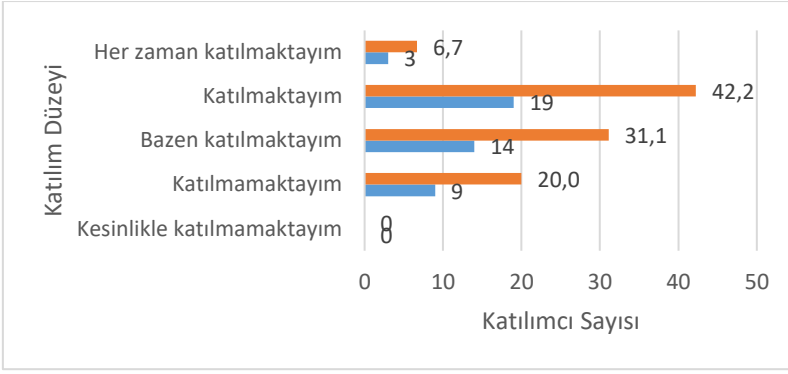
Şekil 11. Krize karşı erken uyarı sistemi uygulamaları düzeyi

Krize karşı erken uyarı sistemi uygulamaları bulunuyor mu? sorusuna katılımcıların yaklaşık olarak yarısının uygulandığını, yarısının ise uygulanmadığını ifade ettiği tespit edilmiştir.



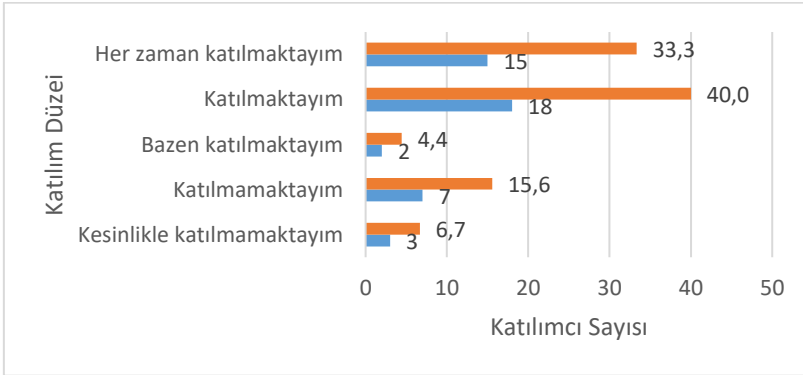
Şekil 12. Kriz öncesi çalışanlara kriz ile ilgili temel bilgilerin verildiği eğitimlerin düzenlenme durumu

Şekil 12 dikkate alındığında, katılımcıların yaklaşık olarak dörtte üçünün (%75,5) kriz öncesi çalışanlara kriz ile ilgili temel bilgilerin verildiği eğitimin düzenlendiğine katıldıklarını ifade etmişlerdir.



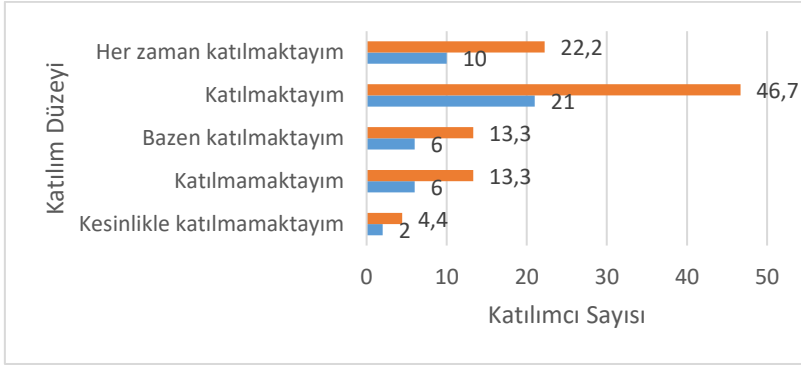
Şekil 13. Çalışanlara kriz öncesi psikolojik olarak uyarılarda bulunulma durumu

Şekil 13 dikkate alındığında, katılımcıların yaklaşık olarak tamamının (%80,0) çalışanlara kriz öncesi psikolojik olarak uyarılarda bulunulduğunu ifade etmişlerdir.



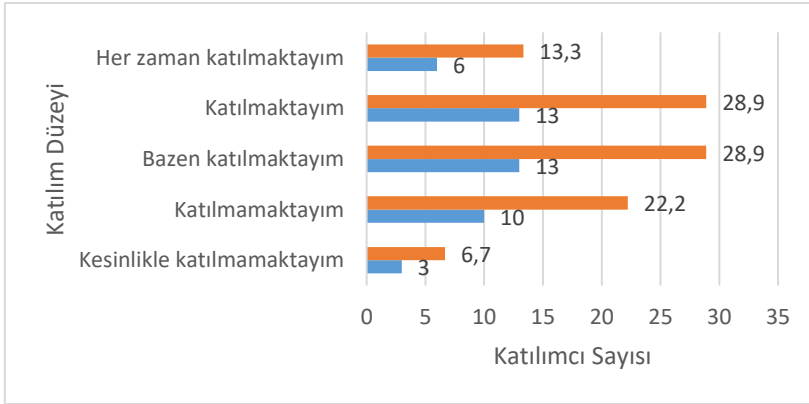
Şekil 14. Çalışanlara kriz öncesi iş sağlığı ve güvenliği için gerekli uyarılar yapılma düzeyi

Şekil 14'e bakıldığında, katılımcıların yaklaşık olarak dörtte üçünün çalışanlara kriz öncesi iş sağlığı ve güvenliği alanında gerekli uyarıların yapıldığını ancak geriye kalan dörtte birinin ise yapılmadığını ifade ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 15. Çalışanlara kriz öncesi risk analizi ve yönetimi ile ilgili bilgilendirme düzeyi

Çalışanlara kriz öncesi risk analizi ve yönetimi ile ilgili bilgilendirme yapılıyor mu? Sorusuna verilen cevaplar dikkate alındığında, katılımcıların %4,4'ünün kesinlikle katılmadığını, %13,3'ünün katılmadığını, %46,7'sinin katıldığını, %22,2'sinin ise her zaman katıldığını ifade ettiği görülmektedir.

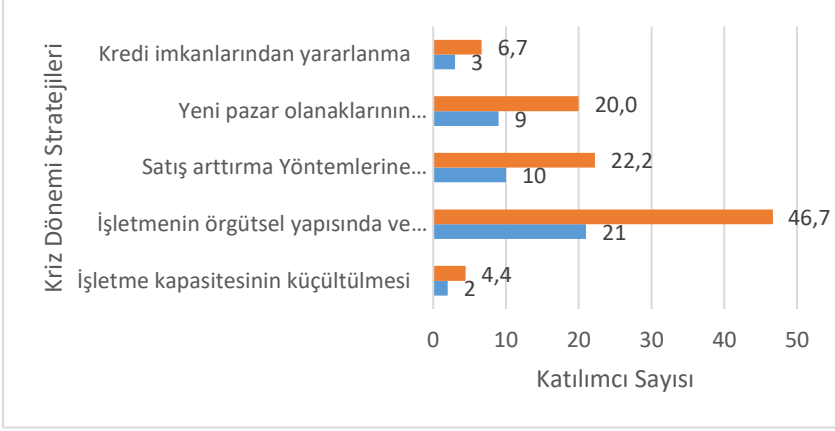


Şekil 16. Kriz eylem planının yazılı metninin çalışanlar tarafından bilinirlik düzeyi

Kriz eylem planının yazılı metninin çalışanlar tarafından bilinip bilinmediğini tespit etmek üzere katılımcılara yöneltilen soruya göre, katılımcıların %71,1'inin sorulan bu soruya katıldığı ancak geri kalan kısmının ise (%28,9) sorulan soruya katılmadığı tespit edilmiştir.

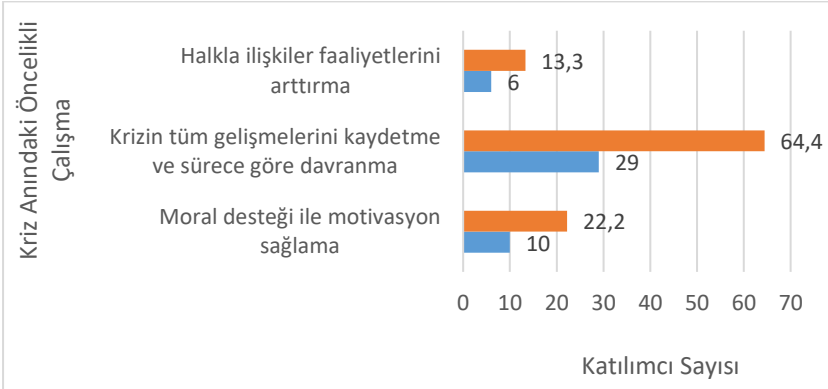
### Kriz Anı Yönetim ve Stratejileri

Sağlık kuruluşlarının kriz anında yaptığı stratejiler ve yönetimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 17. İşletmenin kriz dönemi stratejilerinin değerlendirilmesi

Şekil 17'ye bakıldığında katılımcıların, işletmelerinin kriz dönemi stratejilerini değerlendirme bağlamında verdikleri cevaplar ışığında, kriz döneminde en çok işletmenin örgütsel yapısında ve personel sayısında değişim stratejisinin, en az ise işletme kapasitesinin düşürülmesi stratejisinin benimsendiği tespit edilmiştir.

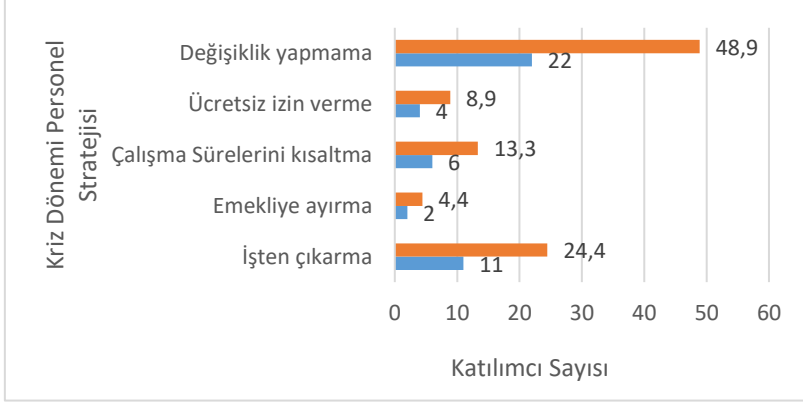


Şekil 18. İşletmenin kriz anında öncelik vereceği çalışma alanı

İşletmenin kriz anında öncelik yapacağı çalışmanın tespit edilmesi için yapılan analizler ışığında katılımcıların yaklaşık olarak %60,0'ı kriz



anında işletme tarafından öncelikle yapılacak işin “krizin tüm gelişmelerini kaydetme ve sürece göre davranma” olacağını ifade ettiği tespit edilmiştir.

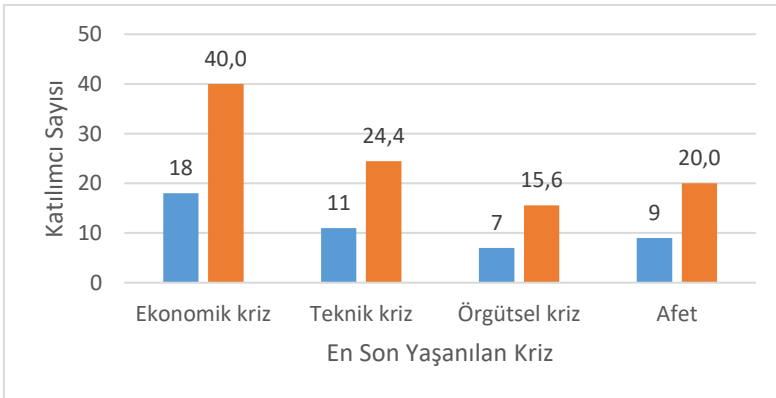


Şekil 19. İşletmenin kriz döneminde uyguladığı personel stratejisi

İşletmenin kriz döneminde uyguladığı personel stratejisinin değerlendirilmesi bağlamında Şekil 19'a bakıldığında, katılımcıların %48,9'unun işletmesinin kriz döneminde personel stratejisinde değişiklik yapmadığını, katılımcıların %24,4'ünün ise işten çıkarma stratejinin benimsediğini ifade ettiği tespit edilmiştir.

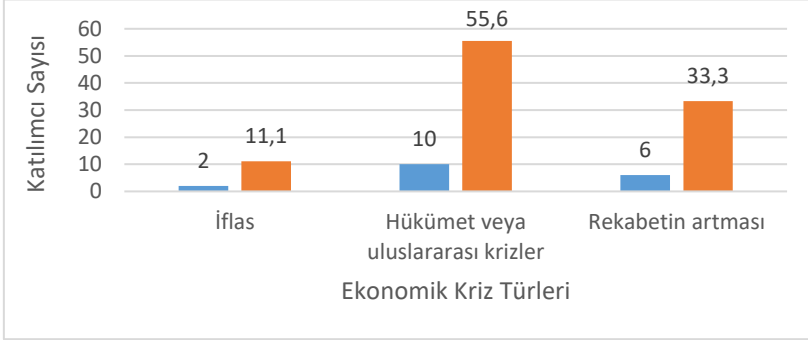
### **Kriz Sonrası Yönetim ve Stratejileri**

Sağlık kuruluşlarının kriz sonrası durumları ve uyguladığı stratejileri aşağıda verilmiştir.



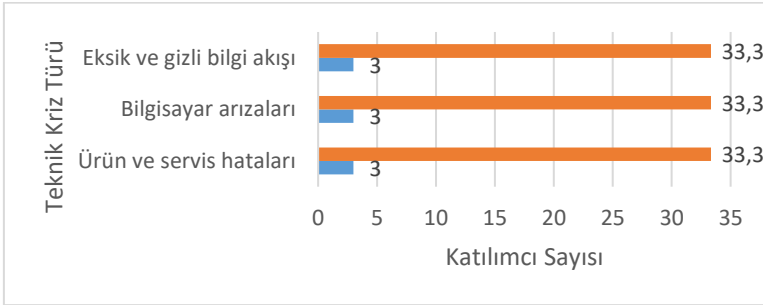
Şekil 20. En son yaşanan kriz türü

Katılımcıların en son yaşadıkları kriz ile ilgili sorulara verdikleri cevaplar ışığında, birinci sırada en son yaşadıkları krizin %40,0 ile ekonomik kriz, ikinci sırada en son yaşadıkları krizin % 24,4 ile teknik kriz, üçüncü sırada en son yaşadıkları krizin %20,0 ile afet ve dördüncü sırada ise %15,6 ile örgütsel kriz olduğu tespit edilmiştir.



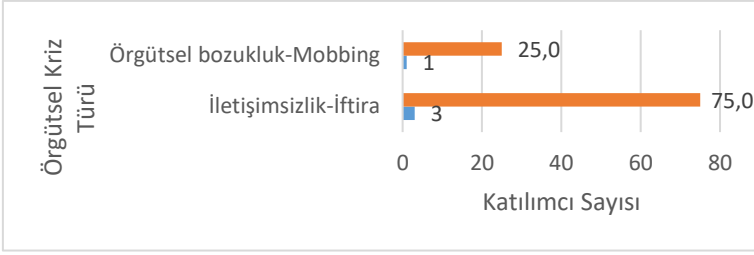
Şekil 21. Ekonomik kriz sebepleri dağılımı

Katılımcıların ekonomik kriz türü olarak en çok hükümet veya uluslararası krizlerin yaşandığını ifade ettiği, en az ise kriz türü olarak iflası ifade ettiği tespit edilmiştir.



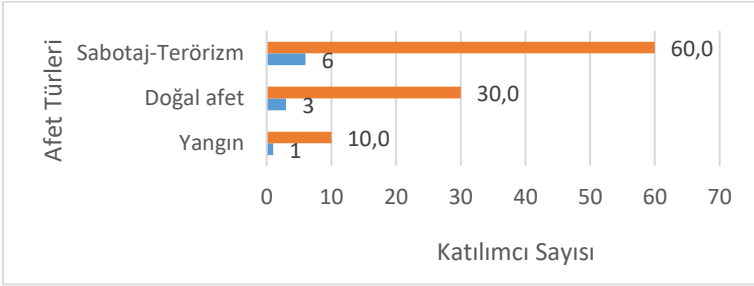
Şekil 22. Teknik kriz sebepleri dağılımı

Teknik kriz yaşayan katılımcıların bu kriz türlerinin hepsine eşit yanıt verdikleri tespit edilmiştir.



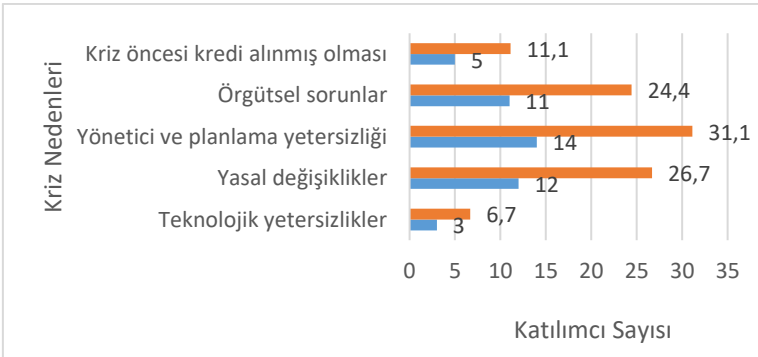
Şekil 23. Örgütsel kriz sebepleri dağılımı

Örgütsel kriz türlerinden “iletişimsizlik-iftira” en çok katılımcı tarafından ifade edilen örgütsel kriz türüdür. En az katılımcı tarafından ifade edilen örgütsel kriz türü ise, örgütsel “bozukluk-mobbing” dir.



Şekil 24. Afet sebepleri dağılımı

Yaşadığı en son kriz türü olarak afeti ifade eden katılımcıların en çok “sabotaj-terörizm” afeti türünü ifade ettikleri tespit edilmiştir.



Şekil 25. Kriz nedenleri dağılımı

Ŗekil 25 detaylı olarak incelendiğinde, katılımcıların kriz nedeni olarak en çok yönetici ve planlama yetersizliğini (%31,1), en az ise teknolojik yetersizlikleri (%6,7) gösterdikleri görölmektedir.

## SONUÇ

Günümüzde değişen teknoloji ve rekabet koŖulları nedeniyle, iŖletmelerin gemiŖe kıyasla bugün daha fazla oranla krizlerle karŖılaŖacağı bir durum söz konusudur. Bu durum her sağlık iŖletmesinin de farklı gruplara bölünen bir krizi yaŖamasını olağan hale getirmiŖtir. Olabilecek bir durum olan krize proaktif önlemler alınarak, iŖletmeler sadece ekonomik anlamda değil afet, örgütsel ve teknik anlamda da kendini koruyabilecek ve bu durumlardan fırsatlar çıkarabileceklerdir.

Sağlık kurumları iŖletmeleri krize karŖı sürekli olarak planlama yapmalı ve kriz iletiŖimini en iyilemek için kendilerini geliŖtirmelidir. Sağlık kurumları iŖletmelerindeki yöneticiler iŖletme çevresinde yaŖanacak olan krizleri saptayarak olası durumları yönetmek için geniŖ bütçe ayırmalıdır. Profesyonel kriz yönetimi için üniversiteler ve danışman firmalar ile iŖbirlięi içinde olmalıdırlar.

Krizi iŖletme içinde iŖ sağlığı ve güvenliği süreçlerine benzeterek takım kurulmalı ve bu takım kriz yaŖanmasa bile belirli periyotlar ile bir araya gelmelidir. İŖletme için kriz algısının olması için belli periyotlarda kriz eğitimi verilmeli ve tatbikat uygulamaları yapılmalıdır.

Sağlık kurumları iŖletmelerinin, krize daha çok önem vererek her türlü krize detaylı hazırlık yapmaları gerekmektedir. Çalışanlara bu konuda iŖ güvenliği desteği vererek olası krize karŖı hazırlıklı olması sağlanmalı ve bu yönde çalışan kadrosu oluŖturmalıdır.

## KAYNAKÇA

Akat, Ö. (2000). Uygulamaya yönelik iŖletme politikası ve stratejik pazarlama. Bursa, Ekin Kitabevi

Ataman, G. (2002). İŖletme Yönetimi, (2. Baskı), İstanbul, Türkmen Kitabevi.

Aydemir, M. ve Demirci, M. K. (2005). Son Dönemlerde YaŖanan Krizlerin İŖletmeler Üzerindeki Olumlu Etkilerinin Analizi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29(1), 65-81.

Büyüksalvarcı, A. (2011). Finansal Analizde Kullanılan Oranlar ve Hisse Senedi Getirileri Arasındaki İlişki: Ekonomik Kriz Dönemleri İçin İMKB İmalat Sanayi Şirketleri Üzerine Ampirik Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 25, Sayı 1, 225-240

Can, H. (1994). Organizasyon ve Yönetim, 3. Baskı, Ankara, Siyasal Kitapevi

Deniz, M. ve Sağlam, M. (2007). Kriz Dönemlerinde İşletme Stratejileri Ve Malatya Organize Sanayi Bölgesinde Faaliyet Gösteren Tekstil İşletmelerinde Bir Uygulama, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi* Cilt: 6 Sayı: 20ISSN: 1304-0278 / 1304-0278, 156 - 176

Jimenez, D. (2001). When You Are the Headline: A Guide to Understanding Crisis Management, *Franchising World*, v.33, no.3

Karaköse, T. (2007). Örgütler Ve Kriz Yönetimi Akademik Bakış, *Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi* ISSN:1694 – 528X Sayı: 13

Murat, G. ve Mısırlı, K. (2005), Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Kriz Yönetimi: Çaycuma Örneği, *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi* Cilt 1, Sayı 1, s.4

Örnek, A. Ş. ve Aydın, Ş. (2008). Kriz ve Stres Yönetimi, 2. Baskı, Ankara, Detay Yayıncılık

Özarslan, C. ve Diker, E. (2020). Kamu Kurumlarının Kriz Yönetimi Becerileri: Samsun Büyükşehir Belediyesi Çalışanlarına Yönelik Bir Araştırma, *Erciyes İletişim Dergisi*, e-ISSN: 2667-5811 | ISSN: 1308-3198

Sabuncuoğlu, Z. (1994). Kriz yönetimi ve halkla ilişkiler. *Bakış Dergisi*, Haziran, 1994, sayı: 47.

Şimşek, Ş. (2002), Yönetim ve Organizasyon, Günay Ofset, Konya. s.316

Tağraf, H. ve Arslan N. T. (2003). Kriz Oluşum Süreci Ve Kriz Yönetiminde Proaktif Yaklaşım, *Cumhuriyet Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 4(1), ss.149-160.

Thompson, D. F. ve Louie, R. P. (2006). Cooperative Crisis Management and Avian Influenza. A Risk Assessment Guide for International Contagious Disease Prevention and Risk Mitigation. National Defense University Center for Technology and National Security Policy, Fort Lesley J. McNair, Washington, DC.

# **Sporda Girişimcilik ve Yeni alışma Biçimleri: Spor Girişimciliğine Doğru**

**Nilay Utlu**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(000-0002-0626-7406)**

**Bahar Ünsal Yılmaz**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-1469-6654)**

## GİRİŞ

Girişimcilik faaliyetleri, teknolojinin büyük bir hızla geliştiği ve rekabetin küresel boyutlara taşındığı bir süreç olarak hemen hemen her alanda olduğu gibi spor sektöründe de toplumsal ihtiyaçların karşılanması noktasında değerler yaratmaktadır. Schumpeter'e göre girişimcilik faaliyetlerinin yeni ürünler ortaya çıkması, üretim yapıları ve pazarda var olan bağlantıların değişmesi, işletmelerin önceden sahip olduğu avantajlı kaynakların geçerliliğini yitirmesi ile bir sektörün yok olup diğerinin büyümesi ve gelişmesi durumu yaratıcı yıkım ile ifade edilmiştir (Schumpeter, 1968). Yaratıcı yıkım rüzgarı, tüm dünyada yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak spor sektöründe de dijital girişimler ile hissedilmektedir. Spor sektörünün dijitalleşmesi için harekete geçen girişimciler, spor girişimciliğinde önemli adımlar atmaktadır.

Spor girişimciliği; spor alanında gerçekleştirilen her türlü yenilikçi faaliyetler olarak tanımlanabilir. Spor girişimciliği, spor bağlamında etkin olarak yeni fırsatların peşinde koşan kişi, büyük kuruluş ve startup firmalarının faaliyetleridir. Spor sektöründe girişimcilik giderek daha fazla kendine yer bulmaktadır. Son yıllarda büyük veri, sensör teknolojileri, iletişim teknolojileri ve özellikle nanoteknolojide hızlı bir gelişim görülmektedir. Yaşanan bu gelişim, birçok yenilikçi çalışmaya zemin hazırlamıştır. Dünya çapında yaşanan gelişmelerle birlikte ülkemizde de başarılı projeler üretilerek sporda yeni çalışma biçimleri ortaya çıkmıştır.

Spor yönetiminin ayrılmaz bir parçası haline gelen girişimcilik, sporla ilgili kişi ve kuruluşlar için rekabet avantajı yaratmaktadır. Girişimcilik spordaki değişimler ile birlikte zorunluluk haline gelmiştir. Teknolojinin hızla gelişimi, spor pazarlamacılarının medya aracılığıyla reklam verme biçimlerini değiştirmelerine yol açmıştır (Sweeney, 2007).

Spor endüstrisi, çok sayıda sektörle doğrudan veya dolaylı olarak etkileşim halindedir. Spor sektörü, içinde binlerce kulüp, organizasyon ve işletmenin yer aldığı çok yönlü ve kapsamlı bir sektördür. Bu bağlamda dünyanın en küreselleşmiş sektörleri arasındadır. Spor endüstrisinin küresel ekonomi açısından büyüklüğünün sürdürülebilirliği düşünüldüğünde; girişimcilik, spor yönetimi ve birçok disiplinden araştırmacıyı aynı paydada buluşturan bir alan

haline gelmiŖtir. Buna karŖın, spor Ŗletmelerinin sürdürülebilirlik faydalarını elde etmede yenilikçi Ŗ modellerine evrilmesi ve dijital dönüŖümün yönetimini nasıl sağlayacakları konusunda araŖtırma boşluğu bulunmaktadır. Ancak, giriŖimcilik perspektifinden spor hakkında daha az Ŗey bilinmektedir ve bu bölümün amacı, giriŖimcilik ve spor yönetimi disiplinlerini birbirine bağlamaktır.

Bu bölüm, geçmiŖten baŖlayan giriŖimcilik faaliyetlerini ele alarak; günümüzde spor giriŖimciliđi alanında yapılan araŖtırmaları ve spor inovasyonu hakkında mevcut durumu derlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçtan hareketle, sporda giriŖimcilik faaliyetleri ile spor sektöründe gerçekteŖen ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyon hareketleri incelenerek, Türkiye’den ve dünyadan örnekler sunulmuŖ, ayrıca yeni çalıŖma biçimleri ile giriŖimci ve yatırımcı arasında köprü vazifesi gören, Ŗ bağlantılarına yer verilmiŖtir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Fransızca “entreprendre”, Almanca “unternehmen”, İngilizce “entrepreneurship” olarak tanımlanan giriŖimcilik Türkçede “üstlenmek” anlamına gelir. GiriŖimcilik, başkalarının bakıp göremediği fırsatları görerek, bunları birer Ŗ fikrine dönüŖtürebilme Ŗşini ve giriŖimsel süreci ifade eder (Arıkan, 2002).

GiriŖimcilik faaliyetlerinin ilk örneğini Marco Polo (1254-1324) ile görmek mümkündür. O dönemde sermaye sahipleri ticaret konusunda çekimser davrandığı için maceracı tüccarlar tüm psikolojik ve fiziksel riskleri üstlenerek ticarete aktif bir rol alıp, seyahat sonunda kârın dörtte bir payına sahip olurlardı. Orta Çağ’da ise giriŖimciler, risk üstlenmeyen, kendilerine verilen kaynakları yöneten; kale, sur, manastır, katedral gibi büyük mimari yapıları yapmakla sorumlu din adamlarıydı. Risk ile giriŖimci arasındaki iliŖki 17. yy’da ortaya çıkmıŖtır. Devlete hizmet sağlamak isteyen giriŖimci, kâr veya zararı üstlenerek sözleşme bedeli sabit olan Ŗşlere imza atardı. Bu dönemde İskoçyalı John Law devletten Kraliyet Bankası kurma izni almıŖtır. Bu banka daha sonra Amerika’da ticari faaliyet gösteren Mississippi Company’ye dönüŖmüŖtür. Ancak bu Ŗirketin hisse senetlerini Ŗletme varlıklarıyla orantısız şekilde satıŖı iflasına neden olmuŖtur. Richard Cantillon (1680-1734), Law’ın yaptığı hataları gözlemler ve giriŖimcinin satın aldığı malı, piyasada katlandığı riske göre, kesin olmayan bir fiyatı satması gerektiğini savunmuŖtur (Hebert ve Link,



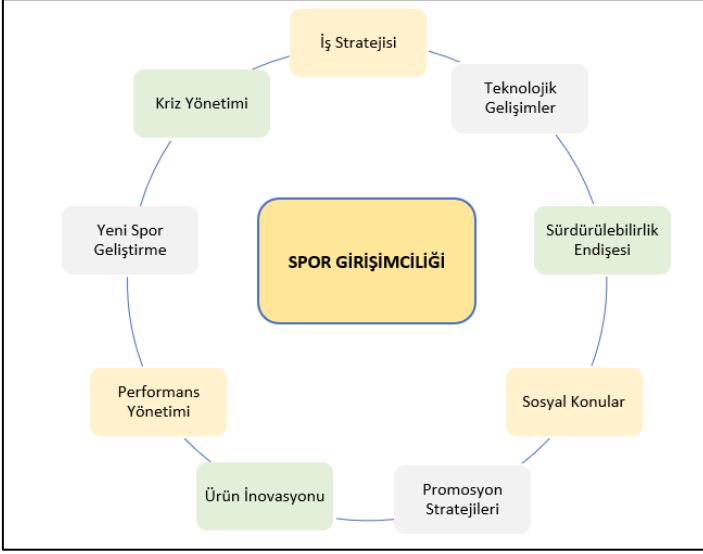
2006). Sermaye sahipleriyle girişimcilerin arasındaki farkı ortaya çıkaran en önemli gelişmelerden biri Batı'daki Sanayi devrimi olmuştur. Sanayi devrimi ile buluşların sayısında hızlı bir artış görülmüştür. Girişim ve buluşlarıyla büyük birer sanayiciye dönüşecek olan Eli Whitney (1765- 1825) ve Thomas Alva Edison (1847-1931), genç yaşlarında yeni teknolojiler üretebilecek bilgi ve beceriye sahipken yeterli sermayeye sahip değillerdi. Whitney, pamuk çırçırını İngiliz Kraliyet'in finansal desteğiyle icat ederken; Edison ise elektrik ve kimya alanındaki çalışmaları için özel kaynaklardan finansal destek bulmuştur. 20. yy sonlarına doğru ise girişimcilik kavramı inovasyon veya yenilikçilik kavramlarıyla kullanılmaya başlamıştır. Buradaki inovasyon kavramı, malda, hizmette, iş modelinde, iş süreçlerinde, örgüt yapılarında olmak üzere çeşitlendirilebilir. Edward Harriman (1848-1909) Kuzey Pasifik bankasını kullanarak Ontario Southern demiryolu hattını yeniden organize etmiştir. John Pierpont Morgan (1837-1913) ise Amerikan sanayi kuruluşlarını organize ve finanse eden bankasını geliştirerek girişimcilik örneği sergilemiştir.

Girişimcilik için dönemin teorisyenleri tarafından çeşitli tanımlar yapılmıştır. Joseph Alois Schumpeter girişimciliği, sürekli devam eden 'yaratıcı yıkım' süreci olarak değerlendirmektedir (Schumpeter, 1968). Schumpeter girişimcilikle birlikte, yeni ürünlerin ortaya çıktığını, üretim yapılarının ve pazarda var olan bağlantıların değiştiğini, işletmelerin önceden sahip olduğu avantajlı kaynakların geçerliliğini yitirdiğini belirtmiştir (İraz, 2005). Dolayısıyla Schumpeter'le birlikte girişimcilik, bir sektörün yok olup diğerinin büyümesi ve gelişmesi durumu 'yaratıcı yıkım' ile ifade edilmiştir.

Girişimcilik ile spor arasındaki ilişkiyi resmi olarak inceleyen ilk kişi 2010 yılında Ratten olmuştur. Ratten, girişimcilik faaliyetlerine atfedilen proaktivite, risk alma, dayanıklılık gibi gereken özelliklerin sporun doğasında olduğundan bahsetmiştir. Öne sürdüğü bu görüş ile, spor ve girişimciliğin hem değişken hem de öngörülemez çabalar olduğunun altı çizilmiştir. Bu düşünceden hareketle, sporda kişilerin arzu ettikleri başarı ve başarıya yolunda sarfettikleri gayret, girişimcilik faaliyetleri için gerekli özellikler olarak görülmektedir.

Şekil 1'de spor temelli girişimciliğin dinamik yönleri gösterilmiştir. Spor temelli girişimciliğin çok yönlülüğü sürdürülebilirlik

endiŖelerinden, yeni spor geliŖtirmeye varıncaya kadar geniŖ bir yelpazeyi kapsamaktadır.



Şekil 1. Spor temelli giriŖimciliğin dinamik yönleri  
Kaynak: Ratten, 2011.

Ratten 2011 yılında ise, iŖ stratejisinin geliŖtirilmesi, krizlerin yönetilmesi, performans tahmini gibi konular dahil olmak üzere spor ve giriŖimcilik tarafından paylaŖılan ortak konulara dikkat çekmiŖtir (Ratten, 2011). Bu katkılara paralel olarak araŖtırmalarda sporun ve giriŖimciliğin hem yaratıcılığa hem de yeniliğe bağlılığı vurgulanmıŖtır. 2016 yılında, yeniliğin, sporu ve giriŖimciliđi nasıl etkilediği ayrıntılı olarak tartıŖılmıŖ; yeniliğin spor organizasyonlarında performansı ve hayran kitlelerini arttırdığından, ek hizmetler tedarik ettiğinden ve geliri optimize eden bir yöntem olduğundan bahsedilmiŖtir (Ratten ve Ferreira, 2016).

## SPORDA GİRİŖİMCİLİK ve YENİ ÇALIŖMA BIÇIMLARI

Schumpeter'in (1968) giriŖimcilik için tanımladığı yaratıcı yıkım rüzgarı, tüm dünyada yaŖanan teknolojik geliŖmelere paralel olarak spor sektöründe de dijital giriŖimler ile hissedilmektedir. Eskiden spor izleyicisi yalnızca TV'den takip edebildiği spor müsabakalarını artık istediği zaman akıllı cep telefonlarından veya tablet bilgisayarlardan izleyebilmekte ayrıca bu cihazlardan satın aldıkları mobil uygulamalar

(aplikasyonlar) ile istediği spor hakkında detaylı bilgiye sahip olabilmektedir. Spor sektörünün dijitalleşmesi için harekete geçen girişimciler, spor girişimciliğinde önemli adımlar atmaktadır.

Girişimcilik ve inovasyon kavramları birbirleriyle yakından ilişkilidir. Girişimcilik, mal veya hizmet üretmek için üretim faktörlerini bir araya getirme işi iken, inovasyonun Türkçe karşılığı yenilik, yenilenme ve yenilikçilik olarak kabul edilmektedir (OECD-EUROSTAT, 2005).

İnovasyonda belirli standardı yakalamak için Oslo Kılavuzu'nda (2005) dört alanda yenilikten bahsedilir. Bunlar, ürün, süreç, pazarlama, organizasyonel inovasyondur. Sporda girişimcilik de bu dört inovasyon standartlarıyla incelenmektedir.

*Ürün inovasyonu*, yeni veya önemli ölçüde iyileştirilmiş mal veya hizmetin ortaya konulmasıdır (OECD-EUROSTAT, 2005). Spor branşlarında kullanılan mal, hizmet, araç, gereçler (kayak, ayakkabı, giysi gibi) birbirlerinden farklıdır. Kişilerin bu branşlarla ilgilenirken tercihleri çok hızlı değişmekte ve bu da ürünlerin ömrünü kısaltmaktadır. Üründe inovasyon gerçekleştirmek isteyen girişimciler, pazardaki talebe karşılık verebilmek için bilgi ve becerilerini ortaya koymaktadırlar.

Spor endüstrisinde en iyi teknolojik inovasyon örneklerine; bowlingde uygulanan bilgisayarla puanlama sistemi, otomobil yarışlarında kinetik enerji dönüşüm sistemi, beyzbolda radar tabanca, basketbolda çok yözlü atış saati, hokeyde net kamera, olimpiyatlarda kullanılan foto finiş, Amerikan futbolunda kulaklık, teniste cyclops ve hawkeye takip sistemi, antrenmanlar için kalp monitörü ve diğer izleme sistemleri gösterilebilir (Bleacherreport, 2021).

Adidas markasının geliştirdiği MiCoach Speed Cell çip, ürün inovasyonuna bir örnektir. Kişisel antrenörlük amaçlı geliştirilen, çevresel parametreleri algılayan bu çip sporcuların ayakkabılarına yerleştirilir ve onların toplam koşu mesafesi, depar sayısı ve maksimum hızı gibi verilerini akıllı telefon veya tablet bilgisayarlara kablosuz aktarır. Bu veriler sayesinde ayakkabı tabanı, hareketin hızlı veya yavaş oluşuyla, sert veya yumuşak zeminlerde kendini ayarlayabilmektedir. Adidas markasının MiCoach gibi gelişmiş bir çip geliştirmesinin amacı, sporcuların kendilerini motive ederek daha üst performans göstermelerine yardımcı olmaktır (Milliyet, 2020).

Amerika’da NBA oyuncularının, Türkiye’de Fenerbahçeli futbolcuların antrenmanları sırasında kullandıkları Elevation Mask da ürün inovasyonuna bir başka örnektir. Bu maskeyle, sporcuların özellikle sakatlıkları sonrası, az efor gerektiren antrenman sırasında akciğerlerine daha az oksijen göndererek kondisyonlarını arttırmayı amaçlamaktadır (BlogTEB, 2020).

Elbette bunların dışında spor branşlarında kullanılan nano teknoloji ile üretilen birçok akıllı tekstil de ürün inovasyonlarına örnek gösterilebilir. Sporda kullanılan malzemelerde teknolojik gelişmelerin dahil edilmesiyle hemen hemen tüm markalar kendi malzeme ve üretim tekniklerini geliştirmiştir. Geliştirilen üretim tekniklerinde nanomalzemeler dahil edilmiştir. Nanomalzeme ile üretilen ürünler, nano teknolojiye sahip özellikle eşsiz optik, elektronik veya mekanik özelliklere sahip 1-100 nm arasında olan ürünlerdir (Buzea vd., 2007).

2012 Londra Olimpiyatları bilgiye erişmenin daha gelişmiş yöntemler yaratmak için binlerce insanın inovasyonundan faydalandığı Açık Veri Platformları ve Uygulama Yarışmalarının kullanımının artmasından bu yana düzenlenen ilk Yaz Olimpiyatlarıdır (Santomier vd., 2016). Oyunlarda inovatif bir ürün olarak tekvando karşılaşmalarında hakemlerin karar verme süreçlerine destek olması amacıyla algılayıcı içeren kıyafetler ve ekipmanlar kullanılmıştır (Infobae, 2021).

2016 Rio’da dış etkenlere karşı koruma düzeyini yükseltmek amacıyla geliştirilmiş olan çeşitli alanlarda ödeme kolaylığı sağlayan akıllı bileklikler kullanılmıştır. Sanal gerçeklik, radarlı ölçüm sistem skorbordları, çift lensli kameralar yine Rio Olimpiyatlarında kullanılan inovatif ürünlere örnek gösterilebilir (International Olympic Committee, 2016).

Sporda kullanılan nanomalzemeler ile sağladığı avantajlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sporda nanoteknoloji kullanımı

Nanomalzemesi	Spor	Avantajı
Karbon nanotüpler	Tenis ve badminton	Sertliğin artırılması, tutarlılık, dayanıklılık, esneklik, darbe, itme gücü ve racketlerin titreşim gücü
	Golf	Kilosunu azaltmak
	Kano sporu	Aşınma veya çalama direncini artırma, kanolarda kolayca kürek çekmek
	Okçuluk	Daha iyi titreşim kontrolü
Silika nanopartiküller	Tenis ve badminton	Güç ve esnekliği, stabiliteyi artırmak
	Kayak sporu	Burulmayı azaltmak ve kaymayı kolaylaştırmak
	Balıkçılık	Çubukların esneklik gücünü ve kasmağı geliştirmek
Fulleren	Tenis ve badminton	Raket çerçevelerinin ağırlığını ve bükülmesini azaltmak
	Golf	Golf sopasıyla vuruşu kolaylaştırmak
	Bowling	Topların ufulanmasını ve çatlamasını azaltmak
Karbon nanolifler	Bisiklet sürmek	Bisikletlerin sertliğinin artırmak, ağırlığını azaltmak
Nano kil hamuru	Tenis ve golf	Topların esnekliğini ve zıplamasını artırmak
Nano titanyum	Deniz taşıtları	Su teknelerinin ağırlığını azaltmak ve hızını artırmak
	Tenis ve badminton	Raketlerin deformasyonu engellemek, dayanıklılığını ve gücünü artırmak ve isabetli vuruşlarını sağlamak

Tablo 1. (devam)

Nanomalzemesi	Spor	Avantajı
Karbon nano	Yol yarışı	Lastiklerin yol tutuŖunu ve kilometre performansını artırmak
Nano nikel	Golf	Moment ve denge artırmak
Nano fiberler	Birkaç spor branŖı	Önemli konfor artışı
Cam nano küre	Spor giyim	Konfor iyileŖtirilmesi

*Kaynak: Strategic Research and Innovation Agenda, 2016-2021.*

Spor endüstrisindeki nanomalzemeler, üretimde üstün düzeyde hafiflik, sertlik, esneklik gibi birçok özellik sunmaktadır. Örneğin, golfte topların daha düz uçmalarına imkan sağlayan daha hafif sopalar ve topların üretiminin yanı sıra, kış sporlarında kullanılan nanomalzemeler ile kavrama ve kontrolün yüksek olduğu daha esnek kayakların üretimi gerçekteŖmektedir.

*Süreç inovasyonu*, yeni veya önemli ölçüde iyileŖtirilmiŖ bir üretim veya teslimat yönteminin gerçekteŖtirilmesidir. Bu yenilik, teknik, teçhizat veya yazılımlardaki değişikliği gösterir (OECD-EUROSTAT, 2005). Süreç, ayrıca bir işin yerine getirilebilmesi için gerekli olan adımlar ya da aşamalar olarak değerlendirilir. Sporda da süreç inovasyonu, organizasyonların maliyetini düşürmek, faaliyetlerde teknolojiden faydalanmak, güvenliği arttırmak, yönetimde verimliliği ve üretkenliği arttırmak amaçlı gerçekteŖebilir.

Örneğin spor müsabakalarının sadece televizyon ve radyo aracılığıyla değil izleyicilere esneklik sağlanabilmesi amacıyla cep telefonu ve tabletleriyle canlı izleyebilme olanağı sağlanmaktadır. Bir başka örnek olarak spor kulüpleri üye sayılarını ve gelirlerini arttırmak amacıyla taraftarlarına çeŖitli öncelik ve teŖvikler sunmaktadır.

*Pazarlama inovasyonu*, ürün tasarımı, fiyatlandırılması, dağıtılması, tutundurulmasında önemli değişiklikleri kapsayan yeni bir pazarlama yöntemidir (OECD-EUROSTAT, 2005). Pazarlamada tutundurma faaliyetleri arasında sayılan halkla ilişkiler, reklam, satış promosyonu, kişisel satış faaliyetleri, spor organizasyonlarında inovasyonel araçlar olarak planlanabilir. Pazarlama inovasyonuna örnek olarak Diamond

Sports'un buz pateni şampiyonluğunda geliştirdikleri koltuklar örnek verilebilir (Argan ve Katırcı, 2002). Buz pateni şampiyonasının izleyici sayısını arttırabilmek için planlanan pazarlama stratejisinde, stadyuma oy verebileceği özel koltuklar yerleştirilir. Bu stratejiyle buz patenine ilginin artması ve ilgisi olmayanların da stadyuma çekilmesi amaçlanmıştır.

*Organizasyonel inovasyon*, işletmenin ticari uygulamalarında, organizasyonlarında veya dış ilişkilerinde yeni bir organizasyonel yöntem uygulanmasıdır (OECD-EUROSTAT, 2005). Önceden serbest zaman değerlendirilmesi olarak düşünülen spor; günümüzde geniş kitlelere yayılmasıyla, kulüpler birer işletmeye, taraftarlar birer tüketiciye dönüşmüştür. 1990'lı yıllardan bu yana spor kulüplerinin profesyonelleşmesi organizasyonel yapının iyileştirilmesine neden olmuş, organizasyonel inovasyon düşüncesiyle kurumsallaşma yoluna gidilmiştir.

2010 yılında Ratten girişimcilik faaliyetlerinin spor sektöründe etkili olacağından bahsetmiş ve spor tabanlı girişimcilik teorisini öne sürmüştür. Buna göre, tüketici ihtiyaçlarının her geçen zamana göre farklılaşması dolayısıyla teknolojinin de buna imkan vermesi ile pazarda yenilik yapma arzusu spor sektöründe de hissedilmektedir. Örneğin, Amerika ve Kanada Ligi'nde (Major League Baseball) atışları ve NASCAR yarışlarında arabaları izleyebilmek için yalnızca televizyondan görülen sarı çizgilerle grafik sistemi geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra çift ampute para olimpiik koşucuları için geliştirilen Cheetah Lower Limb protezleri, onların engelli olmayan bireylerle yarışmalarına olanak kılmıştır. Dolayısıyla spor branşlarını izleyici ile buluşturan sistemlerde, spor branşlarında kullanılan yapay malzemelerde, protezlerde, yenilik yapmayı gerektiren hızlı bir ilerleme çağı içinde olduğumuz bir gerçektir. Ayrıca dünya çapında gerçekleştirilen spor organizasyonları, girişimcilere gerekli network için yardımcı olmaktadır (Ratten, 2012). Kuşkusuz spor sektörü, spor turizmi, spor mallarının üretimi ve dağıtımı, spor kıyafetleri, bilet acentaları, spor işletmeleri, spor eğitimi gibi geniş bir endüstriyi ifade eder (Pitts ve Stotlar, 2002). Bu geniş endüstri, girişimciler için fırsat olarak görülmekte ve yeni çalışma biçimleri ortaya çıkarmaktadır.

2021 Tokyo Olimpiyat oyunlarında organizasyonel inovasyona örnek olarak bugüne kadar en düşük emisyon değerine sahip; sporcuların,

görevlilerin ve izleyicilerin ulaşımını sağlamak amacıyla yüzde yüz elektrikli araçları da içeren araçlar ve mobilite ürünleri kullanılacaktır (Toyota, 2021).

Dünya çapında yaşanan gelişmelerle birlikte ülkemizde inovasyonun kullanılmasıyla başarılı Startup Projeleri ortaya çıkmıştır. Özellikle günümüzde futbola olan ilginin bir hayli fazla olması veya hareketli yaşama verilen önemin artmasıyla Türkiye’de sporla alakalı girişimler dikkat çekmiştir. Bunlara, 1,1 milyon dolar yatırımıyla Scoutium, 100 bin dolar yatırımıyla SWEATers ve 85 bin dolar yatırımıyla Footballium örnek verilebilir. Scoutium, futbol severlerin futbolla ilgili yorumlarının kulüplere ulaşmasını sağlayan bir bilgi platform uygulaması iken; SWEATers, atletizm, futbol, masa tenisi gibi her türlü sporu yaparken kullanıcılara sosyalleşme imkanı sağlayan bir uygulama; Footballium ise futbolcuların ve futbolla ilgilenen herkesin kendilerini gösterebilecekleri bir sosyal ağ uygulamasıdır. Bu örnekler aslında bize sporun dijitalleşmesi yönünde gerçekleşen girişimleri göstermektedir. Bunların dışında Türkiye’de spor alanındaki girişimlere, Kalebende, Online Menajer, Kolay Fit, Sportive People gibi örnekler gösterilebilir (Hürriyet, 2018).

Türkiye’de ayrıca kuluçka merkezleri spor endüstrisinde girişim hızlandırma programları ile girişimci ve yatırımcı arasında köprü vazifesi görür, iş bağlantıları düzenler. Spor dahilinde hemen her sektörde girişimciye destek olan Türkiye’de kuluçka merkezleri, İTÜ Çekirdek, ANAÇ Ön Kuluçka Merkezi, BIC101, Hayal Et Kuluçka Merkezi, Etohum, Garanti Partners, KWORKS, ATOM, TeknoJUMP, Sabancı SUCool, TEB Girişim Evi başta olmak üzere toplamda 60 tane kuluçka merkezi bulunur (Ekonomist, 2020). Günümüzde profesyonel Türk basketbol oyuncusu ve melek yatırımcı Sinan Güler, Spor Girişimleri Hızlandırıcı Programı ile sporla ilgili mal veya hizmeti olan Start-upları, uluslararası partner, mentor veya yatırımcılarla buluşturma fırsatı sunan İstanbul merkezli bir programla hizmet vermektedir (SG Spor Girişimleri Hızlandırıcı Programı, 2020).

## **SONUÇ**

Girişimcilik faaliyetlerinin ilk örnekleri 13. yy. başarılarında görülmüş, bugün ise tüm sektörlerde gelişmişlik göstergesi olarak önemi git gide artmaktadır. Spor sektöründe gerçekleşen spor girişimciliği; spor alanında gerçekleştirilen her türlü yenilikçi faaliyetler olarak



tanımlanabilir. Bu yenilikçi faaliyetler Osla Klavuzu'na (2005) göre ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyon olmak üzere dört boyutta incelenmektedir. Spor girişimciliği ayrıca, spor bağlamında etkin olarak yeni fırsatların peşinde koşan kişi, büyük kuruluş ve Startup Projelerin faaliyetleri çatısında değerlendirilmektedir.

Spor endüstrisi paydaşlarının sürdürülebilirliklerini sağlayabilmelerinde inovasyon faaliyetlerinin önemi oldukça fazladır. Aynı zamanda bu faaliyetler sporun yaygınlaşmasına, sporun ve sporcunun gelişimine, hata paylarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Yönetim ve pazarlama boyutuyla ele alındığında ise inovasyon faaliyetleri, organizasyonların karar alma süreçlerinin verimliliğini, pazarlama faaliyetlerinin ise zenginliğini arttıracaktır.

Sonuç olarak spor sektörü, çok sayıda sektörle doğrudan veya dolaylı olarak etkileşim halindedir. Spor sektörü, içinde binlerce kulüp, organizasyon ve işletmenin yer aldığı çok yönlü ve kapsamlı bir sektördür. Bu bağlamda dünyanın en küreselleşmiş sektörleri arasındadır. Spor sektörünün küresel ekonomi açısından büyüklüğünün sürdürülebilirliği düşünüldüğünde; girişimcilik, spor yönetimi ve birçok disiplinden araştırmacı aynı paydada buluşmaya devam edecektir.

Spor girişimciliği, spor özelinde yenilik geliştirmeye çalışan kişi veya kuruluşların tümünü kapsamaktadır. Bununla birlikte sporun bir endüstri olarak çok büyük bir ekonomi ve faaliyetler bütünü olduğu göz önüne alındığında birçok girişim faaliyeti spor içerisinde kendisine kolaylıkla yer bulabilir. Ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel olarak sınıflandırılan inovasyon faaliyetlerinin tümü multidisipliner ve yaşayan bir alan olması nedeniyle spor endüstrisi içerisinde anlamlı bir yer bulmaktadır.

Bu bölümde ayrıca malzeme bilimindeki gelişmelerin spor içerisinde etkin bir şekilde yer aldığı gösterilmiştir. Bu bakış açısıyla çeşitli alanlardan girişimcilerin ve araştırmacıların çalışmalarını spor endüstrisi içerisinde değerlendirmeleri kendileri için birçok yeni fırsat yaratacaktır.

## **KAYNAKÇA**

Argan, M. ve Katırcı, H. (2002). Spor Pazarlaması. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Arıkan, S. (2002). GiriŖimcilik Temel Kavramlar ve Bazı Güncel Konular. Ankara, Siyasal Kitapevi.

*Bleacherreport*.(2021). <https://bleacherreport.com/articles/725642-top-ten-technological-innovations-in-sports> adresinden alınmıŖtır.

*BlogTEB*. (2020). <https://www.blogteb.com/tag/elevation-mask/> adresinden alınmıŖtır.

Buzea, C., Pacheco, I. ve Robbie, K. (2007). Nanomaterials and Nanoparticles: Sources and Toxicity. *Biointerphases*, 2(4), 17-71.

*Ekonomist*. (2020). <https://www.ekonomist.com.tr/kapak-konusu/girisimciye-kulucka-destegi-2.html> adresinden alınmıŖtır.

Hebert, R. F. ve Link, A. N. (2006). The Entrepreneur As Innovator. *Journal of Technology Transfer*, 31(5), 589-597.

*Hürriyet*. (2018, 09 23). <https://www.hurriyet.com.tr/ik-yeni-ekonomi/girisimciler-spora-basladi-40964101> adresinden alınmıŖtır.

*Infobae*.(2021).<https://www.infobae.com/aroundtherings/articles/2021/07/12/taekwondo-chief-says-olympic-innovations-really-a-revolution/> adresinden alınmıŖtır.

*International Olympic Committee*. (2016). <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/Games/Summer-Games/Games-Rio-2016-Olympic-Games/Media-Guide-for-Rio-2016/IOC-Marketing-Report-Rio-2016.pdf> adresinden alınmıŖtır.

İraz, R. (2005). *Yaratıcılık ve Yenilik Bağlamında GiriŖimcilik ve KOBİ'ler*. Konya, Çizgi Kitabevi.

*Milliyet*. (2020). <http://www.milliyet.com.tr/pembenar/kisisel-antrenoruz-adidas-micoach-1512892> adresinden alınmıŖtır.

OECD-EUROSTAT. (2005). Oslo Kılavuzu, Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler. Paris: OECD ve EUROSTAT Ortak Yayımı.

Pitts, B. ve Stotlar, D. (2002). *Fundamentals of Sport Marketing (2nd Edition)*. Morgantown: Fitness Information Technology.

Ratten, V. (2010). Developing A Theory of Sport-Based Entrepreneurship. *Journal of Management and Organization*, 16(4), 557-565.

Ratten, V. (2011). Sport-Based Entrepreneurship: Towards A New Theory of Entrepreneurship And Sport Management. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 7(1), 57-69.

Ratten, V. (2012). Sport Entrepreneurship: Challenges and Directions for Future Research. *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 4(1), 65–76.

Ratten, V. ve Ferreira, J. J. (Eds.). (2016). *Sport Entrepreneurship and Innovation*. London: Taylor & Francis.

Santomier, J., Hogan, P. ve Kunz, R. (2016). The 2012 London Olympics: Innovations in ICT and Social Media Marketing. *Innovation: Organization & Management*, 18(3), 251-269.

Schumpeter, J. A. (1968). *Kapitalizm, Sosyalizm ve Demokrasi*. (D. Akoğlu, Çev.) Ankara, Varlık Yayınevi.

*SG Spor Girişimleri Hızlandırıcı Programı*. (2020) <https://accelerator.sinanguler.com/> adresinden alınmıştır.

*Strategic Research and Innovation Agenda*. (2016-2021). <https://epsi.eu/wp-content/uploads/2017/08/EPsi-Strategic-Agenda-web.pdf> adresinden alınmıştır.

Sweeney, J. (2007). Sportscast: Ten Controversial Issues Confronting The Sports Industry. *The Futurist*, 41(1), 35-39.

*Toyota*. (2021). <https://www.toyota.com.tr/world-of-toyota/news/toyotadan-2021-tokyo-olimpiyatlari-icin-ozel-arac.json> adresinden alınmıştır.

# **Spora Katılım Düzeyinin Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri Yaklaşımı ile İncelenmesi**

**Beyza Akyüz**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-9740-2177)**

**Murat Yalçın Beşiktaş**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0260-1526)**

## GİRİŞ

Sosyal bir varlık olan insan, hareket etmek, sosyalleşmek, sağlığını korumak, formda kalmak, stresle başa çıkabilmek gibi birçok sebep dolayısıyla spor yapma ihtiyacı duymaktadır. Diğer taraftan günümüz endüstri toplumunda teknolojinin yaşantımıza katmış olduğu kolaylıklar, çalışma şartlarının değişmesi ve benzeri birçok sebep dolayısıyla bireyler daha hareketsiz bir yaşam formuna doğru bir dönüşüm yaşamaya başlamışlardır. Hareketsiz yaşamın bireyler üzerindeki olumsuz yansımalarından birisi olan fiziksel ve psikolojik sağlık sorunlarından korunmak ve yaşam kalitesini artırmak için insanın en önemli ihtiyaçlarından biri olan hareket kavramının üzerine kurulmuş olan düzenli spor aktivitesine katılmanın önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Yaşam koşullarının oluşturmuş olduğu şartlar altında Türkiye’de haftalık çalışma saati 47,7 saat olup ayrıca fazla mesailerin de bu rakamın üzerine eklenmesi sonucunda bireylerin spor yapmak için ayıracakları serbest zamanları oldukça azalmaktadır. Bu konuda Avrupa’daki örneklerine bakılacak olursa haftalık çalışma saatlerinin ortalama 30 saate kadar düştüğü görülmektedir (OECD, 2019). Spor kültürünün gelişmiş olduğu ülkelerdeki devlet politikası, insanların serbest zamanları ne kadar çok olursa, iş veriminin de o derece arttığı yönündedir. Bu bağlamda bireylerin serbest zamanlarının artması fiziksel ve zihinsel yönden iyi olma halini sağlamasının yanı sıra iş verimini de olumlu etkilemektedir. Bireylerin alışveriş, çocukların eğitim aktiviteleri, dinlenme, aile ile yapılabilen aktiviteler gibi yerine getirmek zorunda oldukları sosyal ihtiyaçları sebebiyle kendilerine ayıracakları serbest zamanlarının az olması veya hiç olamaması spor yapmaya engel teşkil eden sosyo-ekonomik nedenleri oluşturmaktadır.

Türkiye’de yıllık ortalama eşdeğer hane halkı kullanılabilir fert geliri 28,522 TL’dir. Aylık bazda bu rakam 2376 TL’ye denk gelmektedir (TUIK, 2021a). Ortalama asgari yaşam koşulları dikkate alındığında bireylerin spora bütçe ayırmaları oldukça zor görünmektedir.

Belirlenen kök nedenlerden ilki olan yaşam koşullarına ait kısıtın ortadan kaldırılması kanun koyucunun düzenlemelerine bağlı olmasından dolayı mümkün olmamaktadır.

Sporun eğitsel fizyolojik, fiziksel ve psikolojik faydaları toplum yaŖantısını olumlu etkileyen unsurlar arasındadır. Bu bağlamda spor eğitiminin önemi artmaktadır. Çocukluk yaŖlarında verilmiŖ spor kültürü hem zihnen hem bedenen sağlıklı nesillerin yetiŖmesi için bir eğitim politikası haline gelmelidir. Bu noktada, devletin spor politikası, bireylerin, ailelerin, toplumun spora bakıŖ açısı ve sporu yaŖam biçimi olarak benimsemesi konusunda en büyük etkindir. Dolayısıyla insanları hareketli bir yaŖam sürmeleri için teŖvik etmek ve imkan sağlamak devletin görevleri arasındadır. Bu bağlamda devletimiz anayasal bir düzenleme getirerek bu konuyu 1982 Anayasa'sının 59. Madde'sinde Ŗu Ŗekilde belirtmiŖtir: "Devlet, her yaŖtaki Türk vatandaşlarının beden ve ruh sağlığını geliŖtirecek tedbirleri alır, sporun kitlelere yayılmasını teŖvik eder. Devlet başarılı sporcuyla korur". Bu maddeden de anlaşılacağı gibi toplumu hareketli hale getirmek ve bireylerin serbest zamanlarını değerlendirmek adına, bireyleri spor yapmaya teŖvik etmek devletin görevleri arasında yer almaktadır (T.C. Anayasa, 1982). Devletimiz sporu anayasal güvence altına almıŖ olmasına rağmen toplumda düzenli spor yapma eğilimi düşük orandadır. Bireyleri spor yapmaktan alıkoyan sebepler tespit edilerek olası aksaklıklar düzeltilmeli ve insanların spora katılımı artırılmalıdır. Buradan yola çıkarak bu çalıŖmada, bireylerin düzenli spor yapmamalarına neden olan sınırlandırıcı unsurların, Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri ile tespit edilmesi ve bu kısıtların ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm önerilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

## **SPORUN FAYDALARI VE SPORA TEŖVİK**

### ***Sporun Fiziksel, Fizyolojik ve Zihinsel Faydaları***

Sporun bireyler üzerindeki faydaları literatürde yer alan birçok çalıŖma ile desteklenmiŖ olup bu faydalar fiziksel, fizyolojik ve zihinsel olarak sınıflandırılmıŖtır. Fiziksel ve fizyolojik faydaları ele alınacak olursa, aerobik performans, kardiyovasküler kapasite, kas kuvveti ve gücü, esneklik, çeviklik, vücut kompozisyonunda iyileŖmenin yanı sıra, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, obezite, osteoporoz, diyabet gibi metabolik hastalıklara yakalanma riskinde azalma, kemik mineral yoğunluğunda artış ve kilo kontrolünün sağlanması gibi olumlu etkileri gözlenmiŖtir. Bu bağlamda düzenli fiziksel aktivite yapan bireylerin yaŖam kalitesinin arttığı görülmektedir. Literatürdeki çalıŖmalar, egzersiz sayesinde, kalp hastalıklarında %9,3, Tip2

diyabette %11,5, bazı kanser türlerinde %16 oranında yakalanma riskini azaldığı ve bazı hastalıkların tedavi sürecinde de önemli rol oynadığını göstermektedir (Can vd., 2014). Diğer taraftan, sporun zihinsel sağlık üzerindeki olumlu etkileri incelenecek olursa, akıl ve beden sağlığının birbiriyle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Depresyon ve kaygının kardiyovasküler hastalıklara sebep olması ile ilişkisini ortaya koyan çalışmalar vardır (Lee vd., (2012). Fiziksel zindelik ruh sağlığıyla ve iyi oluşla olumlu yönde ilişkilidir. Egzersiz, kaygı ve depresyonda azdan orta düzeye kadar bir iyi oluş sağlamaktadır. Kronik depresyon tedavisinde egzersiz tedaviye yardımcı bir unsurdur (Beşiktaş ve Orta, 2012). Düzenli egzersiz, stres hormonları seviyesinde düşmeye neden olmaktadır. Egzersizin psikolojik faydaları arasında kontrol algısında, özyeterlilik algısında artış, olumlu benlik algısı ve benlik saygısında artış olmakla birlikte olumlu etkileşimlere neden olmaktadır. Egzersiz yapma sıklığı arttıkça, şu unsurlarda artış olur; kendine güven, bilişsel işlev, iç kontrol odağı, idrak yeteneği, olumlu beden imajı ve öz kontrol (Weinberg ve Gould, 2015).

### ***Spor Kültürünün Oluşturulması***

2013 yılında 28541 sayılı resmi gazetede yayımlanan ve kabul edilen ulusal gençlik ve spor politikasına göre “Ortaokul Beden Eğitimi ve Spor Dersi Öğretim Programında aktif ve sağlıklı yaşam, öğrenme alanı, öğrencilerin düzenli fiziksel etkinlik ve spor yapma alışkanlıklarını geliştirmelerine ve bu alışkanlıkları geliştirmede kişisel, toplumsal ve çevresel nedenleri anlamalarına odaklıdır” ifadesinin yer aldığı görülmektedir. Bununla birlikte Orta Öğrenimde yer alan Beden Eğitimi ve Spor Dersinin “Aktif ve sağlıklı yaşam alışkanlığı kazandırır” ilkesine dayandığı belirtilmiştir (Orhan ve Yoncalık, 2016; T.C. Resmi Gazete, 2013).

Çocukluk ve gençlik çağının ilk evrelerinin aile yanında tamamlanması sebebiyle ailenin değer yargıları, sosyalleşmedeki etkileri, tüm yaşam tarzı pratikleriyle çocuklarına kültürel sermaye aktarımı konusunda büyük öneme sahip olduğu görülmektedir (Güven, 2006; Yücel vd., 2015; Güven ve Yıldız, 2014; Yüksel, 2019). Bu sayede ailenin eğitim durumu, mesleği, gelir düzeyi, statüsü ve serbest zaman faaliyetlerine imkan verecek ortamın varlığına göre farklılık göstermekle birlikte spor yapan, sporu yaşamının bir parçası haline getirmiş olan,

faydalarına inanan ve bu doğrultuda olumlu fikir ve yönlendirmelerini çocuğuna transfer eden ailelerin çocukları da bu kültürel mirası taŖımakta ve kendi nesillerine aktarmaktadırlar. Dolayısıyla aile ve spora katılım arasında güçlü bir iliŖki bulunmaktadır. Ebeveynlerin çocuklarından beklentileri, spordan beklentileri, kendi tercih ettikleri spor dalları veya spora katılım düzeyleri çocukların spora katılım durumlarını etkilemektedir. Yüksel (2019) çalışmasında spor yapan ebeveynlerin çocuklarını elit düzeyde sporcu olmaları yönünde desteklediklerini ifade etmiştir.

Bireylerin spor yapma düzeyleri ülkede oluşturulmuş olan spor kültürüne doğrudan bağlı bir etkidir. Uluslararası Olimpiyat Komitesi'ne (IOC) göre bir ülkede spor kültürünün oluşmuş olması için nüfusun en az %8'inin düzenli spor yapıyor olması gerekmektedir. Bu oran ülkemizde 4,7'dir. Avrupa örneklerine bakacak olursak İskandinav ülkelerinde bu oran %50'nin üzerindedir. Ülke bazında ise Finlandiya %54, Danimarka ve İsveç %53, Avusturya %49, Almanya %47'dir. Diğer taraftan Romanya %7,5, Bulgaristan %9'dur (OICD, 2019; eurostat, 2020). Avrupa ülkesi örneklerine baktığımızda ülkemizde düzenli spor yapma oranının çok düşük olduğunu, bu durumun da spor kültürümüzün oluşmamasına sebebiyet verdiğini görmekteyiz.

Spor eğitimindeki yetersizlik, spora özendirme çalışmalarının olmaması, bireylerin sporun faydaları hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları, sporun sosyalleŖme aracı olarak görülmemesi ve ebeveynlerde spor kültürü oluşmaması sebebiyle çocuklarına da bu kültürü aŖılayamamaları ülkede spor kültürünün oluşmamasına sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda ulusal ve uluslararası spor organizasyonlarının yanı sıra rekreatif amaçla yapılan sağlık için spor organizasyonlarının artırılması, kitlelerin de bu organizasyonların içine izleyici veya katılımcı olarak iŖtirik ettirilmeleri sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde bireylerde sporun sağlığa olan faydaları ve bir sosyalleŖme aracı olduğuna dair farkındalık gelişir. Bu sayede bireyler düzenli spor yapma alışkanlığı kazanabilir, kendilerinden sonra gelecek olan nesillere spor yapma bilincini aŖılayabilir ve böylece ülkede spor yapan nüfus arttıkça spor kültürünün gelişimi sağlanabilir.

Ülkemizdeki lisanslı sporcu sayısına bakıldığında bu rakamın 4,907,955 olduğu ancak bu sporculardan 695,698'inin aktif sporcu



oldukları görülmüştür (shgm.gsb.gov.tr). Bu durum, spor kültürü oluşmamış olmasına bağlı olarak kitle sporunu (rekreatif amaçla yapılan sporu) yapan bireylerin sayısının azlığının, profesyonel sporcu sayılarını olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Diğer taraftan, Uğur ve Çolakoğlu (2017) ülkemizde çağdaş spor bilincinin oluşması konusunda Gençlik Spor Genel Müdürlüğü, Türkiye Milli Olimpiyat Komitesi, Türkiye Futbol Federasyonu, Amatör Spor Kulüpleri Federasyonu, Türkiye Milli Paralimpik Komitesi, Özerk Federasyonlar ve Spor Kulüplerinde görev yapan spor yöneticileriyle yapmış oldukları anket çalışması sonucunda spor bilinci oluşturma yönündeki çabaların kurumsal boyutlarda olmaması sebebiyle ülkemizde çağdaş spor bilincinin oluşmadığını, bu konuda ancak spor eğitiminin, spor alt yapısının ve spor mevzuatının amaç doğrultusunda yeniden düzenlenmesi durumunda başarıya ulaşabileceğini vurgulamışlardır.

Ayrıca aileler, çocukları ile ilgili gelecek kaygıları sebebiyle spor aktiviteleri yerine okul, dersane ve sınava hazırlık gibi konulara yönelmelerini tercih etmektedirler.

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020 yılı Türkiye nüfusu 83,614,361 olduğu tespit edilmiştir (TUIK, 2021b). Ülkedeki spor federasyonlarının toplam sayısı ise olimpiik sporlarda 39, olimpiik olmayan sporlarda 27 olmak üzere toplam 66'dır. Bu federasyonlara bağlı antrenör sayısı 251,719'dur (Spor Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2020). Bu durumda kişi başına düşen antrenör sayısı nüfusa oranlandığında bu rakamın 1/332 olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere nüfusa oranla antrenör sayısı oldukça düşüktür.

### ***Hareket Eğitimi ve Faydaları***

Erken çocukluk döneminde gerçekleştirilen hareket eğitimi çocuk için keşfetme ve öğrenme aracı olduğu kadar bilişsel, fiziksel ve psikolojik yönlerden sağlıklı gelişimine olanak tanımaktadır. Bu sebeple okul öncesi dönem öz bakım becerileriyle sınırlı kalmayıp oyunlarla çocuğa hareket eğitimi verilmeye başlanmalıdır. Gelişim dönemlerine paralel olarak motorik özelliklerde de gelişim gerçekleşmektedir. Koşma, tırmanma, atma, tutma, eğilip kalma, ritimle hareket etme gibi hareket formları oyunlara entegre edilmelidir. Bu sayede çocuklar oyun oynayarak kuvvet, denge, ritim duygusu, yön bulma vb. yetilerin yanı

sıra kurallara uyma, bir amaç doğrultusunda birlikte hareket edebilme, yenme ve yenilme, kendine güven gibi kazanımlar elde etmelerini sağlamaktadır. Hareket eğitiminde ayrıca hareketin keŖfedilmesiyle birlikte dűŖünsel sűreçler de olaya dahil olduğu için dikkat ve odaklanma da hedef konular arasına girmektedir ki sportif alıŖtırmalar esnasındaki odaklanma ve dikkat sűresi de performansı artıran bir öge olarak karŖımıza çıkmaktadır. Bu da akademik baŖarıyı olumlu etkileyen unsurlar arasında önde gelenlerdendir.

Oyun ve hareketle birlikte çocuklar kendi yeteneklerinin ve bir Ŗeyi baŖarmıŖ, hedefe ulaŖmıŖ olmanın da farkına varmaktadırlar ki bu durum da onların özguvenlerinin gelişmesini sağlamaktadır. Bu durumun ise hayatın ileriki dönemlerinde de baŖarılı olacakları inancını doğurduğu (Bal vd., 2017), pozitif dűŖünceye odaklanarak kaygıyla başa çıkabilme konusunda daha baŖarılı oldukları görűlműŖtür. Yurdakul ve arkadaşları (2012) sekiz yaŖ grubundaki çocuklara özel olarak hazırlanmıŖ hareket eğitimi programlarının öğrencilerin dikkat ve hafıza gelişimleri üzerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.

Diđer taraftan hareket eğitiminin bu kadar önemli olduğu okul öncesi çağlarında öğretmenlerin hareket eğitimi alanında donanımlı olmaması, bu sebeple ilgili programların bilinçli bir Ŗekilde planlanıp uygulanamadığı, mekânsal veya malzeme konusunda yetersizliklerin olması sebebiyle bu dönem oldukça verimsiz geçirilmektedir (Özer ve Özer, 2012; Özyűrek vd., 2015).

İlköğretim çağına gelmiş olan çocuklar için de durum benzerdir. Milli Eđitim Bakanlığı'nın ilk ve orta öğretim müfredatına bakıldığı zaman beden eğitimi dersinin ilk öğretimde yer almadığı, orta öğretimde de sadece 2 saatle sınırlı olduğu görűlmektedir (Ŗekil 1). Çocukların motor becerilerini geliŖtirmek ve spor alışkanlığı kazanmalarını sağlamak açısından beden eğitimi derslerinin ilköğretim okul programlarında yeterince yer alması önem arz etmektedir. Ayrıca, dersin hedeflerine ulaŖmak haftalık ders sayısı, ders sűresi, tesis, malzeme imkanı ve nitelikli beden eğitimi öğretmeni ile ilişkilidir.

## İLKÖĞRETİM KURUMLARI (İLKOKUL-ORTAOKUL) HAFTALIK DERS ÇİZELGESİ

DERSLER		SINIFLAR							
		İLKOKUL				ORTAOKUL			
		1	2	3	4	5	6	7	8
ZORUNLU DERSLER	Türkçe	10	10	8	8	6	6	5	5
	Matematik	5	5	5	5	5	5	5	5
	Hayat Bilgisi	4	4	3					
	Fen Bilimleri			3	3	4	4	4	4
	Sosyal Bilgiler				3	3	3	3	
	T.C. İnkılâp Tarihi ve Atatürkçülük								2
	Yabancı Dil		2	2	2	3	3	4	4
	Din Kültürü ve Ahlak Bilgisi				2	2	2	2	2
	Görsel Sanatlar	1	1	1	1	1	1	1	1
	Müzik	1	1	1	1	1	1	1	1
	Oyun ve Fizikî Etkinlikler	5	5	5	2				
	Beden Eğitimi ve Spor					2	2	2	2
	Teknoloji ve Tasarım							2	2
	Trafik Güvenliği				1				
	Bilişim Teknolojileri ve Yazılım					2	2		
	Rehberlik ve Kariyer Planlama								1
İnsan Hakları, Yurttaşlık ve Demokrasi				2					

Şekil 1. İlköğretim kurumları haftalık ders çizelgesi

Kaynak: MEB, 2018.

Spor bilimi alanında eğitim veren kurumlar antrenörlük, spor yöneticiliği, rekreasyon, beden eğitimi öğretmenliği ve egzersiz ve spor bilimleri alanlarında mezun vermektedir. Spor bilimi ile ilgili eğitim veren birimler ve 2020 yılındaki öğrenci sayıları Tablo 1’de gösterilmiştir. Aynı şekilde 2020 yılında mezun olan ve 2021 yılında atanan Beden eğitimi öğretmenliği bölümü mezunlarının sayıları Şekil 2’de yer almaktadır. Tüm bu veriler ışığında, mezuniyet ve atama oranlarına bakıldığında istihdam oranının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durum ülkemizde verilen spor eğitiminin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır.

Şekil 2’de 2020 yılında beden eğitimi öğretmenliği mezun ve atanan öğretmen sayıları yer almakta olup mezun olan ve atanan öğretmen oranına bakıldığında oldukça düşük bir oran (%1,7) görülmektedir.

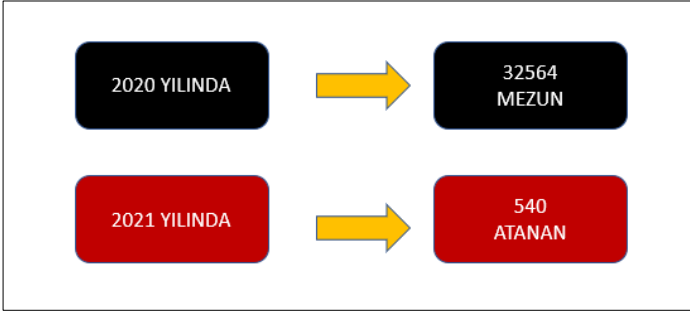
### **Beden Eğitimi Dersinin Önemi**

Beden eğitimi dersi kişinin sosyal, duygusal, bedensel ve zihinsel olarak gelişmesini, hareket eğitimi yoluyla sağlamaktadır. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Ortaokul Beden Eğitimi ve Spor dersi

*Tablo 1. Spor Bilimi ile ilgili eğitim veren birimlerin 2020 yılı öğrenci sayıları*

<b>2020 YILI ÖĞRENCİ SAYILARI</b>			
	Birim Sayısı	Yeni Kayıt	Okuyan
<b>Spor Bilimleri Fakültesi</b>	53	9.244	29.641
<b>Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu</b>	71	8.064	42.330
<b>Spor Bilimleri Teknolojisi</b>	5	86	909
<b>Toplam</b>	129	17.394	72.880

*Kaynak: YÖK, 2021*



*Şekil 2. Beden eğitimi öğretmenlerinin mezuniyet ve atanma durumu*

programının amacını öğrencilerin, yaşamları boyunca kullanacakları hareket becerileri, aktif ve sağlıklı yaşam becerileri, kavramları ve stratejileri ile birlikte öz yönetim becerileri, sosyal beceriler ve düşünme becerilerini de geliştirerek bir sonraki eğitim düzeyine hazırlanmak olarak belirtmiştir. Bu amaçların gerçekleştirilmesi için, yeterli ve amaca uygun tesis, araç, gereç ve dersi etkin bir şekilde uygulatabilecek beden eğitimi öğretmenine ihtiyaç vardır.

Beden eğitimi öğretmenleri, güncel spor eğitimi literatürünü sürekli takip etmeli, kendini bu konuda geliştirmelidir. Dersin işleyişi, çocukların zihinsel ve motor gelişimlerine uygun olması gerektiği gibi ayrıca öğretim teknikleri açısından da zenginleştirilmelidir. Örneğin, farklı materyallerle yaratıcılığı geliştiren hareket ve oyun modülleri kullanmak gibi (<http://www.meb.gov.tr>, 2018; Orhan ve Yoncalık 2016).

Gülüm ve Bilir 2011' de, Özbar ve arkadaşları ise 2017 yılında yaptıkları bir çalışmada; var olan beden eğitimi derslerinin uygulanması açısından öğretmenlerin tutum ve davranışları incelemiştirlerdir. Çalışmalarında, beden eğitimi öğretmenlerinin yapılandırmacı yaklaşımlı beden eğitimi programının uygulama açısından sınıf mevcudunun uygun olmaması, ders saati, araç gereç kısıtlılığı sebebiyle programı uygulamadıklarını ifade ettiklerini bildirmişlerdir (Gülüm ve Bilir 2011; Özbar vd., 2017). Özbar ve arkadaşları (2017) ise orta dereceli okullarda beden eğitimi ve spor dersinin uygulanmasına yönelik beden eğitimi öğretmenlerinin tutum ve görüşlerine ilişkin yapmış oldukları anket çalışması sonuçlarına göre beden eğitimi dersine ayrılan sürenin genel ve özel amaçlara ulaşabilmek için yetersiz olduğu, okul yönetimlerinden, ailelerden ve sosyal çevreden alınan desteğin okullara göre değişiklik gösterdiği ve ayrıca müfredatı uygularken gerekli araç gerecin okullara göre farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Benzer bir şekilde Taşmektepligil ve arkadaşları (2006) haftalık beden eğitimi ders süresinin ve okulların sahip oldukları araç gereçlerin amaca ulaşmada yeterli olmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca beden eğitimi dersinin diğer akademik derslerden sonra geldiğini, programda oluşabilecek bir aksama durumunda öncelikle beden eğitimi dersinden feragat edildiğini ve beden eğitimi dersi yerine bu derslerin yapıldığı da bildirilmiştir.

Beden eğitimi derslerinin yürütülmesinde tesis ve malzemenin yanı sıra öğretmenlerin programı yürütürken karşılaştıkları ve kendi kontrolleri dışında olduğu için çözümleyemedikleri, ders saati, maddi kaynaklar, tesisler, malzeme gibi etkenler bulunmaktadır. Bununla birlikte Sınıf öğretmenleri, spor eğitimi konusunda gerekli eğitim ve donanımına sahip olmadıkları için beden eğitimi dersini yürütmekte etkili olamamaktadır. Ayrıca öğrencilerin diğer ana derslerdeki eksikliklerini gidermek amacıyla beden eğitimi ve spor derslerinin yerine başka ana derslere yer verilmektedir (Güven ve Yıldız, 2014).

## KISITLAR TEORİSİ DÜŖÜNCE SÜREÇLERİ

Kısıtlar Teorisi Dr. Eliyahu M. Goldratt tarafından geliştirilmiŖ olan, her sistemin en az bir kısıta sahip olduğunu ve mevcut kısıtların ise sistemin performansını belirlediğini ifade eden bir yönetim felsefesidir (Akman ve Özcan, 2017). Sistemin işleyiŖi içerisinde geliŖen darboğazların tespit edilerek geliştirilmesi ve sistemden beklenen faydanın artırılmasını amaçlamaktadır (Öner ve Şahbaz, 2013).

Kısıtlar Teorisi, karar verme sürecinde bireye rehberlik ederek değişim için bir yol haritası sunan ve bir dizi mantık ağacından oluŖan bir düşünce sürecidir. Neyin değişeceğine ve neye dönüŖeceđine ve neye neden olunacağına dair sorular içermektedir. Konuya iliŖkin problem yapılandırılır, tanımlanır, ortaya çıkan problemlere çözüm oluŖturulur ve uygulanır. İyileŖme sürecinde 5 adet odaklanma adımı mevcuttur (Mabin, 2015):

1. Kısıtları tanımlamak
2. Kısıtlardan faydalanmak
3. Diğer etkinlikleri ikinci adımdaki karara bağımlı tutmak
4. Kısıt olma eŖiđini yükseltmek
5. Herhangi bir kısıt ortadan kaldırılabildiyse ilk adıma geri dönmek

Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri yöntemi kullanılarak kısıtların tespit edilmesi ve bu kısıtların ortadan kaldırılabilmesi için çözüm yolu oluŖturulması amacıyla bir yol haritası belirlenmesi için Ŗimdiki gerçeklik ağacı, buharlaŖan bulut, gelecek gerçeklik ağacı, ön gereksinim ağacı ve geçiŖ ağacı gibi mantık ağaçları kullanılmaktadır (Yumurtacı ve Onursal, 2019; AYTEKİN vd., 2012).

“Ne Değişecek?” ve “Neye DönüŖecek?” soruları ile sistemin baŖlangıç ve bitiŖ noktaları belirlenmiŖtir. Bu iki nokta arasındaki evreler “dönüŖümün nasıl gerçekteŖtiđi” sorusuna cevap vermektedir (Onursal vd., 2018).

Ŗimdiki gerçeklik ağacı, mevcut sistemdeki kısıtların belirlenerek ana problemlerin tanımlanması ve “Ne değişecek” sorusuna cevap vermek için kullanılmaktadır.

Değişmesi gereken kısıtın ne olduğuna karar verildikten sonra, Buharlaşan Bulut ile “Neye dönüşecek” sorusu cevaplanarak kök problemleri ortadan kaldıracak çözüm önerileri ortaya konulmaktadır.

Gelecek Gerçeklik Ağaçları, çözüm önerileri ve aralarındaki nedensellik bağı ile olası sonuçların belirlendiği kısımdır. Ön Koşullar Ağacı ile belirlenen amaca ulaşma yolunda karşılaşılan engellerin ortadan kaldırılması için ara amaçlar belirlenerek eylem sıralaması oluşturulur.

Geçiş Ağacı amaca ulaşmak için oluşturulmuş olan eylem sıralamasının detaylı bir şekilde planlanmasını içermektedir. Buharlaşan Bulut ve Gelecek Gerçeklik Ağacında geliştirilen enjeksiyonlar uygulanır ve taktiksel faaliyet planı ortaya çıkartılır (Yüksel, 2011; Onursal vd., 2018).

Günümüz yaşam şartlarında bireylerin gitgide daha hareketsiz bir yaşam formunu benimsediği ve spor yapmaktan her geçen gün daha da uzaklaştıkları görülmektedir. Çalışmada bireyleri spor yapmaktan alıkoyan, kendilerine engel teşkil eden konuları Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri yaklaşımı ile tespit ederek bu kısıtların ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm önerilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bireylerin düzenli spor yapmasına engel olan başlıca sebepler: Sosyoekonomik nedenler, spor eğitimcilerinin mesleki bilgi eksikliği, spor kültürünün oluşmamış olması ve tesislerdeki problemler ana başlıkları altında yoğunlaşmış olup bu ana başlıkların altında yer alan bireylerin kendilerine serbest zaman yaratamamaları, devletin spor eğitimi politikasındaki uygulamaları, bireylerin sporun sağlık üzerindeki etkileri konusunda yeterli bilgilerinin olmaması, eğitimci eksiklikleri, tesis yetersizliği, spor kültürünün oluşturulmamış olmasıdır. Tespit edilen bu nedenler çerçevesinde Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri kullanılarak çözüm önerileri getirilmiştir.

Şimdiki Gerçeklik Ağacı kullanılarak mevcut durum ortaya konulmuş, Buharlaşan Bulut aracı ile yok edilmiş ve gelecekte olması beklenen durum Gelecek Gerçeklik Ağacı ile belirlenmiştir. Spor bilimi alanında Kısıtlar Teorisi yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmaya rastlanmamış olup bu çalışma bu konu ile ilgili yapılacak daha sonraki çalışmalara öncü olacaktır.

### **Ŗimdiki Gerçeklik Ağacı**

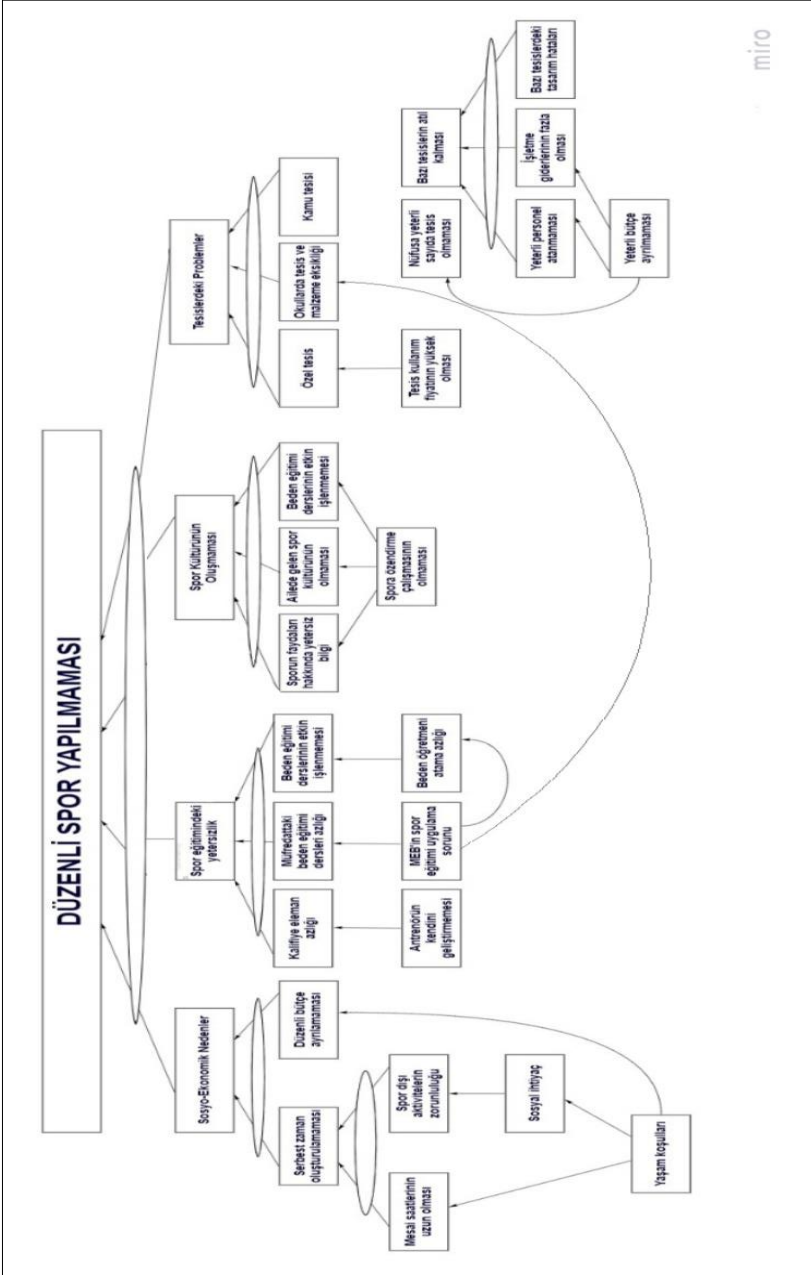
Ŗimdiki gerçeklik ağacına göre, bireylerin düzenli spor yapmamalarına ilişkin kök nedenler belirlenerek “ne deęiŖecek?” sorusu cevaplanmaya çalışılmıştır. Bulunan kök nedenlerin yaşam koŖulları, Milli Eğitim Bakanlığı’nın spor eğitimindeki uygulama sorunları, antrenörün kendini geliŖtirmemesi, spora özendirme çalışmasının olmaması, tesis kullanım fiyatlarının yüksek olması, tesisler için yeterli bütçe ayrılmaması, bazı tesislerin tasarım hataları Ŗeklinde 7 adet olduğu görölmektedir. Bu kök nedenler neyin deęiŖmesi gerektiği yönünde karar verme sürecini belirlemektedir. Bireylerin Düzenli Spor Yapmamalarına İliŖkin Ŗimdiki Gerçeklik Ağacında neyin deęiŖeceęine ilişkin kök nedenler Ŗekil 3’ de sunulmuŖtur.

### **BuharlaŖan Bulut**

Ŗekil 4’de Millî Eğitim Bakanlığı’nın spor eğitimi uygulamasına ilişkin buharlaŖan bulut, Ŗekil 5’de Spor költürü oluŖturulmasına ilişkin buharlaŖan bulut, Ŗekil 6’da Tesislerdeki fiyat politikası iyileŖtirilmesine yönelik buharlaŖan bulut, Ŗekil 7’de Tesis sayısının artırılmasına ilişkin buharlaŖan bulut, Ŗekil 8’de Âtıl kalan tesislerin kullanılabilirliğine ilişkin buharlaŖan bulut, Ŗekil 9’da Milli Eğitim Bakanlığı’nın okul spor salonlarına ayırdığı bütçenin artırılmasına yönelik buharlaŖan bulut ile çözümlenmeye çalışılmıştır.

Bireylerin sosyo-ekonomik sebepleri, mesai saatlerinin uzun olması ve zaman zaman fazla mesai yapılması, arta kalan zamanda yaşam için zorunlu olan alış-veriŖ, çocukların eğitimi, aileyi ilgilendiren tüm sosyal ihtiyaçlar sebebiyle spora ayrılan zaman azalmaktadır. Tüm bu faktörler kiŖilerin yaşam koŖullarına bağlı olduğundan bu durumun iyileŖtirilmesi toplumun sosyo-ekonomik statüsündeki deęiŖişlerle gerçekleŖebilir. Her yıl spor eğitimi veren kurumlardan antrenörlük eğitimi almıŖ kiŖiler yetişmektedir. Ancak mevcut antrenörlerin mezuniyet sonrası çalıştıkları kurumlarda maaŖları düşük olduğu için antrenörlerin bazıları mesleklerini yapmaktan vazgeçmekte bazıları da kendilerini mesleki olarak geliŖtirmek için gerekli eğitimlere katılmak ve güncel literatürü takip etmek konusunda istekli olmamaktadırlar. Bu durum kalifiye antrenör sayısının her geçen gün azalmasına, bu da spor eğitiminde yetersizliğe sebep olmaktadır. Antrenörlere belli dönemlerde Spor Bakanlığı tarafından hizmet içi eğitimlerin zorunlu

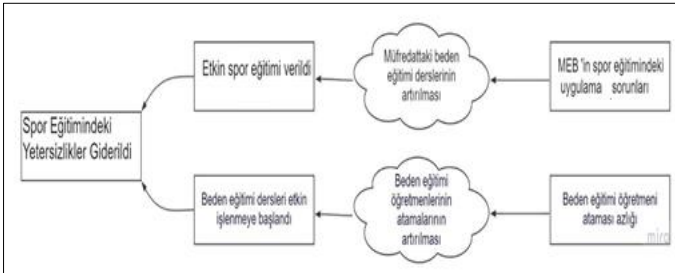




Şekil 3. Bireylerin düzenli spor yapmamlarına ilişkin şimdiki gerçeklik ağacı

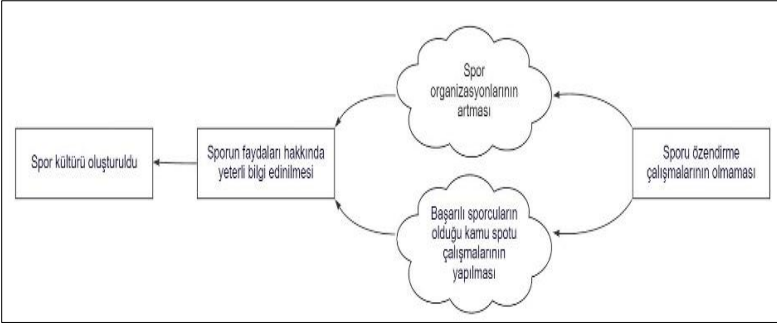
hale getirilmesi ve bu eğitimlerin ücretsiz verilmesi, aralıklarla kalite kontrolünün sağlanması antrenörün kendisini daima güncel tutmasına olanak verecektir. Bu sayede spor eğitimindeki yetersizlik giderilecektir.

MEB müfredatına göre ilk öğretimde beden eğitimi dersi uygulanmamaktadır, orta öğretimde ise haftada 2 saat beden eğitimi dersi uygulanmaktadır. Beden eğitimi derslerinin var olduğu kademelerde de etkin biçimde işlenmesi okulların mevcut beden eğitimi öğretmeni sayısı ve tesis imkanları ile doğru orantılıdır. Ŗayet okulun beden eğitimi öğretmeni yok ise beden eğitimi dersi yerine farklı diğer dersler işlenebilmekte ya da müfredatın gereklilikleri çerçevesinde işlenmemektedir. Bu durum spor eğitiminde yetersizliklere neden olmaktadır. MEB ile yapılan iş birliği sayesinde müfredatta yer alan beden eğitimi derslerinin spor eğitimi üzerindeki etkilerinin öneminin vurgulanması ve ilköğretime beden eğitimi dersinin mutlaka konulması, ortaöğretimde ise ders sayısının artırılması ve mevcut dersin beden eğitimi müfredatı gereklilikleri çerçevesinde işlenmesinin tüm ülkede sağlanması konusunda görüŖülmesi ve MEB ile iş birliği sağlanması spor eğitimindeki yetersizliklerin giderilmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca beden eğitimi öğretmeni atamasının azlığı, ilk ve orta öğretimde spor eğitiminin hiç yapılamaması veya yetersiz yapılmasına neden olmaktadır. Bu sebeple atamaların artırılması, her okulda beden eğitimi öğretmeninin olması ve beden eğitimi derslerinin etkin bir Ŗekilde işlenmesi, çocukların ve gençlerin hareket eğitiminin geliştirilmesi konusunda yardımcı olacaktır. Böylece spor eğitimindeki yetersizliklerin giderilmesi sağlanabilecektir.



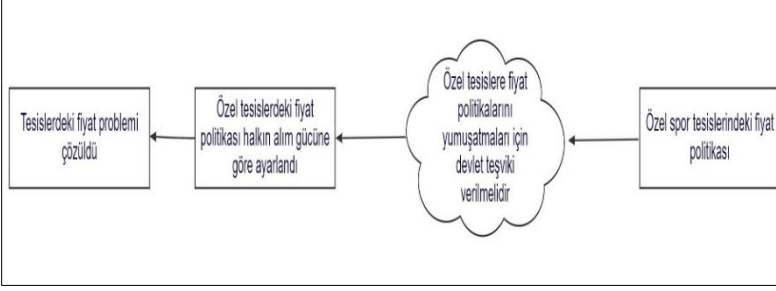
Ŗekil 4. Millî Eğitim Bakanlığı spor eğitimi uygulamasına iliŖkin buharlaŖan bulut

Sporla ilgili özendirme çalışmalarının az olması sebebiyle halk sporun faydaları hakkında yeterli bilgiye sahip olamamaktadır. Spor yapmayan ebeveynler spor bilincine sahip olmadıkları gibi çocuklarına da spor bilincini aşılayamamaktadırlar. Bireylerin spor yapmaması, spordan uzak kalması, sportif faaliyetlere vakit ayırmaması sonucunda ülkede spor kültürü oluşmamakta ve bu durum nesilden nesile aktarılmaktadır. Devletin sporla ilgili kurumları tarafından kitlelere hitap eden büyük spor organizasyonları düzenlenmesi, ülkenin başarılı sporcularının kamu spotu çalışmalarında yer alması ve ayrıca okullarda sporla ilgili eğitim ve seminerlere konuk edilmeleri kitlelerin sporun faydaları hakkında bilgi edinmesini sağlayacak ve spora karşı ilgi oluşacaktır. Ancak bu sayede spor kültürünün oluşması sağlanabilecektir.



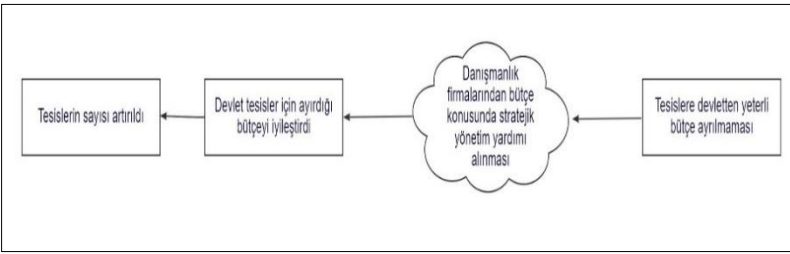
Şekil 5. Spor kültürü oluşturulmasına ilişkin buharlaşan bulut

Özel spor tesisleri içerik ve fiyat politikası açısından farklılık göstermekle birlikte birçoğu mevcut yaşam koşulları gereği kişilerin bütçelerine uygunluk sağlamamaktadır. Her kesimden kitlelerin spora katılım sağlayabilmesi ve özel spor tesislerinden de faydalanabilmesi için özel tesislerin fiyat politikalarını yumuşatmaları gerekmektedir. Bunun için de hem spor yapacak halk hem de tesis işletmecisi için uygun ortamın sağlanması adına devlet teşviki verilmelidir. Buna ek olarak uzun vadeli krediler, uzun süreli tahsis edilebilecek tesisler gibi destekler yüksek fiyatların düşürülmesinde etkili olacaktır. Bu sayede fiyatların birçok kişinin bütçesine uygun hale geleceği düşünülmektedir.



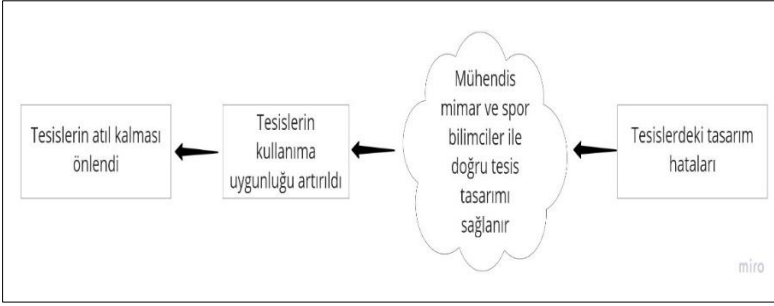
Şekil 6. Tesislerdeki fiyat politikası iyileştirilmesine yönelik buharlaşan bulut

Gençlik Spor Genel Müdürlüğü verilerine göre kamuya ait spor tesis sayısı 2002 yılı öncesinde 1500 iken 2020 yılında bu rakam 5000 civarına ulaşmış olsa da 2002 yılından bu yana nüfusun da artışıyla beraber bu rakam halen düşük bir oranda kalmakta ve ülke nüfusuna yeterli olmamaktadır (Gençlik Spor Bakanlığı, 2020). Kamuya ait tesislerin sayılarının nüfusa oranla az olması, tesisin işletim giderlerinin fazla olması, istihdam edilecek personele ihtiyacın olması devlet tarafından ayrılacak olan bütçeyle doğrudan ilişkili bir durumdur. Bu kısıtın ortadan kaldırılması kanun koyucuya bağlı olmasından dolayı mümkün olmamakla birlikte danışmanlık firmalarından alınabilecek bütçe desteği ve özel kurumlardan alınacak hibeler tesis için gerekli bütçenin sağlanması yolunda iyileştirmeye neden olacaktır.



Şekil 7. Tesisler için bütçe ayrılmasına yönelik buharlaşan bulut

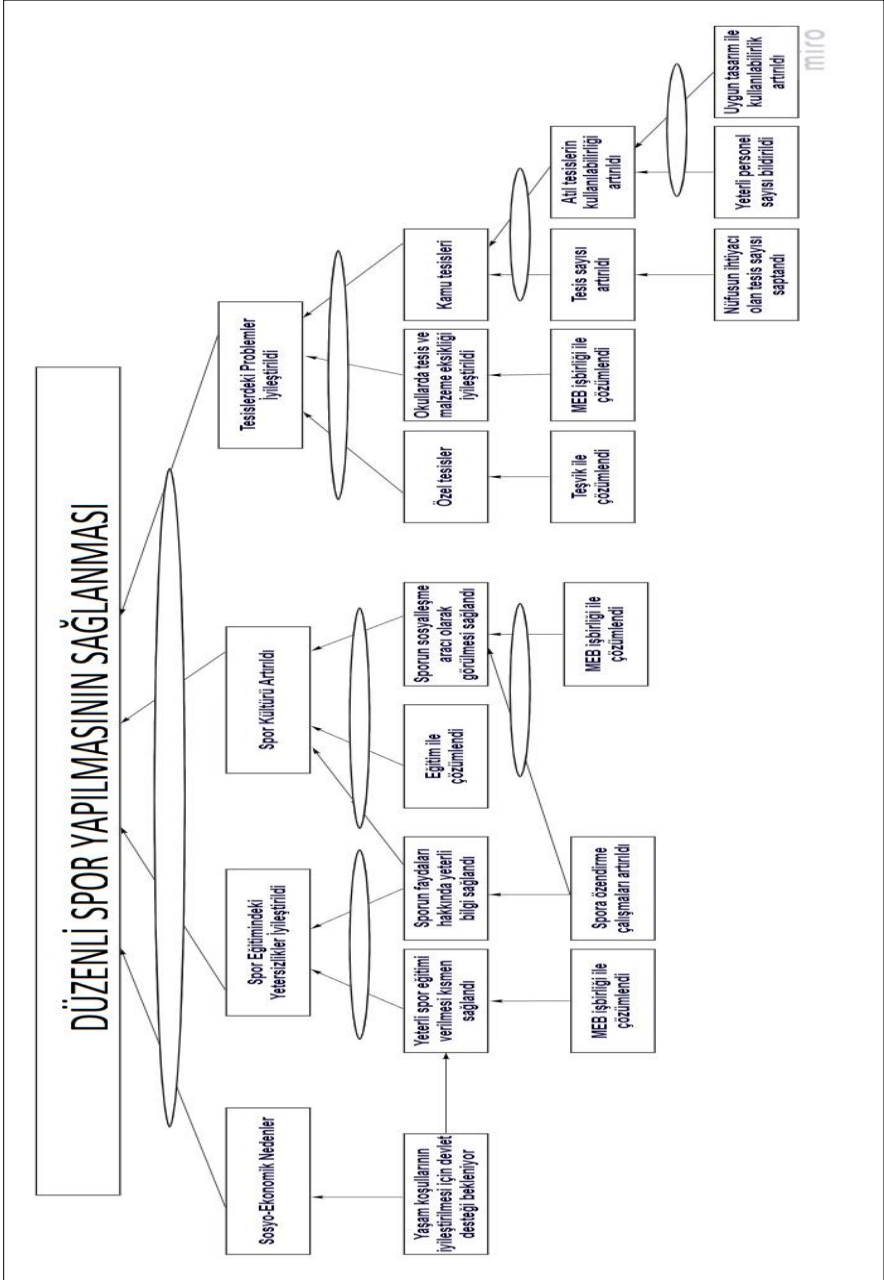
Bazı tesisler tasarım hataları sebebiyle uzun süre kullanım dışı kalmakta veya kullanım zorluğu yaşanmaktadır. Hatta mekanik açılardan egzersizin amacına uygun olmayan tesis ve ekipmanlar bulunmaktadır. Bu tesis ve ekipmanların kullanılabilirliğini artırmak amacıyla spor bilimciler, mühendisler ve mimarlar iş birliğiyle istedik özelliklere sahip tesis ve ekipmanların tasarlanması sağlanabilir. Böylece tesislerin kullanım uygunluğu artırılır ve daha fazla kişinin spor yapabileceği alanlar oluşturulabilir, bu da tesislerin atıl kalmasını önler.



Şekil 8. Atıl kalan tesislerin kullanılabilirliğine ilişkin buharlaşan bulut

### **Gelecek Gerçeklik Ağacı**

Şekil 9’da gelecek gerçeklik ağacı gösterilmiştir. Bireylerin düzenli spor yapmaları ülkede spor kültürünün oluşmuş olmasına, sosyo-ekonomik nedenlere, çocukluk çağından itibaren topluma etkin bir spor eğitimi verilmesine, bu anlamda spora özendirme çalışmalarının yürütülmesine ve uygun tesis imkânı sağlanmasına bağlıdır. Bu faktörlerin gerçekleşmesinde yaşam koşulları ve devletin spor politikasını ilgilendiren değiştiremeyeceğimiz faktörler mevcuttur. Bunun yanı sıra daha etkin spor eğitimi verilerek tesislerin tasarımı ve kullanım uygunluğunu artırarak, spora özendirme çalışmalarını daha etkili biçimde yürüterek bireyler spor yapmaya teşvik edilebilir. Bunun sonucunda da spor yapan birey sayısı artırıldıkça ülkede spor kültürünün oluşturulması ve yaygınlaştırılması sağlanabilir.



Şekil 9: Gelecek Gerçeklik Ağacı

## SONUÇ

Spora katılımı birbirinden farklı birçok faktörün etkilediği görülmektedir. Kısa, orta ve uzun vadede alınabilecek tedbirler sayesinde spora katılımı engelleyen kısıtlar ortadan kaldırılabilir veya iyileştirilebilir. Her şeyden önce ülkede spor kültürünün oluşumu için hareket eğitimi okul öncesi dönemde başlatılmalı ve okul öncesi öğretmenlerine de oyun ve spor eğitimi verilmelidir. Ayrıca hareket eğitimi konusunda alanında uzman kişilerden destek alınması gerekmektedir. Bunun yanı sıra ilköğretim kademesine beden eğitimi dersi müfredata konulmalı, beden eğitimi dersi sayısı artırılmalı ve bununla birlikte her kademeye yeterli sayıda beden eğitimi öğretmeni ataması yapılmalıdır. Antrenörler kendilerini geliştirmeli ve güncel literatürü yakından takip etmelidirler. Park ve Bahçeler Müdürlükleri kapsamında spor eğitmenleri bulundurularak halka açık mekanlardaki kullanımında destek alınmalı, işyerlerinde çalışanlara spor yapabilmeleri için spor saati konularak işyeri egzersizleri yapılması sağlanmalıdır. Ayrıca spor tesisleri ve ekipmanlarının tasarlanmasında spor bilimciler, mühendisler ve mimarlar iş birliği içerisinde çalışmalıdırlar. Kamuya ait tesisler uzman antrenörler eşliğinde halka açılmalı, kitlelere hitap eden büyük spor organizasyonları düzenlenmelidir.

## KAYNAKÇA

Akman, G. ve Özcan, B. (2017). Türkiye’de Kısıtlar Teorisi ve Uygulamaları Konusunda Yapılan Çalışmalar: Literatür Taraması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 263-277.

Aytekin, F. G., Yörükoğlu, H. ve Akman, G. (2012). Kısıtlar Teorisi Yaklaşımı ile Kurumsal Bilgi Teknolojileri Yönetimi Talep Sistemlerinin İyileştirilmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*

Bal, S. İ., Ada, E. N. ve Ahmet, A. K. I. N. (2017). Beden Eğitimi Dersine Yönelik Özgüvenin Ortaokul Düzeyinde İncelenmesi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 15(4), 117-126.

Beşiktaş, Y. ve Orta, L. (2014). The benefits of regular exercise in the treatment of certain psychological diseases. *International Refereed Academic Social Sciences Journal*. 15, 43-53.

Can, S., Arslan, E. ve Ersöz, G. (2014). Güncel Bakış Açısı ile Fiziksel Aktivite, *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 12(1),1-10.

Eurostat (2020, November). *Statistics on sports participation*.  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Statistics\\_on\\_sport\\_participation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Statistics_on_sport_participation)

Gençlik Spor Bakanlığı (2020). *Türkiye'nin sahip olduğu tesisler*.  
<https://gsb.gov.tr/HaberDetaylari/3/158564/turkiye-sahip-oldugu-spor-tesisleriyle-dunyanin-ilerisinde.aspx#:~:text=T%C3%BCrkiye%27nin%202002%27de%20sahip,bine%20yak%C4%B1n%20spor%20tesisi%20bulunuyor.>

Gülüm, V. ve Bilir, P. (2011). Beden Eğitimi Öğretim Programının Uygulanabilme Koşulları ile İlgili Beden Eğitimi Öğretmenlerinin Görüşleri. *Sportre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 9(2), 57-64.

Güven, Ö. (2006). Beden Eğitimi ve Spora Katılımda Aile Faktörü. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 10(10), 81-90.

Güven, Ö. ve Yıldız, Ö. (2014). Sınıf Öğretmenlerinin Oyun ve Fiziki Etkinlikler Dersinden Beklentileri, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, Cilt:22 No:2.  
<https://istatistik.yok.gov.tr/>

Lee, M., Shiroma, E.J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. ve Katzmarzyk, P.T. (2012). *For The Lancet Physical Activity Series Working Group. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy*, The Lancet, pp. 219-229.

Mabin, V. (2015). Goldratt's *Theory Of Constraints" Thinking Processes: A Systems Methodology Linking Soft With Hard*, International Journal of Operations & Production Management 28(2):155-184.

Milli Eğitim Bakanlığı (2018, Şubat 27). *İlköğretim okulları haftalık ders çizelgesi*. <https://ttkb.meb.gov.tr/www/haftalik-ders-cizelgeleri/kategori/7>

Onursal, F. S., Birgün, S. ve Yazıcı, S. (2018). *Soğuk Zincir Zayıf Problemlerinin Çözümü İçin Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçleri Uygulaması*. International Conference on Eurasian Economies 2018.

Organization for Economic Co-operation and Development (2019, June 18). Current and past trends in physical activity in four OECD countries. [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=D/ELSA/HEA/WD/HWP\(2019\)5&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=D/ELSA/HEA/WD/HWP(2019)5&docLanguage=En)

Orhan, R. ve Yoncalık, O. (2016). Türkiye'deki Ortaokul Öğrencilerinin Beden Eğitimi ve Spor Alışkanlıklarını, *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:6, Sayı:1.



Öner, M. ve Şahbaz, İ. (2013). İmalat İşletmelerinde Süreç Geliştirme ve Kurumsal İyileştirme Çalışmalarında Kısıtlar Teorisi Düşünce Süreçlerinin Kullanımı: Bir Uygulama Örneği. *Journal Of Yasar University*, 8(32), 5465-5494.

Özbar, N., Karacabey, K., Öntürk, Y., Köksalan, B. ve Karagöz, H. (2017). Beden Eğitimi Öğretmenlerinin Beden Eğitimi ve Spor Dersi Müfredatının Uygulanmasına Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*.

Özer D. S. ve Özer K, (2012). *Çocuklarda Motor Gelişim* (7. Baskı), Ankara: Nobel Yayınları.

Özyürek, A., Özkan, İ., Begde, Z. ve Yavuz, N. F. (2015). Okul Öncesi Dönemde Beden Eğitimi ve Spor. *International Journal Of Science Culture And Sport (Intjscs)*, 3, 479-488.

Spor Hizmetleri Genel Müdürlüğü (2020). *Antrenör Sayıları*.<https://shgm.gsb.gov.tr/Sayfalar/175/105/Istatistikler>

Taşmektepligil, Y., Yılmaz, Ç., İmamoğlu, O. ve Kılıçgil, E. (2006). İlköğretim Okullarında Beden Eğitimi Ders Hedeflerinin Gerçekleşme Düzeyi. *Sportre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 4(4), 139-147.

Türkiye İstatistik Kurumu (2021a), Haziran 15). *Gelir ve yaşam koşulları araştırması, 2020*.<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Gelir-ve-Yasam-Kosullari-Arastirmasi-2020-37404>

Türkiye İstatistik Kurumu (2021b), Şubat 04). *Nüfus ve demografi*.<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>

T.C. Resmî Gazete. (2013). *Ulusal Gençlik ve Spor Politikası Belgesi*. 27 Ocak 2013. Sayı: 28541. Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Uğur, Ö. ve Çolakoğlu, T. (2017). Çağdaş spor bilincinin oluşmasına ilişkin spor yöneticilerinin görüşleri. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2), 1-11.

Weinberg, R. ve Gould, D. (2015). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. 3rd. Edition Human Kinetics, USA.

[www.mevzuat.gov.tr](http://www.mevzuat.gov.tr) (T.C. 1982 yılı Anayasası)

Yumurtacı, B. ve Onursal, F. S. (2019). Kısıtlar Teorisi-Düşünce Süreçleri ile Bireylerin Bireysel Emeklilik Sisteminden Ayrılma Nedenlerinin Analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(4), 3269-3282.

Yurdakul, N. A., Çamlıyer, H., Çamlıyer, H., Karabulut, N. ve Soytürk, M. (2012). Sekiz Yaş Grubu Çocuklarda Hareket Eğitiminin Dikkat ve Hafıza Gelişimine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14(1), 103-108.

Yücel, A. S., Kılıç, B., Korkmaz, M. ve Göral, K. (2015). Spor Yapan Çocukların Spor Tercihleri ve Bunu Etkileyen Bazı Faktörlerin İncelenmesi. *Uluslararası Hakemli Akademik Spor Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi*, 14, (5).

Yüksek Öğretim Kurumu (2021). *Öğrenci Sayıları*

Yüksel, M. (2019). Ailenin Spora Katılımı ile Çocuklarının Elit Spora Yönelmesi Arasındaki İlişki. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*, 9(2), 319-326.

Yüksel, H. (2011). Kısıtlar Teorisinin Düşünce Süreçleri Kullanılarak Bir Üretim İşletmesinin Etkinliğinin Artırılması, *Journal of Yasar University*, 6,(21).

# **Eş Zamanlı Fiziksel ve Zihinsel Egzersiz Yönetim Sistemi Tasarımı**

**Uğur Özbalkan**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-0440-5390)**

**Taylan Hayri Balcıoğlu**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-5645-2514)**

**Cansın Özgör**

*İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-5506-4296)**

**Murat Sükuti**

*Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4380-1791)**

**Vecdi Emre Levent**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6886-8875)**

## GİRİŖ

Yakın zamana kadar spor bilimciler, bireylerin sağlık için yaptıkları egzersizlerde ve sporcuların antrenmanlarında, fiziksel özelliklerin gelişimine odaklanmışır. Literatürde, fiziksel antrenmanların etkisiyle beyinde oluşan plastisite çeşitli yöntemlerle gösterilmiştir. Spor bilimleri alanında son yıllarda, eş zamanlı uygulanan fiziksel ve zihinsel antrenmanlarla performansın bütüncül olarak geliştirilmesi konusu merak uyandırmaktadır. Bununla birlikte araştırmacılar, eş zamanlı uygulanan fiziksel ve zihinsel (motor-kognitif) antrenmanların insan beyninde oluşan plastisiteye ek sinerjistik etki sağladığına yönelik çalışmalara yönelmektedir. Bu kapsamda; kognitif, fizyolojik ve motor performans verilerinin transdisipliner çalışmalarla toplanması, etkin sonuçlar elde edilmesi yönünde verim sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada spor bilimleri alanında eş zamanlı fiziksel ve zihinsel egzersizlerin yönetiminde, uyarıcı sunumu yapılmasına ve veri toplanmasına olanak sağlamak üzere üretilen BioFIT sisteminde yer alan yazılımın çalışma prensiplerine ve sistemin bütüncül işleyişine yer verilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

### *Fiziksel ve Bilişsel Antrenman*

Hareket, insanların günlük hayatının önemli bir parçasıdır. Hareketten beklenen performans, ihtiyaca göre farklılaşmakla birlikte bir hareketin gerçekleşmesi sedanter bireylerden elit sporculara kadar herkes için nöromusküler bir faaliyet gerektirmektedir. Performans hem sağlık için yapılan egzersizlerde hem de sporda (müsabakada), yakın geçmişe dek fiziksel olarak değerlendirilmiş ve bireyler antrenmanlarını bu yönde sürdürmüştür.

Son yıllarda, fiziksel ve metabolik faydalarının yanı sıra sporda sinirbilim alanında yapılan araştırmalarda egzersizin, beyin yapısında değişiklik oluşturduğuna ve beyin fonksiyonlarına katkı sağladığına yönelik birçok bulguya rastlanmıştır (Duru ve Balcioglu, 2018). Bu bilgiler ışığında yalnızca fiziksel egzersizin sağladığı etkiler literatürdeki çok sayıda araştırmada yer alırken, fiziksel egzersizle eş zamanlı uygulanan bilişsel egzersizler içeren bir antrenman yöntemi kullanıldığında elde edilecek bulgulara yönelik yeterince çalışma bulunmamaktadır (Herold vd., 2018). Ancak fiziksel ve bilişsel antrenman kombinasyonunun tek başına bilişsel veya fiziksel

antrenmandan daha yüksek bilişsel beceri artışı tetikleyebileceği öne sürülmektedir (Jaeggi vd., 2011, Lauenroth vd., 2016).

Fiziksel ve bilişsel antrenmanlar birkaç farklı yolla kombine edilebilmektedir. Bu yollar iki ana kategoride incelenmektedir.

### 1. Sıralı fiziksel-bilişsel antrenman

Sıralı fiziksel-bilişsel antrenmanda fiziksel ve bilişsel antrenmanlar ayrı seanslar halinde yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu kapsamdaki antrenmanlara yönelik olarak öncelikle fiziksel antrenman, ardından bilişsel antrenman uygulama sıralaması belirtilmektedir.

### 2. Eş zamanlı fiziksel-bilişsel antrenman

- a. Hareket göreviyle birleşik kognitif görev
- b. Hareket görevine ek kognitif görev

Eş zamanlı fiziksel-bilişsel antrenmanda fiziksel egzersiz ve bilişsel görev aynı seans içerisine entegre edilmiş olarak gerçekleştirilmektedir (Herold vd., 2018). Bu kapsamdaki antrenmanlar çerçevesinde entegre edilen fiziksel ve bilişsel egzersiz uygulama yöntemleri ikiye ayrılmaktadır. “a” maddesinde belirtilen hareket göreviyle birleşik kognitif görev “bir labirent içerisinden çıkmak” ile örneklendirilebilir. Labirent içerisinde çıkışı bulmak bilişsel yük oluşturmakta ve zihinsel işlevler gerektirmektedir. Labirentten çıkışı arama ve çıkış eylemi yürüme, koşma vb. lokomotor hareketlerle sağlanacaktır. Bu durumda labirentten çıkmak fiziksel ve bilişsel eylemlerin eş zamanlı ve birleşik olarak gerçekleşmesiyle sağlanabilir. Bu örnekte fiziksel ve bilişsel görevler birbirine bağlıdır. Görevlerden birinin yapılmaması durumunda labirentten çıkma eylemi gerçekleşmemektedir.

“b” maddesinde belirtilen hareket görevine ek kognitif görev koşu esnasında matematiksel hesaplama yapmak ile örneklendirilebilir. Böylece devam eden bir fiziksel egzersize bilişsel bir görev eklenmiş olacaktır. Bu örnekte fiziksel ve bilişsel egzersizlerin sürdürülmesi eş zamanlı olması dışında birbirinden bağımsızdır.

Fiziksel egzersizler nörofizyolojik mekanizmaları tetikleyerek nöroplastisite bağlamında kolaylaştırıcı etki oluşturmakta (Kraft, 2012), bilişsel uyaranlar ise bu kapsamdaki nörojenesis (Geibig vd., 2012) gibi süreçlerde nöronların varlığını sürdürebilmesi yönünde

rehberlik etmektedir (Bamidis vd., 2014). Bu bilgiler ışığında, fiziksel ve bilişsel egzersizleri birleştiren bir antrenman modeli uygulaması ile bu egzersizlerden ilave veya sinerjistik olarak (Kraft, 2012; Fissler vd., 2013) pozitif etkiler elde edilebileceği düşünülmektedir.

### ***Sistemin Bilişsel Perspektifi***

Dikkat; algı, hafıza, yürütücü işlevler ve dil gibi diğer bilişsel mekanizmalar ile birlikte zihinsel süreçleri oluşturmaktadır. Psikolojik dikkat fenomeni bilişimizin sınırlı kaynaklara sahip olduğunu ileri sürmektedir. Dikkat sınırlı zihinsel kaynakları doğru bir şekilde kullanmamıza izin verir. Beynin eşzamanlı olarak algılanan uyarılar için sınırlı depolama ve işleme kapasitesi, herhangi bir nesneyi ya da bilgiyi daha iyi anlamak için diğer uyarıların geride bırakarak anlaşılacak istenen uyarıya odaklanmayı gerektirir. Bu fenomen Psikolog William James'in dikkat tanımıyla yakından ilişkilidir. James'e göre (1890) dikkat, aynı anda birden fazla uyarıya maruz kalma sırasında uyarılardan birinin bilinçli bir şekilde daha iyi anlaşılması için seçilme ve işleme sürecidir. Bu nedenle dikkat, odaklanma ve konsantrasyon ile ilişkilendirilir (Sternberg, 2006).

Beynin bilgi işleme gibi zihinsel süreçlerde kullandığı otomatik/kontrol ve paralel/sıralı olmak üzere iki farklı süreç vardır. Otomatik süreçler, zihinsel bileşenlerin yoğun dikkat gerektirmeden aktif ve otomatik olarak gerçekleşmesidir. Kontrol süreçler ise zihnin yoğun dikkatini ve kontrolünü gerektirir. Dikkat otomatik veya kontrol süreçlerin gerçekleşmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte, iki farklı bilişsel bir aktivite sırasında zihinsel bileşenlerin eşzamanlı ya da belirli bir sıra ile mi gerçekleştiği bilişsel psikologlar tarafından oldukça merak edilir. Paralel ve sıralı süreçler bu soruyla yakından ilişkilidir. Paralel süreçler, bilişsel bir aktivite sırasında iki farklı görevin aynı anda gerçekleşmesidir. Sıralı süreçler ise iki farklı bilişsel aktivitenin birbiri ardına sırayla gerçekleşmesi durumudur (Schneider ve Shiffrin, 1977). Zihinsel süreçlerin gerçekleşmesi sırasında dikkat, zihinsel kaynakları yöneterek aynı anda mı yoksa sırayla mı olacağına karar veren faktörlerden biridir (Gerrig, 2013).

Öte yandan dikkat mekanizması belirli işlevler gerektirir. Signal detection (sinyal tespit etme), vigilance (uyanıklık) ve search (arama)

dikkat sistemlerini oluşturur. Sinyal tespit etme teorisi, herhangi bir hedef uyarını ya da bir sinyali tespit etmeyi içerir. Vigilance (uyanıklık), sinyal tespit etme sırasında her an aktif olabilme kapasitesini temsil eden pasif bir bekleyişi ifade eder. Search (arama) ise hedef uyarın ya da bir sinyal tespit etmek için aktif bir arayışı temsil eder (Sternberg, 2006).

Dikkat, zihinsel kaynaklarının yönlendirileceği uyarını/uyaranları seçme ve bu uyarınlara odaklanmak için kullanılan dikkat süreçlerine göre birden fazla alt tür içerir.

Bu çalışmada dikkatin seçici, bölünmüş, sürdürülebilir ve alternatif (değişen) olarak 4 alt türüne yer verilmiştir.

1. Seçici dikkat, belirli bir hedef sinyali diğer sinyaller arasından tespit edebilme kapasitesidir. Seçici dikkati ölçen bilişsel görevler, diğer uyarınlardan içerisinden hedef olarak belirlenen bir uyarınlara dikkat edilerek sürdürülür.
2. Bölünmüş dikkat, aynı anda birden fazla hedef sinyale dikkat edebilme kapasitesidir. Bölünmüş dikkat süreçlerinde paralel zihin süreçleri kullanılır.
3. Sürdürülebilir dikkat, belirli bir aralıkta, belirli bir desen içeren sinyal dizisinde hedef olan sinyal desenini takip edebilme becerisidir.
4. Değişken dikkat, iki farklı işlev içeren iki farklı sinyal arasında esnek bir takip edebilme becerisidir (Sohlberg ve Mateer, 1987.) Bu tarz görevlerde iki farklı görev için ortak bir cevap verilir.

Bu kapsamda, mevcut çalışmada dikkatin yukarıda bahsedilen her bir alt türü için 6 adet olmak üzere toplam 24 görev tasarlanmıştır. Görevlerin her biri 3 seans şeklinde gerçekleşmektedir. Her seans ise fiziksel ve bilişsel olmak üzere 8 egzersizden oluşmaktadır. Her bir görevde kullanılan yanıt verme stili, fiziksel egzersizin içerdiği hareketlere göre tasarlanmıştır.

Ayakta yapılması gereken fiziksel egzersizler içeren bilişsel görevlerin yanıtları için sağ el, sol el, sağ ayak, sol ayak olmak üzere 4 farklı buton kullanılmaktadır. Ayakta yapılmayan fiziksel egzersiz içeren ya da tasarlanan bilişsel egzersizin yanıt verme şeklinin 2 boyutlu olduğu

görevlerde sağ el, sol el veya sağ ayak, sol ayak Ŗeklinde 2 farklı buton ile yanıt alınmaktadır.

Bu alıŖmada yer alan 8 kuvvet egzersizi, antrenman normlarına uygun biçimde süreleri ve sayıları uyarlanarak her bir biliŖsel egzersiz ile eŖleŖtirilebilir. EŖ zamanlı fiziksel ve biliŖsel egzersizler içeren BioFIT sistemi komut alabilen her yaŖtan ve her aktivite düzeyinden bireyin kullanımına yönelik olarak tasarlanmıŖtır.

## **SİSTEMİN İŖLEYİŖİ**

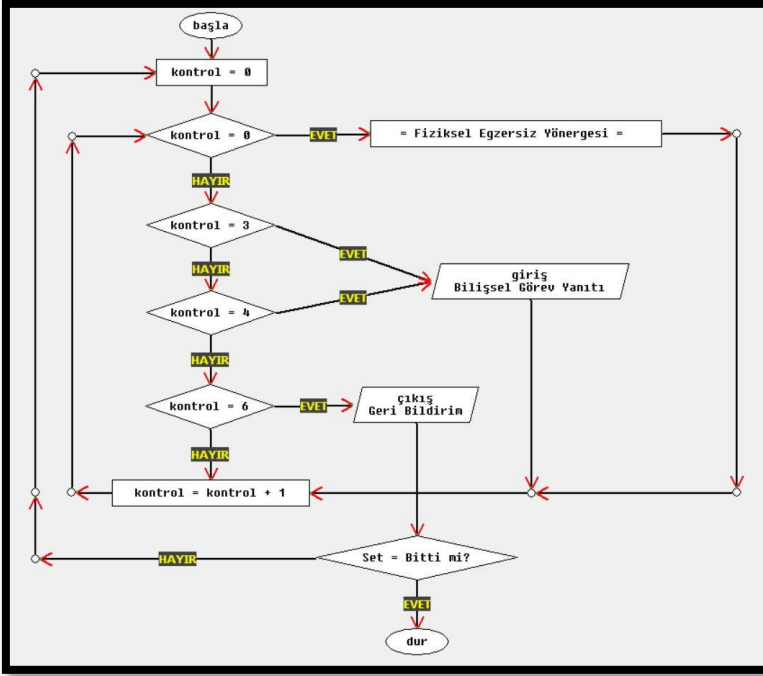
Bu alıŖmada spor bilimleri alanında eŖ zamanlı fiziksel ve zihinsel egzersizlerin yönetiminde, uyarın sunumu yapılmasına ve veri toplanmasına olanak sağlayan BioFIT sisteminde yer alan yazılımının çalıŖma prensiplerine ve sistemin bütüncül iŖleyiŖine yer verilmiŖtir. Sözü konusu yazılımın arayüz tasarımı C# form ile yapılmıŖtır. Formlara textbox, checkbox, button, combobox, label ve picturebox gibi araçlar eklenmiŖtir. Bu araçlarda kullanılarak istenen iŖlemlere uygun C# dilinde kodlama yapılmıŖtır. Kullanıcıdan ekranda çıkan uyarılara göre giriş alıp arka planda MouseDown, KeyDown özellikleriyle verilen girdiye uygun olarak çıktılar üretilmiŖtir.

## ***Egzersiz ve Uyarın AkıŖı***

Bu bölümde problemin çözümüne yönelik olarak üretilen yazılımda izlenen adımlar akıŖ diyagramıyla ifade edilmiŖtir. AkıŖ diyagramında her bir Ŗeklin bir anlamı vardır. BaŖlama, bitiŖ, deđiŖkene değer ataması, koŖul ifadeleri, döngü ifadeleri belirli Ŗekiller ile belirtilmiŖtir. Arayüz tasarımının iŖleyiŖine ait akıŖ diyagramı Ŗekil 1'de gösterilmektedir.

Ŗekil 1'deki akıŖ diyagramında kod içerisinde kullanıcıdan alınacak giriş, alınan girdiye uygun çıktı ve yapılması istenen hareketlerin bitip bitmediğinin kontrolü yer almaktadır. kontrol=0 durumunda yapılacak fiziksel egzersize yönelik bir yönerge ekranı gelmektedir. Ŗekil 2'de fiziksel egzersiz yönerge ekranına iliŖkin bir örnek gösterilmektedir.



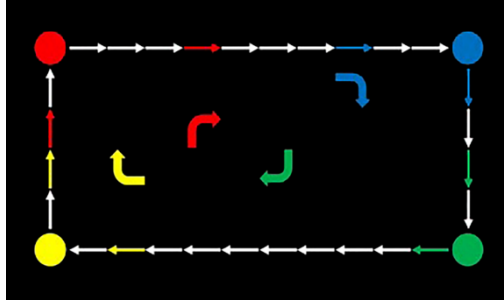


Şekil 1. BioFIT yazılım akış diyagramı

kontrol=3 ve kontrol=4 durumlarında kullanıcı ekranda çıkan uyarana yanıt verebilmektedir. kontrol=3 ve kontrol=4 durumlarında uyarın olarak aynı görsel yer alabilmekte veya görseller verilen görev türüne göre değiştirilebilmektedir. Bu seçenek ile yazılımın esnek yapısı görev çeşitliliğini artırabilmeye olanak sağlamaktadır. Şekil 3'te ekrana çıkan uyarın görsellerine ilişkin örnek yer almaktadır.



Şekil 2. Fiziksel egzersiz yönerge ekranı



Şekil 3. Ekranda uyarıcı görseli

kontrol=6 durumunda kullanıcının verdiği yanıtı göre; doğruysa yeşil, yanlışsa kırmızı, yanıt için belirlenen süre içerisinde herhangi bir butona basılmamışsa sarı çerçeveli bir görsel ekranda görülmektedir. Kullanıcının karşısına çıkan geri bildirim ekranına ilişkin örnek Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Geri bildirim ekranı

Kod içerisinde “timer” ve “stopwatch” özelliklerinin kullanımı ile kullanıcıya ekranda hangi görsellerin çıkacağı, bu görsellerin ne kadar süre ekranda kalacağı ve uyarının ekrana yansıdığı andan kullanıcının yanıt verdiği zamana kadar geçen sürenin hesaplanması gerçekleştirilmiştir.

stopwatch: Genel itibarı ile bir sürecin başlangıçtan bitişe kadar geçen işlem süresini ölçmek için kullanılır. “Start” ve “Stop” özelliği vardır. Kullanıcının hangi zamanda butona bastığı, başlangıç ve bitiş süreleri bu özellik ile hesaplanmıştır (URL-1).

Start özelliği Şekil 1’de gösterildiği gibi kontrol=3 durumunda başlatılmış ve kontrol=5 durumuna gelindiğinde veya kullanıcı cevap verdiğinde “MouseDown” ve “KeyDown” fonksiyonları içerisinde “Stop” özelliği kullanılarak süre durdurulmuş ve başlangıcından geçen süre hesaplanmıştır.

timer: C# Windows Form uygulamalarında “Timer” kontrolü, kullanılacak komutların belirli bir süre içinde tekrarlanmasını sağlamak için kullanılmaktadır (URL-2).

- timer.interval: Bu işleyle, milisaniye düzeyinde kodun ne kadar süre tekrarlanacağı belirlenir.
- timer.enabled: Değeri “true” ise “timer”ın çalışmasını, “false” ise durdurmasını sağlar.
- timer.start: “Timer” nesnesini başlatır.
- timer.stop: “Timer” nesnesini durdurur.
- timer\_tick(): Bu fonksiyonda tekrarlama istenilen kodlar yazılır.

Ekranda hareket yönergesinin, uyarının ve cevaba uygun geri bildirim görselinin ne kadar sürede gösterileceği “timer” ile ayarlanmıştır.

“Thread” kavramı programlamada bir iş parçacığı oluşturup denetler, önceliğini ayarlar ve durumunu alır (URL-3). C# ile yapılan bu çalışmada bir iş parçacığı yer almakta ve i değişkeninin değeri kontrol edilerek Fiziksel Egzersiz Yönerge Görselleri, Uyarın Görselleri, Geri Bildirim Görselleri ve bunların verilen süre içerisinde kontrol edilerek gerçekleşmesi yer almaktadır. Bir iş akışı içerisinde gerçekleşen bu durumlarda i değişkeni belirli değere ulaştığında iş akışını kesen bir kontrol yer almaktadır. “Thread” ile birlikte kullanılan “Interrupt” kavramıda bir iş parçacığını kesintiye uğratar (URL-4). Bu iki kavram yazılım içerisinde kullanılsa da yapılan işlemlere karşılık gelmektedir.

### **Uygulama Esasları ve Görev Örneği**

BioFIT sistemi fiziksel egzersiz, bilişsel egzersiz, uyarın sunumu için üretilen yazılım ve kullanıcılardan görev yanıtları almak için tasarlanan butonlardan oluşmaktadır.

Kognitif görevler için tasarlanan her bir bilişsel egzersiz, antrenman normlarına uygun olarak planlanan her bir fiziksel egzersiz ile

eşleştirilerek entegre edilmektedir. Kullanıcıya ve göreve uygun olarak egzersiz sayısı, egzersiz türü, set sayısı, tekrar sayısı ve süre (hareketin uygulanma süresi), bilişsel görev yanıt süresi vb., planlamaları yapılmaktadır.

Bilişsel görev örneği: Yüz ifadeleri (sürdürülebilir dikkat)

Kullanıcıya ekranda siyah bir arka plan üzerinde nötr bir surat ifadesi sunulmaktadır. Bir süre sonra bu ifade gülen surat ya da üzgün surat ifadelerine dönüşüp tekrar nötr haline geri dönmektedir. Kullanıcıdan istenen ekranda beliren ifadenin gülen surat ifadesi olma durumunda sağ el butonuna, üzgün surat ifadesi olma durumunda ise sol el butonuna basmasıdır. Bu basma süresi yukarıda belirtilen değişkenlere göre planlanmakta ve yazılıma arayüz kullanılarak egzersiz seansının öncesinde aktarılabilir. Bu örnekte belirtilen bilişsel görev squat hareketi ile entegre edilmiştir.

Aşağıda bir seans içerisinde gerçekleştirilen bir egzersiz için yazılımın bir tur çalışması esnasında ekrana yansıyan örnek görseller yer almaktadır.



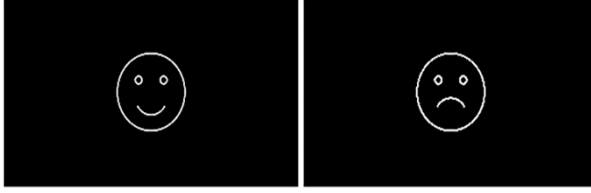
Şekil 5. kontrol=0 durumu örneği

kontrol=0 durumunda; yapılacak fiziksel egzersiz için planlanan ve yönerge vermek amacıyla önceden kaydedilen hareketin görseli (adı ve vektörel imgesi) ekrana yansıtılmaktadır. Eş zamanlı fiziksel ve bilişsel egzersizde deneyimli bir antrenör bu sürece destek olmaktadır.



Şekil 6. kontrol=1 ve kontrol=2 durumu örneği

kontrol=1 ve kontrol=2 durumunda bilişsel görev kapsamında sunulacak uyarana ilişkin nötr bir görsel ekrana yansımaktadır.



*Şekil 7. kontrol=3 ve kontrol=4 durumu örneği*

kontrol=3 durumunda bilişsel görev kapsamında yanıtlanacak uyarana ilişkin sunulan gülen surat veya üzgün surat görselleri ekrana yansımaktadır. Bu aşamada uyarının ekrana yansmasıyla yanıt verme süresi başlamakta ve kullanıcıdan yanıt beklenmektedir. Yanıt istemini başlatan uyarın kontrol=3 durumunda belirlenen süre boyunca ekranda kaldıktan sonra nötr görselin ekrana yansıdığı kontrol=4 aşamasına geçilmektedir. kontrol=4 durumunda bilişsel görev kapsamında belirlenen yanıt verme süresi devam etmektedir. Bu aşamada kullanıcı belirlenen süre boyunca yanıt verebilmektedir. Kullanıcının kontrol=3 ve kontrol=4 durumlarında butonlardan herhangi birine basması halinde alınan girdiye göre yanıt verme süresi hesaplanmakta ve basılan buton bilgisiyle eşleştirilerek dosyaya kaydedilmektedir.



*Şekil 8. kontrol=5 durumu örneği*

kontrol=5 durumunda bilişsel görev kapsamında sunulacak uyarana ilişkin nötr bir görsel ekrana yansımaktadır.



Ŗekil 9. kontrol=6 durumu örneği

kontrol=6 durumu 3'e ayrılmaktadır.

- Doğru Yanıt: BiliŖsel göreve kullanıcı tarafından "Verilen Yanıt", "Beklenen Yanıt" ile eŖleŖiyorsa yeŖil çerçevesi geri bildirim görseli ekrana yansımaktadır.
- YanlıŖ Yanıt: BiliŖsel göreve kullanıcı tarafından "Verilen Yanıt", "Beklenen Yanıt" ile eŖleŖmiyorsa kırmızı çerçevesi geri bildirim görseli ekrana yansımaktadır.
- Yanıtsız: Belirlenen yanıt verme süresi içerisinde biliŖsel göreve kullanıcı tarafından yanıt verilmemesi (herhangi bir butona basılmaması) durumunda sarı çerçevesi geri bildirim görseli ekrana yansımaktadır.

### **Sistemin Çıktıları**

Görevlere iliŖkin bilgiler arayüz aracılığıyla belirlenebileceği gibi, dosya üzerinden okuma yapılarak da otomatik olarak arayüze aktarılabilir. "StreamReader" ve "StreamWriter" ile dosyadan okuma ve dosyaya yazma iŖlemleri yapılmaktadır.

EŖ zamanlı biliŖsel ve fiziksel egzersiz esnasında ekrana yansıtılacak görsellerin seçimi ve sırası dosyadan okunan bilgilere göre gerçekteŖmektedir. Kullanıcının hangi uyarana ne kadar sürede cevap verdiğine iliŖkin bilgiler her hareketin sonunda dosyaya yazılmaktadır. Her bir kullanıcıya ait hareketlere iliŖkin bilgiler toplanarak bir veri seti elde edilmektedir.

Dosyaya yazma işleminde C# üzerinden “StreamWriter” kullanılarak kullanıcının “Beklenen Yanıt” kapsamında basması gereken buton, “Verilen Yanıt” kapsamında basılan buton ve yanıt verme süresi bilgileri kaydedilmektedir. Klasör ve Dosya isimlerinde kişi bilgisi, tarih ve gerçekleştirilen fiziksel ve bilişsel egzersizin isimleri bulunmaktadır.

(Klasör ve Dosya İsimlendirmeleri:

Adi\_Soyadi\\8 Ağustos 2021 Pazar\\

Sustained\_Attention\_Smiles\_Single\_Leg\_Box\_Squat.csv)

Egzersiz esnasında yanıt için belirlenen süre içerisinde herhangi bir butona basıldığında milisaniye biriminden süre, yanıtla eşleştirilmiş halde her bir egzersiz için ayrı dosyalara yazılmaktadır. Yapılan egzersizlere ilişkin bilgiler (set sayısı, tekrar sayısı, dinlenme süresi, yük) antrenman normları kapsamında dosyaya kaydedilmektedir. Kaydedilen yanıt ve süre verilerine ilişkin örnek Tablo 1’de gösterilmiştir.

(Single Leg Box Squat / Sustained Attention - Smiles

Fiziksel Egzersiz → Kalça Dominant Alt Ekstremitte Kuvvet Egzersizi

Bilişsel Egzersiz → Sürdürülebilir Dikkat Egzersizi)

Tabloda “\*” ile işaretlenen veriler, sonuçlarda “Doğru” olarak nitelendirilen “Beklenen Yanıt” - “Verilen Yanıt” eşleşmelerini ve bu uyaranlara alınan yanıtların sürelerini ifade etmektedir.

C# form ile tasarlanan bu arayüz sayesinde eş zamanlı fiziksel ve zihinsel egzersiz yönetiminin kontrollü bir şekilde yapılabilmesi sağlanabilmekte ve doğru sayısı, yanlış sayısı, tepki süresi gibi değişkenler kaydedilerek veri setleri oluşturulabilmektedir.

Tablo 2’de yapılan hareketlere ilişkin doğru sayısı, yanlış sayısı ve yanıtsız sayısı, ortalama yanıt verme süresi, ortalama doğru yanıt verme süresi, en iyi doğru yanıt verme süresi örnekleri yer almaktadır.

Tablo 1. Beklenen yanıt, verilen yanıt ve sürelerle ilişkin örnek

Beklenen Yanıt	Verilen Yanıt	Süre (ms)
Sağ El	Sol El	764
Sol El	Sağ El	773
Sağ Ayak	Sol El	936
Sol Ayak	Basılmamış	-
Sol El*	Sol El*	821*
Sol Ayak*	Sol Ayak*	1054*
Sol El*	Sol El*	940*
Sol Ayak	Basılmamış	-
Sağ Ayak	Sol Ayak	1293
Sol El	Sağ El	1045
Sağ El	Sol El	723
Sağ El	Sol El	813
Sol Ayak*	Sol Ayak*	1513*
Sağ Ayak*	Sağ Ayak*	1695*
Sol Ayak	Basılmamış	-
Sağ Ayak	Basılmamış	-
Sol El	Basılmamış	-
Sağ El*	Sağ El*	960*
Sağ Ayak*	Sağ Ayak*	1392*
Sağ El*	Sağ El*	851*

Tablo 2. Değerlendirme verilerine ilişkin örnek  
(Single Leg Box Squat / Sustained Attention – Smiles)

Doğru	8
Yanlış	7
Yanıtsız	5
Ortalama Yanıt Verme Süresi	1038 (ms)
Ortalama Doğru Yanıt Verme Süresi	1153 (ms)*
En İyi Doğru Yanıt Verme Süresi	821 (ms)*



## SONUÇ

Bu çalışmada eş zamanlı fiziksel ve zihinsel egzersizlerin yönetiminde kullanılmak üzere üretilen BioFIT yazılımının çalışma prensipleri ve sistemin bütüncül işleyişi aktarılmıştır.

Planlanan ve entegre edilen bilişsel ve fiziksel egzersizler bu yazılım ile arayüzden seçme ve dosyadan okuma yöntemleriyle kullanıcıya antrenman normlarına uygun olarak sunulabilmektedir. Uyarı sunumunda, egzersizlerin her bir tekrarı için yönerge görseli, bilişsel görev görselleri, kullanıcı yanıtına göre geri bildirim görseli yer almaktadır. Ayrıca egzersizlerin her bir tekrarı için verilen yanıt (basılan buton) ve yanıtız durum bilgileri ile yanıt süresi verileri her egzersiz için ayrı dosyalara kaydedilmektedir. Bu bilgiler seans raporu haline getirilerek kullanıcıya zamanlanmış elektronik ileti gönderilebilmekte ve tekrarlayan egzersizlerin karşılaştırmalı raporu ile performans takibi yapılabilmektedir. Aynı zamanda butonlar paylaşarak uygun egzersiz planlamalarıyla çok kullanıcı olarak uygulanabilmektedir.

Öncelikle bu çalışmada planlanan egzersizlerin beyin nöroplastisitesine, bilişsel ve motor performansa etkilerinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek çalışmalarda; i) dikkat dışındaki bilişsel özelliklere yönelik egzersizlerin planlanması, ii) haptik araçlarla entegre edilerek somatik geri bildirimler verilebilmesi, iii) benzer demografik özelliklere sahip kullanıcılara ait veriler ile normlar ve bireysel hedefler oluşturulması, iv) egzersiz yönetim sistemi ile elde edilecek veri setlerinin uygun algoritmalarla çalıştırılarak bilişsel ve fiziksel özelliklere ilişkin çıkarımlar gerçekleştirilmesi, v) farklı egzersiz deneyimlerine sahip bireylerin ve grupların özelliklerine uygun eş zamanlı egzersizlerin standardize edilmesi ve “antrenman yöntemi” olarak ortaya konması, vi) çeşitli branşlara özgü motor-kognitif antrenman programları oluşturulması hedeflenmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamında görsellerin oluşturulmasına verdiği katkılardan dolayı Sayın Meltem AĞAN’a teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

Bamidis, P. D. Vivas, A. B., Styliadis, C., Frantzidis, C., Klados, M., Schlee, W., ... ve Papageorgiou, S. G. (2014). A review of physical and cognitive interventions in aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 206-220.

Duru, A. D. ve Balcioglu, T. H. (2018). Functional and structural plasticity of brain in elite karate athletes. *Journal of healthcare engineering*, 2018.

Fissler, P., Küster, O., Schlee, W. ve Kolassa, I. T. (2013). Novelty interventions to enhance broad cognitive abilities and prevent dementia: synergistic approaches for the facilitation of positive plastic change. *Progress in brain research*, 207, 403-434.

Geibig, C. S., Keiner, S. ve Redecker, C. (2012). Functional recruitment of newborn hippocampal neurons after experimental stroke. *Neurobiology of disease*, 46 (2), 431-439.

Gerrig, R. J. (2013). *Psychology and life*. Pearson- 20th ediditon.

Herold, F., Hamacher, D., Schega, L. ve Müller, N. G. (2018). Thinking while moving or moving while thinking—concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Frontiers in aging neuroscience*, 10, 228.

Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. ve Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (25), 10081-10086.

Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19 (1-2), 248-263.

Lauenroth, A., Ioannidis, A. E. ve Teichmann, B. (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC geriatrics*, 16 (1), 1-14.

Schneider, W. ve Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, 84 (1), 1.

Sohlberg, M. M. ve Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 9,2, 117-130.

Sternberg, R. J. (2006). *Cognitive psychology*. Wadsworth Engage Learning. International Student Edition. Fifth Edition.

URL-1 Microsoft.NET 5.0 Stopwatch (2020). <https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/api/system.diagnostics.stopwatch?view=net-5.0> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 19.12.2020.

URL-2 Microsoft.NET 5.0 Timer (2020). <https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/api/system.timers.timer?view=net-5.0> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 19.12.2020.

URL-3 Microsoft.NET 5.0 Thread (2020). <https://docs.microsoft.com/tr-tr/dotnet/api/system.threading.thread?view=net-5.0> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

URL-4 Microsoft.NET 5.0 Thread. Interrupt (2020). <https://docs.microsoft.com/trtr/dotnet/api/system.threading.thread.interrupt?view=net-5.0> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

# **Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ünitesinin Simülasyon Yöntemi ile Değerlendirilmesi**

**Elif Ağdaş**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-2993-9479)**

**Hakan Tozan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0479-6937)**

**Melis Almula Karadayı**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-0658-568X)**

## **GİRİŞ**

İşletmelerin, yaşamımızdaki gücünün ve öneminin artmasıyla rekabet, hasta (müşteri) istek ve beklentileri de farklılaşmaktadır. Hastalar sadece aldıkları hizmetin fiyatına değil, hizmet aldıkları hastanenin kalitesine, beklentilerini karşılayıp karşılamadığına da bakmaktadır. (Schroedl vd., 2012). Gelişen rekabet ve teknoloji ile birlikte hasta beklentileri ve profillerin değişmesi hastaneleri gelişime itmektedir. Hastaneler karmaşık yapılardan oluşan süreçler bütünüdür (Jones, 2013). Fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesi de bu süreçlerden biridir. Bu alanı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Hizmet verirken gereken kaynaklar personel (doktor, fizik tedavi teknikeri, fizyoterapist, hasta danışmanı ve hasta kabul görevlisi), özel ekipmanlar, poliklinikler, odaları olarak ele alınabilir (Kumar ve Kapur, 1989). Kullanılan bu kaynaklar hastanenin maliyet sürecini etkileyen, hasta memnuniyet düzeyini belirleyen ve doğru kaynak planlaması için çeşitli verileri içermektedir.

Bu çalışmanın amacı, 63 adet odası bulunan fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesi olan özel bir üniversite hastanesinin servis verimliliği ve kaynak kullanımının ölçülmesidir. Çalışma kapsamında simülasyon yöntemi kullanılarak sistemin iyileştirilmesi amaçlanmıştır (Cabrera vd., 2011). Çalışmanın ilk bölümünde temel kavram olarak kullanılan fizik tedavi ve rehabilitasyonun hayatımızdaki yeri ve önemi, hangi durumlarda tedaviye ihtiyaç duyulduğu ve uygulanan tedavi yöntemlerinden bahsedilmiştir (Khurma vd., 2008). Kullanılacak yöntem olarak belirlenen simülasyon modelinin hangi durumlarda kullanılabileceği, modelin fayda ve zararlarından bahsederek çeşitleri üzerinde durulmuştur (Gül ve Güneri, 2015). Sağlık sektöründe simülasyon çalışmaları ışığında literatür taraması yapılarak, gerçekleştirilen çalışmalar gruplandırılmış ve detaylı bir şekilde incelenmiştir (Dengiz, 2010).

Çalışmanın ikinci bölümünde ise seçilen bir özel üniversite hastanesinin fizik tedavi ve rehabilitasyon alanının mevcut durumu analiz edilerek, alanın iş akış şeması oluşturulmuştur (Khurma vd., 2008). Oluşturulan iş akışı detaylı bir biçimde incelenmiş, süreç şemaları oluşturulmuş, tüm sürelerin zaman analizleri yapılmış, hastane veri tabanı sisteminden gereken veriler alınmış ve model bir Ayrık Olay Simülasyonu (AOS) programına aktarılarak analiz

edilmiŖtir (Ahmed ve Alkhamis, 2009). Elde edilen analiz sonuçları üzerinde istatistik testler yapılarak verilerin uygunluğuna bakılmıŖtır. Bunun sonucunda farklı senaryolar modellenmiŖtir. (Gül vd., 2012). ÇalıŖma sonucunda elde edilen bulgular hastane yönetimi ile paylaŖılarak kaynak kullanımının verimli bir hale getirilmesi hedeflenmiŖtir.

## **SAĞLIK ALANINDA GERÇEKLEŖTİRİLEN SİMÜLASYON ÇALIŖMALARI**

Sağlık sektörüne geniŖ bir perspektiften bakabilmek adına gerçekteŖtirilen literatür taramasıyla, literatürde eksik kalan yönlerin tespit edilmesi amaçlanmıŖtır. Literatür taraması 2010-2021 yılları arasında yapılmıŖ olup sağlık, hastane sektörü, simülasyon çalıŖmaları, ayırık olay simülasyonu, sağlık sektöründe uygulanan simülasyon çalıŖmaları anahtar kelimeleri ile tarama yapılmıŖtır (Baril vd., 2016). Sistemi daha iyi analiz etmek ve daha doğru sonuçlara ulaŖabilmek için sağlık sektöründe yapılan simülasyon çalıŖmaları 4 ana baŖlık altında toplanarak sistematik olarak incelenmiŖtir (Karadayı vd., 2019).

Öncelikle yapılan literatür çalıŖmalarında en çok konu olan hastane birimlerinden biri olan acil servisi içeren simülasyon çalıŖmaları incelenmiŖtir. (Baesler vd., 2003) Ayakta ve yatarak hizmet olmak üzere tedavi olma biçimlerine göre literatür çalıŖmaları incelenmiŖtir. Son olarak ise daha geniŖ bir pencereden bakılarak çeŖitli hastane birimlerinde yapılan farklı literatür çalıŖmalarına bu bölümde yer verilmiŖtir. İncelenen tüm simülasyon çalıŖmaları Tablo 1’de özetlenmiŖtir.

*Tablo 3. Literatür çalıŖması*

Acil Servis Birimi		
Yazar	Yıl	ÇalıŖmanın Kapsamı
Günel ve Pidd	2010	Acil servis, ayakta ve yatarak tedavi gibi bölümlerde sağlık hizmetlerinde performans modellemesinin kapsamlı yaklaŖıma gerekliliğini iŖaret etmiŖtir.
Zeng vd.	2012	SIMUL8 yazılımı kullanarak, ASb potansiyel kullanımları arttırılması için simülasyon modeli tasarlanmıŖtır. Kaynak olarak hemŖireler, doktorlar, bt cihazı, kalıŖ süreleri analiz edilerek, oransal olarak etkilerine bakılmıŖtır.

Tablo1. (devam)

Yazar	Yıl	Çalışmanın Kapsamı
Söyler ve Koç	2014	Kamu hastanesinin acil servisinin mevcut durumu değerlendirilmiştir. 10 farklı senaryo belirlenerek mevcut durumla karşılaştırılarak analiz edilmiş olup, senaryolar etkinlik skoru veri zarflama analizi karşılaştırılmıştır.
Azadeh vd.	2015	İran’da bulunan bir hastanenin insana dayalı faktörleri analiz edilerek, bekleyen hasta sayısı ve hatalar tespit edilerek 70 senaryo belirlenmiştir. Yöntemi değerlendirmek için rassal veri zarflama analizi yöntemi kullanılmış ve senaryolar AOS modeli ile analiz edilmiştir. Belirlenen senaryo ile acil servis biriminin toplam performansının iyileşebileceği kanıtlanmıştır.
Karakurt, Yüksel ve Tarhan	2018	Çalışmasında bir hastanenin acil servisi triyaj alanındaki süreçleri optimize etmek hedeflenmiştir.
Vanbrabant vd.	2019	Çalışmasında acil servisin yoğunluğunu en aza indirmek için iyileştirmeler yapılmıştır. Bu amaçla sistem simülasyon yöntemi ile modellenerek kullanılarak en iyi çözüm elde edilmeye çalışılmıştır.
Deryahanoğlu	2020	Acil servis bölümünde RFID teknolojisinin kullanımını yaygınlaştırmak, hasta bekleme sürelerinde iyileştirme yapılması ile hasta memnuniyet oranının artırılacağı düşünülmüştür. Kurulan simülasyon modeli ile kapasite belirlenerek iyileştirme çalışması yapılması hedeflenmiştir.
<b>Ayakta Tedavi Birimi</b>		
Yazar	Yıl	Çalışmanın Kapsamı
Rohleder vd.	2011	Kanada’da yer alan ortopedi kliniğinde AOS yöntemi ile hasta bekleme sürelerinde iyileştirilme yapılarak bekleme süreleri kısaltılmıştır.
Masselink vd.	2012	Hollanda Kanser Enstitüsü Kemoterapi ünitesinde tedavi verilen hastaların bekleme süreleri ve eczane politikaları arasında ilişki AOS ile incelenerek, bekleme süresinin azaltılması ile eczane maliyetlerinin belirli oranda düşürdüğü görülmüştür.
Baril vd.	2014	Ortopedi kliniğinin performansının değerlendirilmesi için randevu ve hasta geliş süreçleri arasında AOS yöntemi kullanılarak ortalama bekleme süreleri azaltılmıştır. Zamandan tasarruf edip, hasta sırasını azaltmak, sağlık iletişimini arttırmak için izleme cihazı önerilmiş ve hasta akışı AOS kullanılarak modellenmiştir.

Tablo1. (devam)

Babashov vd.	2017	Kanada da yer alan bir kanser merkezinde hizmet verilen hastaların bekleme sürelerinin kısaltılması için verilen radyasyon kaynaklı tedavi planı ele alınmıştır. Simul8 Corporation yazılımı kullanılarak hastaların geliş süreleri ve oluşan kuyruklar modellenmiştir. Önerilen model sonucu hizmet kalitesinin arttırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
<b>Yatarak Tedavi Birimi</b>		
Al-Refaie vd.	2014	Çalışmasında seçilen hastanenin kapasite, maliyet ve kaynaklarla ilgili 10 olası senaryo belirlenerek en iyisi arasında seçim yapılmıştır
<b>Diğer Hastane Birimleri</b>		
Ünlüyurt ve Tunçer	2016	Ambulansların verimli kullanımına odaklanılan bir çalışmadır. Ambulansların yoğunluklarına göre müsait bir ambulans yönlendirileceği, ambulans yeri modellenmesi için simülasyon tekniği kullanılmıştır. Çalışmada İstanbul'a ait veriler kullanılmıştır.
Dan vd.	2016	Çin'de yer alan bir hastanenin eczanesi içerisinde yer alan hasta bekleme sorunu AOS yöntemi ile analiz edilmiştir. Yöntem sonucunda ana problem tespit edilmiştir.
Topal Koç	2020	Sağlık hizmetinde verilen hizmet performansının değerlendirilmesi, yeniden düzelmesi ve geliştirilmesi için ajan bazlı modelleme ve AOS simülasyonu kullanılmıştır.

Yapılan literatür çalışması sonucunda araştırmacıların, hastanelerin çeşitli birimlerine odaklandıkları ve zaman, maliyet, kaynak kullanımı açısından çeşitli düzenlemeler yapmaya çalıştıkları görülmüştür. Ayrıca, sağlık sistemi ve fizik tedavi süreçleri kaynak kullanımının iyileştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların Türkiye'de örneklerinin az olduğu tespit edilmiştir. 2020 yılı COVID-19 pandemi dönemi sağlık sistemi verileri üzerinden yola çıkarak, sağlık personelleri tarafından sunulan sağlık hizmeti üzerinde durulmuştur.

## YÖNTEM

Simülasyon, bir sistemin belli bir zaman periyodunda ve çalışma koşullarındaki performansının tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla sistemin bilgisayar modelini kullanan bir analiz aracıdır. (Law ve Kelton, 2007). Simülasyon hem var olan sistemi hem de tasarı halindeki sistem üzerinde analiz yapmak için kullanılmaktadır (Jilani vd., 2019). Var olan ya da tasarı halinde olan sistem üzerinden bir model kurularak, var olan problemlerin incelenmesi simülasyon



yöntemi ile mümkün olmaktadır. Sistemi analiz etmek için öncelikle temsili bir model kurulur. Bu kurulan model üzerinden pahalı ya da yapılması mümkün olmayan karmaşık işlemlerin incelenmesi sağlanır. Sistem ile ilgili belirlenen senaryolar incelenerek problemler analiz edilir. Girdilerin değiştirilmesi, çıktılarda değişikliğe yol açacağından hangi değişkenlerin önemli olduğu, değişkenlerin sistem üzerindeki etkileri tespit edilmiş olur. Bu özelliği ile simülasyon karar verme sürecinde önemli bir rol oynar (Mirza ve Athreya, 2017). Zaman, değişken türü ve durum değişkeni olmak üzere üç farklı simülasyon model türü mevcuttur. Durum değişkenine göre simülasyon modeli, statik ve dinamik simülasyon olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. Değişken zamana göre simülasyon modelleri ise deterministik simülasyon ve stokastik simülasyon modelleridir. Zamana göre simülasyon modelleri ise sürekli olay simülasyonu ve AOS adı altında ikiye ayrılmıştır (Luo vd., 2018).

Bu çalışmada fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesinin analizi için AOS kullanılmıştır (Karakurt vd., 2018). Sayılabilir ya da kesikli noktalara değerleri değişime uğrayan bir sistemdir. Sistemi oluşturan değişkenler belirli bir zaman noktasında değişiklik gösterir. Matematiksel ve mantıksal modellerin oluşturulduğu sistemlerde, olayın zaman değişimini gözlemlenerek simüle edilir (Özdağoğlu vd., 2009). Sistemin durumunun, hasta geliş saatleri ve bekleyen hasta sayısının belirli zamanlarda değiştiği sistemlerin modellenmesidir (Saunders ve Makensand Leblanc, 1989). AOS'da sistemin çalışması için kronolojik olarak tanımlamalar yapılır. Aniden başlayan bir olay karşısında simülasyon, başka bir olaya kadar sabit olarak kalır.

## **FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON ÜNİTESİNİN SİMÜLASYONU**

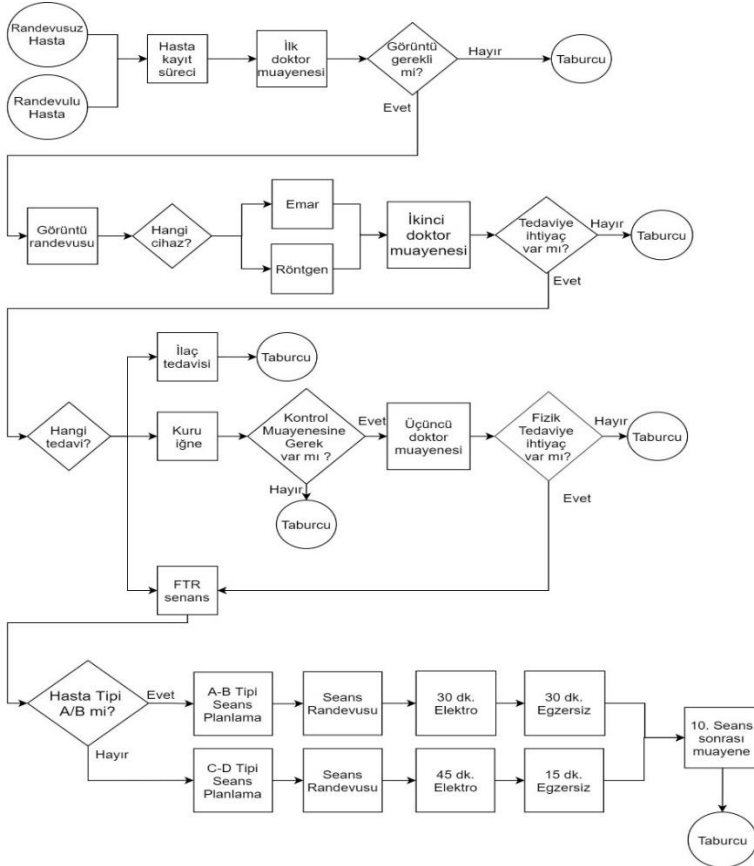
Bu çalışma kapsamında, özel bir üniversite hastanesinin fizik tedavi ve rehabilitasyon bölümüne gelen hastanın hastaneye ilk girişinden tedavi sonrası çıkış anındaki uğurlanmasına kadar olan süreç ele alınarak iyileştirme yapılması amaçlanmıştır (Peng vd., 2014). İlgili uygulamaya hasta sirkülasyonunun fazla olması ve bünyesinde dört ayrı hastaneyi barındıran Türkiye'nin özel sağlık komplekslerinden birinde yapılacaktır.

Çalışmada Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon personellerinin çalışma çizelgeleri, personel sayıları, alanın işleyişi ile ilgili detay bilgiler,

randevulu ve randevusuz gelen hasta saatleri ve günleri, radyolojik görüntüleme cihazları ve çekirme süreleri, kullanılan tedavi çeŖitleri ve hasta sayısı, seansa gönderilen hasta sayısı, taburcu hasta sayısı gibi veriler kullanılmıŖtır. Kurulan simülasyon modeli için gereken veriler Hastane Yönetim Bilgi Sisteminden (HSYS), yöneticilerle ve personel ile yapılan yüz yüze görüşmeler sonucunda elde edilmiŖtir. Veriler pandemi süreci içerisinde yer alan 2020 yılı Kasım ayının hasta yoğunluğunun en fazla yaŖandığı hafta içi üç çalıŖma gününü kapsamaktadır.

Hastalar ilk olarak hastanenin çağrı merkezinden randevu olarak ya da randevu almadan randevusuz Ŗekilde muayene olmak için kuruma gelirler. Geldikten sonra ilgili polikliniğe giderek kimlikleri ile birlikte kayıt açtırma süreçleri başlar. Hasta Kayıt işleminden sonra muayene olmak üzere Poliklinik odasına girerler. Tedavinin daha sağlıklı olarak ilerlemesi adına uzman hekim tanı koymadan Görüntü (Emar (MR), Röntgen) talep eder. Görüntü çekirmek için ilgili departmanın randevu sürecine dahil olunarak istenilen görüntü çekilir. Çekilen görüntü HBYS sistemi üzerinden hekimin ekranına yansır. Hastanın sonucuna göre hekim tarafından tedavi yöntemi belirlenir. Hastanın tedaviye ihtiyacı var mı sorusunun cevabı bulunur. Tedaviye ihtiyacı yoksa hasta uğurlanır ya da farklı bir bölüme sevk süreci sağlanır. Tedaviye ihtiyacı varsa hekim tarafından hangi tedavi yönteminin (İlaç Tedavisi, Kuru İğne, Fizik Tedavi Seans) uygulanacağına kararı verilir. Seçilen tedavi yöntemi ilaç tedavisi ise ilaç bitimi sonrası hasta kontrol edilir ve iyileŖme sürecine bakılır. İyileŖme görülmezse tedavi yöntemi deęiŖtirilerek sürece devam edilir. Kuru iğne tedavisi uygulanıyorsa belirli aralıklarla doktor muayenesine gelinerek iğne olunur. Tedavi Bitimi sonrası iyileŖme durumuna bakılır. Hastalık süreci tedavi yönteminde fizik tedavi ve rehabilitasyon seansına yönlendirme mevcutsa tedavi kartı hazırlanarak hastanın spesifik rahatsızlığına göre bir yol belirlenir. Hastalık tipi A, B, C, D tipi olmak üzere 4'e ayrılır. A ve B tipi olan hastalar yatalak, felç gibi hastalıkları geçiren seansa çok fazla ihtiyaç duyan ağır hastalardır. C ve D tipi ise diğer tiplere göre daha hafif hastalıkları içinde barındıran tiplerdir. Seans tiplerine göre tedavi kartı üzerinde seans planlaması ve uygulamaların aŖamaları belirlenir. Her hasta üniteye geldiğinde 1 saatlik seans sürecine dâhil olur. A-B tipi için birinci aŖama olarak Fizik tedavi teknikerleri tarafından 30 dakika elektro uygulaması, ikinci aŖama olarak ise 30

45 dakika fizyoterapistler tarafından egzersiz yaptırılır. C-D tipi için ise birinci aşama olarak Fizik tedavi teknikleri tarafından 45 dakika elektro uygulaması, ikinci aşama olarak ise 15 dakika fizyoterapistler tarafından egzersiz yaptırılır. Dört tip için de doktor tarafından belirlenen seans sayısının son üçüne geldiğinde doktor kontrol muayenesine gidilir ve diğer kalan seanslar tamamlanır. Ek tedaviye ihtiyaç olup olmadığına kontrol muayenesinde karar verilir. Ek tedaviye ihtiyaç varsa yeniden tedavi kartına geri dönülür ve seans sayıları belirlenir. Hekim tarafından ek tedaviye ihtiyaç duyulmazsa hasta taburcu edilir ve süreç tamamlanmış olur. Hastanenin Fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçleri Şekil 1’de özetlenmiştir.



Şekil 2. Fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesi iş akış şeması

Gün içerisinde farklı saatlerde randevu olarak ya da randevusuz şekilde hastalar tedavi olmak için kuruma gelmektedir. Gelen hastaların gelişler arası sürelerinin dakika cinsinden farkları bulunarak veri setleri oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setlerinin en uygun oldukları dağılım bulunmuştur. Model üzerinde kullanılan her sürecin işlem süreleri farklılık göstermektedir. Hastane yönetim sistemi üzerinden alınan veriler ve gözlemler sonucunda hasta kayıt süresi, doktor muayene süreleri, MR çekimi süresi, fizik tedavi seans işlem sürelerinin maksimum ve minimum değerleri bulunarak üçgensel dağılım kullanılarak ARENA programı üzerinden girişleri yapılmıştır. Yukarıda ayrıntılı olarak anlatılan simülasyon modelinin oluşturulmasında dikkate alınan Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon işlem sürelerinin dağılım listesine Tablo 2’de yer verilmiştir.

*Tablo 2. Fizik tedavi ve rehabilitasyon işlem sürelerinin dağılım listesi*

İşlem Adı/Karar	Dağılım	Zaman	Zaman Birimi	Yüzde
Randevulu Hasta Gelişi	Expression -0.1 + Weibull (12.5,0.899)		Dakika	
Randevusuz Hasta Gelişi	Expression - 0.001 + Üstel (11.1)		Dakika	
Hasta Kayıt Süreci	Üçgensel (1,3,4)		Dakika	
Görüntü Çekim Süresi Bekleme		1	Gün	
MR Çekimi	Üçgensel (15,20,25)		Dakika	
Röntgen Çekimi	Üçgensel (14,15,16)		Dakika	
Cihaz Sorğu Yüzdesi				50%
Hasta Kontrol Muayenesi				5%
Hasta Tipi?				(%32.16, %7.01, %28.6)
Muayene 1	Üçgensel (15,20,25)			
Muayene 2	Üçgensel (15,20,25)			

Tablo 2. (devam)

İşlem Adı/Karar	Dağılım	Zaman	Zaman Birimi	Yüzde
Muayene 3	Üçgensel (10,15,20)			
Muayene 4	Üçgensel (7,10,13)			
Tedaviye İhtiyaç				99%
Tedavi Türü				(%21, %4, %75)
A-B Tipi Elektro Süresi			30	Dakika
A-B Tipi FTR Seansı			30	Dakika
C-D Tipi Elektro Süresi			45	Dakika
C-D Tipi FTR Seansı			15	Dakika
Kuru İğne			1	Dakika

Simülasyon modelinde kaynak olarak belirlenen yatak, doktor, cihaz, fizik tedavi teknikeri, hasta kayıt görevlisi, hasta danışmanı, fizyoterapistlerin sayıları set şeklinde oluşturularak tanımlamaları yapılmıştır. ARENA modeli üzerinde oluşturulan kaynakların tanımları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. ARENA modeli kaynak dağılımı

Kaynak	Sayı
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hekimi	5
Fizyoterapist	22
Fizyoterapi Teknikeri	24
Hasta Kabul Görevlisi	4
Hasta Danışmanı	9
Yatak (Bax)	63
Emar Cihazı	2
Röntgen Cihazı	6

Fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesi haftanın 6 günü ve günde 10 saat çalışmaktadır. Sistemi simüle edip çalıştırabilmek için modelin ne kadar süre ile çalıştığının girişlerinin yapılması gerekmektedir. Çalışmada modelin simülasyon süresi 1 gün 10 saat olacak şekilde 10 replikasyon olarak belirlenmiştir (Reed vd., 2017).

Fizik Tedavi Rehabilitasyon Ünitesi için kurulan simülasyon modelinin çıktı analizlerinin yapılabilmesi için öncelikle simülasyon modelinin gerçek sistem ile uyumluluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrollerin sağlanabilmesi için doğrulama (verification) ve geçерleme (validation) adımlarına bakılması gerekir (Reynolds vd., 2011).

ARENA programı üzerinde sistemin tüm bileşenlerinin girişleri tamamlandıktan sonra model çalıştırılarak doğrulama safhasının kontrolleri sağlanmıştır. 'Verification' olarak adlandırılan bu adımda modelin doğru çalışıp çalışmadığı, hastaların sistem üzerindeki davranışları kurulan sistem yavaşça çalıştırılarak izlenmiştir. Doktor muayene süreçlerinde yer alan 'İlk Muayene mi?' ve 'İkinci Muayene mi?' sorularının sorulduğu karar modüllerindeki davranışlarına bakıldığında kuyruk oluştuğu görülmüştür. Gerçek sistem gözlemlendiğinde de kuyruk oluştuğu doğrulanmıştır (Abensur, 2011).

Geçerliliğin test edildiği ve doğrulandığı adım ise 'Validation'dur. Bu adım da modelin gerçeği ne kadar yansıttığına, mevcut sistemle ne kadar uyumlu olup olmadığına ve sonuçların ne kadar uyumlu olduğuna bakılarak geçerliliği sorgulanmaktadır (Sargent, 2010).

Simülasyon modelinin çalıştırılması sonucunda en yoğun gün olarak belirlenen hafta içi 3 gün ortalama hasta sayısı 260 olarak görülmektedir. Gerçek sistem verilerine bakıldığında ise belirlenen günlerde 248 hastanın sisteme girdiği görülmektedir. %95 güven aralığında, sistemde 12 hastalık bir sapma olduğu gözlemlenmiştir.

Gerçek veriler simülasyon modeline aktarıldığında sistemden toplamda 260 hasta çıkmaktadır. Simülasyon modeli üzerinde randevulu ve randevusuz hasta olarak 2 farklı varlık tanımlanmıştır. Ortalama 1365 randevulu, 1602 randevusuz hasta sisteme giriş yaparak tedavi almıştır. Ortalama olarak ise randevulu hastalardan 166'sı, randevusuz hastaların 188'si sistemden ayrılmaktadır. Randevusuz hastaların, randevulu hastalardan daha fazla sisteme giriş ve çıkış

yaptığı görülmüştür. Simülasyon raporunun ‘Entity’ kısmı varlıklar arası süreyi ifade etmektedir. Bu bölümde hastaların hizmet aldıkları zaman, kuyrukta bekleme süreleri, hastaların transfer süreleri, toplam hastaların sistem üzerinde geçirdikleri sürelerin analizlerine ulaşılır. Hastaların işlem sürelerinin uzun olması nedeniyle sistem içerisinde daha fazla kaldıkları görülmektedir. Gerçek sistem ile kurulan simülasyon modelinin eşleştiğinin birer göstergesidir. ‘VA Time’ verimli kaynak kullanımının sağlanması için incelenmiştir. Randevulu hastalar  $262.48 \pm 58,34$ ; randevusuz hastalar ise  $256.47 \pm 57,34$  kadar kaynakta bulunarak hizmet almıştır. ‘WIP (Work In Process)’ işlemler arasındaki iş miktarı ve rapor üzerinde devam eden çalışma olarak adlandırılabilir. WIP sorun olarak değil semptom olarak düşünülmelidir. Sorunlu olan bölgeyi işaret ederek odak noktasının neresi olacağı belirlenmesinde yardımcı olur. Modelin sonucuna bakıldığında randevulu hastalarda ortalama  $589.66 \pm 29,25$ ; randevusuz hastalarda  $693.67 \pm 26,49$  dakika devam eden çalışma değeri mevcuttur. Simülasyon raporunda yer alan ‘Queue’ kuyrukta bekleme süresini ifade etmektedir.

Bu süreler incelendiğinde hastaların hasta kayıt süreçlerinde, muayene süreçlerinde, MR ve röntgen çekim süreçlerinde ve rehabilitasyon hizmeti alabilmek için yatak bekleme sürelerini göstermektedir. Hasta muayene süreçlerinde hastaların fiziksel muayenelerinin zamanından fazla sürmesi, randevu sürecine geç gelen hastalar ve randevusuz olarak alınan hastalar sebebiyle ortalama bekleme süreleri değişiklik göstermektedir. Bu değerler gerçek hayat ile örtüşmektedir. Muayene bir hastanın ilk muayenesi olması nedeniyle diğer muayene sürelerine göre ortalama olarak daha yüksektir. Bu durum sistemde önemli bir sorun olarak görülmektedir. Hastalar uzman hekime muayene olduktan sonra rehabilitasyon tedavisine yönlendirilen her hastanın kendisine tedavi sunacak bir fizyoterapisti ve bir fizik tedavi teknikeri bulunmaktadır. Hastalar kendisi için planlanan fizyoterapistlerin yanına randevulu ve planlı şekilde gittiklerinden bu alanda kuyruk oluşmamaktadır. (Aliyu vd., 2015).

## **SENARYO ANALİZLERİ**

Çalışmanın amacı doğrultusunda, mevcut fizik tedavi ve rehabilitasyon simülasyon modeli üzerinden farklı senaryolar oluşturulup analiz edilmiştir. Oluşturulan bu senaryoların amacı, pandemi süresinde doğru kaynak planlamasının yapılması sonucuna verimlilik sağlayarak

hizmet kalitesinin arttırılmasıdır. Sistemin performans kriterlerine bakıldığında hastanın sistemde harcadığı toplam sürenin ve hastaların doktor muayene bekleme süresinin fazla olduğu görülmüŖtür (Bakırcı, 2006). Bu senaryolar mevcut sistemin analizleri sonucunda oluşturularak, yaŖanan dar boğazın azaltılması ile ilgili farklı senaryoları içermektedir. OluŖturulan senaryolar mevcut sistemle karşılaştırılarak analiz edilmiŖtir (Zhengchun vd., 2017). Analizler sonucunda senaryoların, mevcut sistemden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiŖtir. Bu çıktılar senaryolar arasındaki değişimleri daha net göstererek, kendi aralarında karşılaştırma yapılmasını da sağlamaktadır (Wang vd., 2007).

**Senaryo 1:** Bu senaryoda doktor muayene süreçlerinde yaŖanan bekleme süresinin azaltılması ve yaŖanan darboğazın önüne geçebilmek için doktor sayısında artışa gidilmiŖtir. Önerilen senaryo ile mevcut sistemde bulunan 5 hekim 6 hekime çıkarılmıŖtır. Hekimlerin sayısının artışı ile birlikte randevulu hastaların bekleme süresinde ortalama olarak düşüşler yaŖandığı görülmüŖtür.

**Senaryo 2:** Radyoloji alanına Emar-MR (Manyetik Rezonans Görüntüleme) çekimi için yönlendirilen hastaların kullanmakta oldukları emar cihazlarının mevcuttaki sayısı 2 iken bu senaryo ile birlikte emar cihaz sayısı 3'e çıkarılmıŖtır. Emar cihazlarının ortalama kullanım oranı 0.74 iken yapılan senaryo sonucunda ortalama 0.50 olmuŖtur. Emar kullanım oranlarında azalış görülmüŖtür. Randevulu hasta bekleme süresi 40.71, randevusuz hasta bekleme süresi de 43.73 dakikadır. Emar cihazının artışı ile birlikte hastaların bekleme sürelerinde de azalmalar olduğu görülmektedir.

**Senaryo 3:** Bu senaryoda mevcutta yer alan fizyoterapist sayısı ve teknisyen sayılarında değişiklik yapılarak, fizyoterapist sayısında 2, tekniker sayısında da 4 kiŖi azaltmaya gidilmiŖtir. Fizyoterapist sayısı ve fizyoterapi teknikeri sayısı eşitlenerek 20 yapılmıŖtır. Diğer kaynakların sayıları ve kullanımları sabit tutulmuŖtur. Bunun sonucunda fizyoterapist ve fizyoterapi teknikeri başına düşen hasta sayılarında artış gözükmemektedir. Bekleme sürelerinde artış olduğu görülmüŖtür.

**Senaryo 4:** Bu senaryoda Emar cihazı 1 arttırılırken, fizik tedavi doktor sayısında da 1 artışa gidilmiŖtir. Emar sayısı 3 olurken, doktor sayısı 6'ya çıkarılmıŖtır. Kaynak kullanımının arttırması ile hizmet kalitesinden ödün verilmeden hastaların bekleme sürelerinde azalmaya giderek, maksimum sayıda hastaya hizmet verilmesi sađlanmıŖtır.



Doktor sayısının artırılması ile birlikte hastaların bekleme sürelerinde azalmalar görülmüştür. Emar cihazının artırılması ile birlikte ise hasta sayısında artışlar olduğu görülmüştür.

Senaryo analizlerinin sonuçları Tablo 4’te paylaşılmıştır.

Tablo 4. Senaryo analizi sonuçları

	Mevcut Durum	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Doktor Sayısı	5	6	5	5	6
Fizyoterapist Sayısı	22	22	22	20	22
Fizik Tedavi Teknikeri Sayısı	24	24	24	20	24
Emar Cihazı Sayısı	2	2	3	2	3
Sistem Hasta Sayısı	260	560	296	356	415
Fizik Tedavi Ünitesine Giren Randevulu Hasta Sayısı	1365	1372	1377	1361	1366
Fizik Tedavi Ünitesine Giren Randevusuz Hasta Sayısı	1602	1606	1641	1597	1612
Fizik Tedavi Ünitesinden Çıkan Randevulu Hasta Sayısı	166	255	136	165	193
Fizik Tedavi Ünitesinden Çıkan Randevusuz Hasta Sayısı	188	303	159	190	221
Randevu Bekleme Süresi	12	1	12	12	1
Emar Kullanım Oranı	0.74	0.74	0.50	0.74	0.50

## SONUÇ

Uygulama yapılan hastanenin hizmet kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklı tedavi almak için fizik tedavi ve rehabilitasyon ünitesine gelen hastaların tedavi süreçlerinde çok uzun süre bekledikleri görülmüştür. Pandemi sürecinde sosyal mesafeyi kontrol altına alabilmek, bekleme süresini minimuma indirmek ve doğru kaynak kullanımı ile verimliliği sağlayabilmek için bu çalışmanın yürütülmesine karar verilmiştir. İstanbul’da hizmet veren bir özel üniversite hastanesinin fizik tedavi ünitesinde yapılan iyileştirme çalışmasında AOS yöntemi kullanılmıştır (Ruohonen, 2007). Çalışmanın doğru şekilde ilerleyebilmesi için öncelikle literatür çalışması yapılarak, çalışmada kullanılacak yöntem ve kriterler belirlenmiştir (Yavuz, 2008). Sistem işleyişini anlayabilmek adına hastane ziyaretleri yapılarak ilgili veriler toplanarak, sistem akışı analiz edilmiştir. Hastaların gelişler arası süreleri, randevulu ve randevusuz olarak bölüme gelen hasta sayıları hastane bilgi yönetim sistemi

üzerinden alınarak, istatistiksel olarak uygun olup olmadığına bakılmıştır (Yousefi ve Ferreira, 2017). Yöneticiler ile gerekli görüşmeler yapıp, kaynak sayıları toplanmıştır. Toplanan tüm veriler ARENA simülasyon programında hazırlanan model üzerine aktarılmıştır. Modelin doğruluğu test edildikten sonra sistemin daha iyi çalışması için 4 farklı senaryo belirlenmiştir (Wenk ve Popping, 2015). Bu senaryoların özet sonuçları aşağıdaki gibidir;

- Senaryo 1’de doktor sayısında arttırmaya giderek hastaların bekleme sürelerinde düşüş yaşanması sağlanmıştır.
- Senaryo 2’de Emar cihaz sayısında bir artışa gidilerek, cihazın kullanım oranının ve hastaların çekim için bekleyişlerinde azalma yaşanması sağlanmıştır.
- Senaryo 3’de fizyoterapist ve fizik tedavi teknikerinde azaltmalar yapılması sonucunda, kişi başına düşen hasta sayısında ve bekleme süresinde artış olduğu gözlenmiştir.
- Senaryo 4’te ise Emar cihazında ve doktor sayısında bir artışa gidilmesi sonucunda doktor bekleme sürelerinde artış ve emar cihazının kullanımda hasta sayısında artış olduğu görülmüştür.

Görüldüğü üzere çalışmada simülasyon modeli üzerinde farklı miktarlarda kaynak kullanımları oluşturularak, etkinlik analiz sonuçları elde edilmiştir. Kaynakların kullanımı kontrol altına alınarak hasta memnuniyetinin de artırılması sağlanmıştır.

Sağlık sistemi ve fizik tedavi süreçlerinde kaynak kullanımının iyileştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların Türkiye’de örneklerinin az olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda bu çalışmanın bu alanda çalışacak olan akademisyenlere ve uzmanlara katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Yapılan çalışmanın pandemi dönemini kapsamaması sonucunda aylara göre poliklinik hasta sayılarında farklılıklar yaşanmaktadır. Bu çalışma ile pandemi döneminin analizleri ortaya koyulmuştur. Gelecek çalışmalarda pandemi dönemindeki analiz çıktıları ile pandeminin yaşanmadığı mevcut dönem arasındaki çıktıların karşılaştırılması ve analizleri ortaya koyularak kıyaslamalar ve çıkarımlar yapılabilir. Bununla birlikte gelecek çalışmalarda, AOS modeli ile ARENA programına aktararak yapılan bu çalışma, sistem dinamik yaklaşımı ile farklı simülasyon programları kullanılarak analiz edilebilir.

## KAYNAKÇA

Abensur, E.O. (2011). Banking operations using queuing theory and genetic algorithms. *Produto & Produção*, 12(2), 69 - 86.

Ahmed, M. A. ve Alkhamis, T. M. (2009). Simulation Optimization for an Emergency Department Healthcare Unit in Kuwait. *European Journal of Operational Research*, 198(3), 936–942.

Aliyu A.I., Sulaiman T.A. ve Yusuf A. (2015). Modeling and Simulation Analysis of Health Care Appointment System using ARENA. *International Journal of Science and Advanced Information Technology*, 4 (1), 01-07.

Al-Refaie, A., Fouad, R.H., Li, M.-H. ve Shurrab, M. (2014). Applying Simulation and DEA to Improve Performance of Emergency Department in a Jordanian Hospital. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 41, 59-72.

Azadeh, A., Baghersad, M., Farahani, M.H. ve Zarrin, M. (2015). Semi-Online Patient Scheduling in Pathology Laboratories. *Artificial Intelligence in Medicine*, 64(3), 217-226.

Babashov, V., Aivas, I., Begen, M. A., Cao, J. Q., Rodrigues, G., D'Souza, D., Lock, M. ve Zaric, G. S. (2017). Reducing Patient Waiting Times for Radiation Therapy and Improving the Treatment Planning Process: A Discrete-event Simulation Model (Radiation Treatment Planning). *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 29(6), 385-391.

Baesler, F. Jahnsen, H. ve Dacosta, M. (2003). The Use of Simulation and Design of Experiments for Estimating Maximum Capacity in an Emergency Room. *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics* (IEEE Cat. No.03EX693).

Bakırcı, F. (2006), Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi, Ankara: Atlas Yayınları. ISBN:9756574526

Baril, C., Gascon, V. ve Cartier, S. (2014). Design and Analysis of an Outpatient Orthopaedic Clinic Performance with Discrete Event Simulation and Design of Experiments. *Computers & Industrial Engineering*, 78, 285-298.

Baril, C., Gascon, V., Miller, J. ve Côté, N. (2016). Use of a Discrete-Event Simulation in a Kaizen Event: A Case Study in Healthcare. *European Journal of Operational Research*, 249(1), 327–339.

Cabrera, E., Taboada, M., Iglesias, M. L., Epelde, F. ve Luque, E. (2011). Optimization of Healthcare Emergency Departments by Agent-Based Simulation. *Procedia Computer Science*, 4, 1880–1889.

Dengiz, B. (2010). Benzetim Ders Notları. BaŖkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Dan, Z., Xiaoli, H., Weiru, D., Li, W. ve Yue, H. (2016). Outpatient Pharmacy Optimization Using System Simulation. *Procedia Computer Science*, 91, 27-36.

Deryahanoğlu, O. (2020) Acil Servis Hasta Takip Süreçlerinde Rfid Teknolojisi Yatırımına Yönelik Simulasyon Modeli (YayımlanmamıŖ Doktora Tezi). *Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.

Gül, M., Çelik, E., Güneri, A.F. ve Gümüş, A.T. (2012), Simülasyon ile BütünleŖik Çok Kriterli Karar Verme: Bir Hastane Acil Departmanı için Senaryo Seçimi Uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (22),1-18.

Gül, M. ve Güneri, A. F. (2015). Simulation modelling of a patient surge in an emergency department under disaster conditions. *Croatian Operational Research Review*, 6(2), 429–443.

Günel, M. M. ve Pidd, M. (2010). Discrete Event Simulation for Performance Modelling in Health Care: A Review of the Literature. *Journal of Simulation*, 4(1), 42-51.

Jones, MC. (2013). Bir Kırsal Kentuck Hastanesi Acil Servisinde Hasta Bakım Sürecini İyileŖtirmek İçin Ayrık Olay Simülasyonunun Kullanılması, YayınlanmamıŖ Yüksek Lisans Tezi. Louisville Üniversitesi, Kentucky ABD.

Jilani, T., Housley, G., Figueredo, G., Tang, P.-S., Hatton, J. ve Shaw, D. (2019). Short and Long Term Predictions of Hospital Emergency Department Attendances. *International Journal of Medical Informatics*, 129, 167–174.

Karadayı M.A., Gökmen Y.G, Kasap L.G. ve Tozan, H. (2019). Sağlıkta Güncel Simülasyon YaklaŖımları: Bir Derleme ÇalıŖması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 31, 1-16.

Karakurt, K., Yüksel, B. ve Kolukısa Tarhan, A. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Hasta Triağ Süreçlerinin Optimizasyonu İçin Dinamik Sistem Simülasyon Modeli. The 12th Turkish National Software Engineering Symposium, September, Ankara.

Khurma, N., Bacioiu, G. M. ve Pasek, Z. J. (2008). Simulation-Based Verification of Lean Improvement for Emergency Room Process. *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation Conference*, 1490-1499.

Kumar, A. ve Kapur, R. (1989), Acil Servis için Ayrık Simülasyon Uygulama-Planlama Personeli. 1989 Kış Simülasyon Konferansı Bildirileri. IEEE, Washington, DC, 1112-1120.

Luo, L., Zhang, Y., Qing, F., Ding, H., Shi, Y. ve Guo, H. (2018). A Discrete Event Simulation Approach for Reserving Capacity for Emergency Patients in the Radiology Department. *BMC Health Services Research*, 18(1).

Law, A.M. ve Kelton, W.D. (2007). *Simulation Modeling and Analysis*, New York: McGraw-Hill.

Masselink, I. H. J., van der Mijden, T. L. C., Litvak, N. ve Vanberkel, P. T. (2012). Preparation of Chemotherapy Drugs: Planning Policy for Reduced Waiting Times. *Omega*, 40(2), 181-187.

Mirza, S. ve Athreya, S. (2017). Review of Simulation Training in Interventional Radiology. *Acad Radiol*, 25(4), 529- 539.

Özdağoğlu, A., Yalçınkaya, Ö. ve Özdağoğlu, G. (2009), Ege Bölgesindeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (16), 61-73.

Peng, Y., Qu, X. ve Shi, J. (2014). A Hybrid Simulation and Genetic Algorithm Approach to Determine the Optimal Scheduling Templates for Open Access Clinics Admitting Walk-In Patients. *Computers & Industrial Engineering*, 72, 282-296

Reed, S., Remenyte-PreScott, R. ve Rees, B. (2017). Effect of Venepuncture Process Design on Efficiency and Failure Rates: A Simulation Model Study for Secondary Care. *Int J Nurs Stud*, 68, 73-82.

Reynolds, M., Vasilakis, C., Mcleod, M., Barber, N., Mounsey, A., Newton, S., ... ve Franklin, B. D. (2011). Using Discrete Event Simulation to Design a More Efficient Hospital Pharmacy for Outpatients. *Health Care Management Science*, 14(3), 223–236.

Rohleder, T. R., Lewkonian, P., Bischak, D. P., Duffy, P. ve Hendijani, R. (2011). Using Simulation Modeling to Improve Patient Flow at an Outpatient Orthopedic Clinic. *Health Care Manag Sci*, 14(2), 135-145.

Ruohonen, T. (2007). Simülasyon Modeli Kullanarak Acil Servis Operasyonunun İyileştirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Jyväskylä Üniversitesi, Finlandiya.

Sargent, R.G. (2010). Verification and validation of simulation models," In Proceedings of the 2010 IEEE winter simulation conference, Baltimore, MD, USA, 166-183.

Saunders, C.E., P.K. ve Makensand Leblanc, L.J. (1989). Modeling Emergency Department Operations Using Advanced Computer Simulation Systems. *Annals of Emergency Medicine*, 18 (2), 134-140.

Schroedl, C. J., Corbridge, T. C., Cohen, E. R., Fakhran, S. S., Schimmel, D., McGaghie, W. C. ve Wayne, D. B. (2012). Use of Simulation-Based Education to Improve Resident Learning and Patient Care in The Medical Intensive Care Unit: A Randomized Trial. *J Crit Care*, 27(2), 217-213.

Söyler H. ve Koç A. (2014) Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyon ve Veri Analizi İle Etkinlik Ölçümü. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2). 117-132.

Topal Koç, D. (2020). Sağlık Hizmetleri Piyasası VE Kompütasyonel Modelleme. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2) , 238-253 . DOI: 10.34186/klujes.786837

Ünlüyurt, T. ve Tunçer, Y. (2016). Estimating The Performance of Emergency Medical Service Location Models via Discrete Event Simulation. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 467-475.

Vanbrabant, L., Braekers, K., Ramaekers, K. ve Nieuwenhuyse, I.V. (2019). Simulation of emergency department operations: A comprehensive review of KPIs and operational improvements. *Computers & Industrial Engineering*, 131, 356–381.

Wang, T., Guinet, A., Belaidi, A. ve Besombes, B. (2007). Modelling and Simulation of Emergency Services with ARIS and Arena. Case study: The Emergency Department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital. *Production Planning & Control*, 20(6), 484–495.

Wenk, M. ve Popping, D. M. (2015). Simulation for Anesthesia in Obstetrics. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 29(1), 81-86.

Yavuz, S. (2008), Sistem Simülasyonu Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Yousefi, M. ve Ferreira, R. (2017). An Agent-Based Simulation Combined with Group DecisionMaking Technique for Improving the Performance of an Emergency Department. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 50(5).

Zeng, Z., Ma, X., Hu, Y., Li, J. ve Bryant, D. (2012). A Simulation Study to Improve Quality of Care in The Emergency Department of a Community Hospital. *J Emerg Nurs*, 38(4), 322-328.

Zhengchun L., Rexachs D., Epelde F. ve Luquea E. (2017). An Agent-Based Model for Quantitatively Analyzing and Predicting the Complex Behavior of Emergency Departments. *Journal of Computational Science*, 21, 11-2.

# Kişisel Özelliklerin Dinlenen Müzik Türü Üzerindeki Etkileri

**Çağın Karabıçak**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0002-6520-7374)

**Burcu Özcan**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0003-0820-4238)

**Mehlika Kocabaş Akay**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
(0000-0003-0564-4625)



## GİRİŞ

Müzik, insanın varoluşundan bu yana toplumsal ve sosyal yaşantının vazgeçilmez unsurlarından biri olmuştur. Tarih öncesi dönemlerin kadim eserlerinden çağımızın müziğine gelene kadar kültür kavramının da önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. Müzik kavramı, ses sanatı anlamına gelen Yunanca musike (musa, müz) sözcüğüne dayanmaktadır (Michels ve Vogel, 2015). İnsan ruhuna doğrudan hitap eden müzik, neşenin, umudun, mutluluğun, hüznün ifade ediliş biçimlerindedir. Notalar kâğıda dökülüp icra edildiklerinde evrensel bir kalıcılığa da sahip olmaya başlamışlardır. Birçok bilim insanı, filozof şair ve yazar, müziğin ne olduğuna, neler hissettirdiğine dair düşünmüş ve fikir beyan etmişlerdir. Antik Yunan filozofu Pythagoras, müziği insan bedeni, astronomi ve matematik ile ilişkilendirmiştir (Marks, 2015). Ünlü fizikçi ve bilim insanı Albert Einstein “Eğer bir bilim insanı olmasaydım, bir müzisyen olurum. Ben sıklıkla müzikle düşünürüm ve düşlerimi müzikle yaşarım” demiştir.

Türk Musikisinin en önemli isimlerinden olan Dede Efendi tarafından müzik kavramı “insanlığın ahlakını arındıran kutsal bir bilim” olarak tanımlanmıştır. Dünya müziğinin önemli bestecilerinden olan Beethoven ise, müzik kavramını “tanrısal bir sanat” olarak ifade etmiştir (Uçan, 1994). Müzik, geçmişten bugüne güzel sanatların önemli bir boyutunu oluşturmakta ve sosyal, kültürel yönleriyle de ele alındığında, kültür kavramının içinde tanımlanmaktadır (Nacaklı ve Canbay, 2015).

Müzik, çağlar boyunca başta gençler olmak üzere her yaşta insanın kimlik bulma, sosyal, kültürel çevre oluşturma ve gelişimlerinde oldukça etkilidir. İnsan müzik sayesinde, her türlü duygusunu daha etkili bir şekilde ifade edebilmiş, kendini gerçekleştirme yolunda değerlerini de sonraki nesillere aktarabilmiştir. Literatürde, müzik seçim ve tercihlerinin belirlenmesi ile ilgili farklı yaş gruplarındaki insanları birbiriyle karşılaştıran birçok çalışma bulunmaktadır. LeBlanc, Sims, Siivola ve Obert (1996) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 6 ile 91 yaş aralığında ki 2262 kişiye farklı türlerden 18 parça dinletilerek müzik türü tercihi yapımları istenmiştir. Gençlerin ve yetişkinlerin seçimlerinde daha sabit kararlı, çocukların ise daha esnek olduğu ortaya konulmuştur. Günümüzde dinlenmek için tercih edilen müzik türleriyle görsel medya arasında ki bağın da oldukça

güçlü olduğu görülmektedir. Özellikle popüler kültür ürünü olan müziklerin, dinleyiciye ulaştırılabilmesinde müzik kanalları, sosyal medya ve video klipler yoğunlukla kullanılmaktadır (Uluçay, 2018). İnsanların dinledikleri müzik türleri ve kişisel özellikleri arasında bağlantı olup olmadığı sorusuna birçok çalışma ve araştırmada yanıt aranmıştır. Yağışan (2013), Devlin ve Seidel (2009), Kelly, Schwartz ve Fouts (2003) lise ve lisans düzeyinde gençler üzerinde bu bağlantıyı ortaya koyan çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Kocaeli’de yaşayan Y ve Z kuşağına mensup gençler üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada bireylerin demografik, kişisel ve sosyal özelliklerinin yanı sıra tercihlerinin dinledikleri müzik türüne etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçların, bireylerin kişisel özellikleri (yaş, cinsiyet, sosyal yaşam vb.) ve tercihleriyle dinlenen müzik türleri arasında bağlantı olduğunu doğrular nitelikte olduğu görülmüştür.

## LİTERATÜR TARAMASI

Müzik, duygu, düşünce ve gözlemleri, belirli bir amaç ve yöntem kullanılarak bir araya getirilmiş seslerle işleyerek anlatan estetik bir bütün ve herkesin anlayabildiği eşsiz bir dildir (Çuhadar, 2016). Literatürde, bireylerin müzik beğenisi ve yaşamlarına etkileri üzerine yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bauman tarafından gerçekleştirilen, 1410 gencin katıldığı ve müzik tercihlerinin değerlendirilmesi için 20 popüler, 20 klasik ve 10 tane de geleneksel müzik örneğinin kullanıldığı çalışmada popüler müzik ilk sırayı almıştır (Baumann, 1960). Erdal (2009) çalışmasında, Hargreaves, Comber ve Colley (1995) tarafından müzik dinleme tercihiyle yaş, cinsiyet ve eğitimin etkisini sorguladıkları ve İngiltere’de 278 kişi ile gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında Rap, reggae, house/acid, blues, heavy metal, klasik, pop, folk, rock, opera gibi türlerin tercih edilmesini araştırdıklarını bildirmiştir. Çalışmada, müzik eğitimi ile cinsiyet ve müzik tercihi arasında güçlü bağlantılar olduğu saptanmıştır (Erdal, 2009). George, Stickle, Rachid ve Wopnford’un (2007) 358 kişi üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, zekâ, maneviyat, benlik saygısı, sosyal beceriler, dışa dönüklük, duygusal istikrar gibi değişkenler 30 farklı müzik türü tercihi açısından faktör analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. North ve Hargreaves (2007), tarafından İngiltere’de farklı etnik kimliklere sahip, yaşları 16 ile 60 arasında

değişen 2532 kişi üzerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada 19 farklı türde müzikal tercih yapan katılımcıların, dinledikleri müzik türü ile yaşam tarzlarının özellikle seyahat eğilimi, eğitim düzeyi, istihdam, sağlık, sosyal ilişkiler, ahlaki ve politik inançlar yönleri arasında güçlü ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur.

Pickert tarafından, Alman müzik öğretmenleri ile yapılan bir başka çalışmada 93 farklı müzik tarzı değerlendirilmiş ve sonuç olarak beğeniler ve seçilen tarz arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür (Erdal, 2009). North (2010) tarafından dünya çapında 36 bin 518 kişi üzerinde gerçekleştirilen kişilik testi çalışmasında katılımcılara 104 farklı müzik türü hakkında ne düşündükleri sorulmuştur. İnsanların kişilikleriyle müzik tercihleri arasındaki bağları araştıran bu çalışmada, klasik müzik ve caz severlerin yaratıcı, pop dinleyicilerinin çalışkan, rap severlerin sempatik, girişken, soul sevenlerin yaratıcı, öz saygısı yüksek ve ön yargıların aksine heavy metal dinleyicilerinin kibar, yaratıcı ve kendileriyle barışık kişiler olduğu ortaya konulmuştur.

Langmeyer, Guglhör-Rudan ve Tarnai (2012), çalışmalarını yaşları 21 ve 26 arasında değişen 422 genç üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Müzik tercihleri ve kişilik arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada, deneyime açık bireylerin, yansıtıcı ve karmaşık müzikle (örneğin klasik), yoğun ve asi müziği (örneğin rock) tercih ederken, iyimser ve geleneksel (örneğin pop müzik) müzik türlerini tercih etmedikleri görülmüştür. Öte yandan dışa dönüklerin iyimser, geleneksel, enerjik ve ritmik müzik türlerini (örneğin rap / hip-hop) tercih ettiklerini ortaya koymuşlardır. Çeyrek milyondan fazla kişiyi kapsayan iki büyük kesitsel araştırmadan elde edilen veriler, Bonneville-Roussy, Xu, Rentfrow ve Potter'ın (2013) çalışmasında ergenlikten orta yaşa kadar müzikal tutum ve tercihlerdeki yaş farklılıklarını araştırmak için kullanılmıştır. Müzikal etkileşim ve tercihlerdeki yaş eğilimlerinin beş boyutlu bir model aracılığıyla araştırıldığı çalışmada, müzikal tercihlerin yaşam süresi boyunca çeşitli gelişimsel etkilere maruz kaldığı ve farklılaştığı ortaya konulmuştur. Şenel (2014), müzik tercihinin karmaşık arka planı içerikli çalışmasında, tercihi belirleyen bireysel etkenler olarak; yaş, cinsiyet, etnik köken, kişilik ve kişinin psikolojik durumunu tanımlayan dinleme durumunun yanı sıra sosyal etkenlerin de önemli olduğunu vurgulamıştır. Sağır ve Öztürk (2015) tarafından üniversite öğrencileri arasında gerçekleştirilen çalışmada, katılımcıların demografik özellikleri, müzikle ilgili tutumları, müzik

dinleme araçları, yaŖanılan çevrenin dinlenen müzik türü üzerindeki etkileri sorgulanmıştır. Düzbastılar (2017), Müzik Eğitimi Bölümleri lisans 1. Sınıf öğrencileri üzerinde yaptığı çalışmasında, öğrencilerin aldıkları eğitimin, dinledikleri müzik türlerinin farklılaşmasına yol açıp açmadığını belirleyerek, müzik alan eğitiminin tercih edilen müzikler üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada kadın ve erkek katılımcıların müzik beğenilerinin farklı olduğu ortaya konulmuştur. Schafer ve Mehlborn (2017), kişilik özellikleri ile müzik tercihleri arasındaki ilişkiyi araştıran önceki çalışmaların sonuçları üzerine meta-analiz yapmışlardır. Çalışmalarında, müzik tarzı tercihlerinin sınıflandırılmasıyla ilgili olarak, beş boyutlu MUSIC (yumuşak, iddiasız, sofistike, yoğun, çağdaş) modeli kullanmışlardır. Dinç Altun, Bülbül ve Türkkan (2018) tarafından 141 lisans öğrencisi üzerinde yapılan bir çalışmada, en fazla dinlenen müzik türünün pop, en az tercih edilen türün ise heavy metal türü olduğu, müzik tercihlerinde içinde bulunulan ruh halinin ve melodik yapının önemli olduğu ortaya konulmuştur. Racevska ve Tadinac (2019) tarafından 467 kişi ile gerçekleştirilen çalışmada, zekâ, müzik tercihleri ve müzik kullanımları arasındaki ilişki, evrimsel ve sosyal psikoloji yaklaşımları birleştirilerek araştırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre, zekanın enstrümantal müzik tercihinin önemli bir belirleyicisi olduğu, daha zeki kişilerin genel olarak sözsüz müziği tercih ettikleri ortaya konulmuştur. 14-82 yaş aralığında 244 kişinin katıldığı araştırmada, Ulubilgin Çuhadar ve Çerezcioğlu (2020), dijital müzik platformlarının kişiye özel çalma listelerini, Deezer platformu örneği üzerinden incelemişlerdir. Çalışmada bu listelerin özel ve özgür olma durumları sahte bireyselleşme kavramı üzerinden tartışılmıştır. Kuyucu (2020), araştırmasında teknoloji ile yoğun ilgilenen Z kuşağının müzik tüketim alışkanlıklarında dijital medyanın öne çıktığını, X ve Y kuşağının müzik dinleme alışkanlıklarında önemli rol oynayan geleneksel medyanın ve müzik televizyon kanallarının ise zaman geçtikçe bu etkilerini kayb ettiklerini ortaya koymuştur.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde; müzik seçimleri, kişisel özellikler ile ilgili olan çalışmaların genelde lise öğrencileri veya müzik eğitimi veren lisans düzeyi eğitim programlarında gerçekleştirildiği ve temel istatistiksel analizler kullanıldığı görülmüştür. Geniş katılımlı farklı çalışmalarda ise müzik türleri ve kişilik özellikleri bağlantısı ele alınmış az sayıda çalışmada

ise X, Y, Z kuşaklarının müzik dinleme platformu tercihleri sorgulanmıştır.

Y ve Z kuşaklarına mensup katılımcılarla gerçekleştirilen bu çalışmada ise literatürde daha önce pek sorgulanmamış alanlar olan, kişilerin sosyal yaşam düzeyleri, müziğin kişinin yaşantısındaki yeri ile hangi platform üzerinden müzik dinlendiği içerikli girdi değişkenlerine bağlı çıktı olarak hangi müzik türlerinin tercih edilerek dinlendiğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler daha önceki çalışmalarda kullanılmamış olan Karar Ağacı metodu ile sınıflandırılmış, Apriori Algoritması ile değerlendirilmiş ve görsel bir modelleme aracı olan SPSS Clementine programı kullanılarak sunulmuştur.

## **ÇALIŞMADA KULLANILAN METODOLOJİLER**

Kişisel özelliklerin ve tercihlerin dinlenen müzik türü üzerindeki etkilerinin açıklanmaya çalışıldığı bu çalışmada, sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan karar ağacı oluşturulmuştur. Çalışmanın verileri anket çalışmasıyla toplanmıştır. Veriler analiz edilirken Karar Ağacı metodu, Apriori Algoritması ve SPSS Clementine programı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan yöntemler aşağıda genel olarak anlatılmaktadır.

### ***Karar Ağacı ile Sınıflandırma***

Karar ağacı yöntemleri, sınıflandırma problemleri için yaygın kullanılan ve doğruluk açısından etkin yöntemlerdir. Model ağaç şeklinde gösterilmekte ve karar ağacı şeklinde isimlendirilmektedir. Bu modelde her bir nitelik bir düğüm tarafından temsil edilir, dallar, yapraklar bulunur ve bu yapılar ağaç yapısının elemanlarıdır. En son yapı yaprak olarak, en üst kısım kök düğüm ve aralarda kalan yapılar dal olarak isimlendirilmektedir.

Karar ağaçlarının önemli bir avantajı düşük maliyetli olmalarıdır. Bir başka önemli avantajı ise diğer çok değişkenli yöntemlerde sağlanması gerekli olan istatistiksel varsayımların bu yöntemde olmamasıdır. Karar ağacı algoritmalarında bağımlı ve bağımsız değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişkilerinin yönü, önem dereceleri görselleştirilebilir. Elde edilen bilgilerin analizi bu yöntemle kolaylaşmakta, somut ve kullanışlı hale

gelmektedir. (Aktürk vd., 2012). Literatürde çok kullanılması başka bir nedeni yorumlamalarının ve farklı veri tabanı sistemleri ile çalışmalarının kolay olmasıdır. Güvenilirlik açısından değerlendirildiğinde iyi bir konumdadır (Özekes, 2003).

### ***Birliktelik Kuralları***

Veri madenciliğinde tanımlayıcı ve tahminleyici modeller bulunmaktadır. Birliktelik kuralları tanımlayıcı model olarak ifade edilir. Birliktelik kurallarının esas amacı veri madenciliğinin temel özelliği olan büyük miktardaki veriler arasından tahmin edilemeyen birliktelik örüntülerini keşfetmektir. Özellikle pazarlama alanında, karar destek sistemine fayda sağlamaktadır. Veri tabanlarında bilgi keşfinde kullanılan birliktelik kuralları şirketler için büyük önem taşımaktadır (Han ve Fu,1995).

Birliktelik kurallarının anlaşılabilirlik ve uygulanabilirlik açısından basit olmaları her alanda kullanımını artırmaktadır. Finans, üretim, pazarlama, perakendecilik ve e-ticaret gibi çok sayıda alanda başarıyla kullanılmaktadır. Özellikle son zamanlarda e-ticaretin her geçen gün daha büyük hacimde artıyor olması birliktelik kurallarını daha da önemli kılmıştır.

Birliktelik kurallarının yaygın uygulaması en çok pazarlama alanında özellikle market analizleri üzerinedir. Veri madenciliğinde bu uygulamalara pazar sepet analizi adı verilmektedir. Geleneksel bir uygulama olan pazar sepeti analizi, satın alınan bir ürünün yanında farklı ürün kategorilerinde birliktelik keşfini ifade eder (Chen ve Lin, 2007).

Pazar sepeti analizi, geleneksel olarak birlikte satılma eğilimi olan ürünlerin ortaya çıkarılmasını amaçlar. Bu eğilimin müşteri davranışları düzeyinde analizi yapılmakta aynı zamanda stok kontrol ve satış analizlerine de yarar sağlamaktadır. Bu analiz, alışveriş sırasında satın alınanların tümünü inceler. Marka ve ürün tipi bazlı analizler yapılabilmesi çapraz satış olanaklarının da artırılmasına neden olur. İşletmelerin yerleşim düzenekleri birliktelik kuralları sayesinde satış rakamlarını artıracak şekilde değiştirilebilir, yine bu analizle, müşteri dağılımını da içerecek bir bilgiye de sahip olunur. Bu müşteri dağılımı reklam indirim ve ürün yatırımlarında da yardımcı olmaktadır (Yang ve Lai, 2007).

Apriori algoritması ise veri madenciliğinde birliktelik kurallarını tespit etmek için kullanılan klasik bir algoritmadır. Büyük ürün gruplarında ilişkilerin ortaya konulmasında kullanılan yöntem geniş nesne kümelerinde destek ve güven ölçütlerini kullanarak veri setinde tarama yapar. Yöntemde, bu kümelerde destek seviyesinin altında kalan nesne kümeleri bir sonraki adımda taranmaz (Eker, 2016).

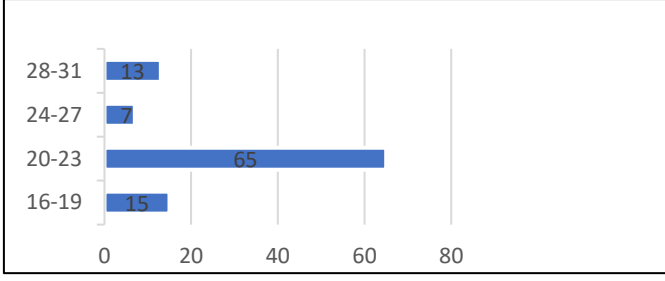
## **ÇALIŞMA YÖNTEMİ**

Kocaeli’de yaşayan 16-31 yaş aralığına sahip genç bireyler ile gerçekleştirilen bu çalışmanın verileri, insanların kişisel ve sosyal yaşantıları üzerinde temel çıkarımlar yapılabilecek altı adet soruyu içeren bir anket çalışmasıyla toplanmıştır. Gerçekleştirilen anket çalışması sonucunda elde edilen veriler karar ağacı metodu ile sınıflandırılmıştır.

Cinsiyet, yaş aralığı, sosyal yaşam düzeyleri, müziğin kişinin yaşantısındaki yeri ve hangi platform üzerinden müzik dinlendiği içerikli girdi değişkenleri belirlenmiştir. Belirlenen girdi değişkenlerine bağlı çıktı olarak ise hangi müzik türlerinin tercih edilerek dinlendiğini bulmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, dinlenen müzik türü üzerinde kişisel özelliklerin ve tercihlerin etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. 300 kişi üzerinde gerçekleştirilen anket çalışmasıyla toplanan veriler analiz edilirken Karar Ağacı oluşturulmuş, Apriori Algoritması kullanılmıştır.

Katılımcılara yönlendirilen sorular; yaş, cinsiyet, sosyal bir yaşantıya sahip olup olunmadığı, müziğin yaşantılarındaki işlevi, hangi platformlar üzerinden müzik dinlendiği ve çıktı değişkeni olarak ise dinlenen müzik türleri olmak üzere altı başlıkta toplanmıştır.

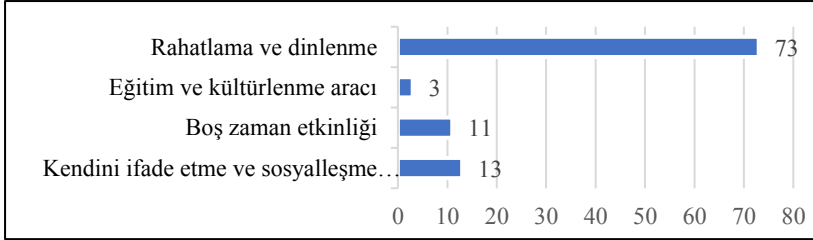
16-31 yaş aralığına sahip gençler hedeflenerek gerçekleştirilen çalışmada, kadın katılımcı oranı %48, erkek katılımcı oranı ise %52’dir. Katılımcı yaş dağılımlarına bakıldığında, %65 oranında 20-23 yaş arası, %15 oranında 16-19 yaş arası, %13 oranında 28-31 yaş arası ve %7 oranında 24-27 yaş arası dağılım olduğu görülmektedir. Bu dağılım Şekil 1’de gösterilmektedir.



Ŗekil 1. Katılımcı yaş dağılımları

Katılımcıların %76'sı sosyal bir yaşantıya sahip olduklarını, %24'ü ise sosyal yaşantıya sahip olmadıklarını belirtmişlerdir.

Müziğin yaşamlarında hangi yer ve işleve sahip olduğu sorusu yönlendirilen katılımcılar, %73 gibi büyük oranda rahatlama ve dinlenme seçeneğini tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Katılımcılar, %13 oranında kendini ifade etme ve sosyalleşme aracı olarak gördüklerini, %11 oranında boş zaman etkinliği, %3 oranında ise eğitim ve kültürlenme aracı olarak gördüklerini ifade etmişlerdir. Ŗekil 2'de müziğin bireyin hayatındaki yeri ve işlevi dağılımı görölmektedir.



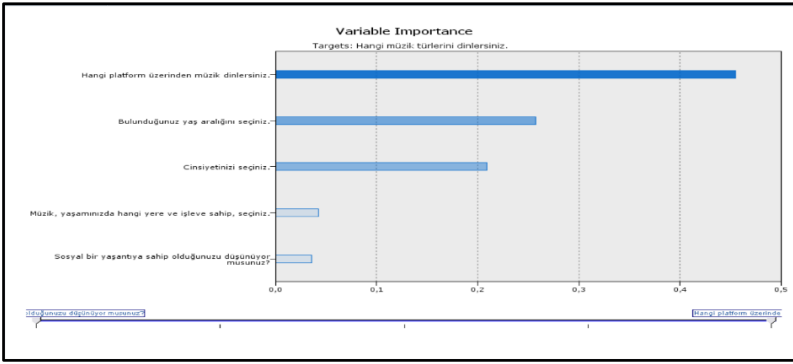
Ŗekil 2. Müziğin bireyin hayatındaki yeri ve işlevi dağılımı

Dinlenen müzik platformları sorgulandığında, %55 oranında Spotify, %28 oranında Youtube Music, %16 oranında Tv müzik kanalları, radyo, tablet ve sahip olunan cd, plak seçenekleri, %1 oranında ise SoundCloud tercihlerinin ön plana çıktığı görölmüştür.



### **Karar Ağacı Değişkenleri ve Tanımlamaları**

Çalışmada, cinsiyet, yaş aralıkları, sosyal bir yaşantıya sahip olup olunmadığı, müziğin yaşantılarındaki yeri, hangi platform üzerinden müzik dinlendiği ve dinlenen müzik türleri değişkenleri sınıflandırılmıştır. Gerçekleştirilen Karar Ağacı çalışmasında sorulan 5 farklı sorunun (cinsiyet, yaş, sosyal bir yaşantıya sahip olma durumu, müziğin hayatımızdaki konumu, müzik platformu) çıktı değişkeni olan müzik türleri üzerindeki etkilerinin karşılaştırılmasına Şekil 3'te yer verilmiştir.



Şekil 3. Soruların çıktı değişkenine etkileri

Bu karşılaştırma incelendiğinde çıktı değişkeni olan “hangi müzik türlerini dinlersiniz” sorusuna en çok etkiyi “hangi platform üzerinden müzik dinlersiniz” sorusunun sağladığı görülmüştür. Yedi farklı çıktı değişkenine ait veri sayıları, ortalamaları (Ort) ve standart sapmalarının (S.S.) özet hali Tablo 1’de verilmiştir.

Hangi müzik türünü tercih ettikleri sorusuna katılımcılar; %64,5 oranında Pop, %60,5 oranında Rap, %58,9 oranında Rock, %41,5 oranında Halk müziği, %27,8 oranında Elektronik/Dans, %22,1 oranında Blues ve %21,4 oranında Caz müziği yanıtlarını vermişlerdir.

Tablo 1. Çıktı değişkeni tanımlayıcı istatistik bilgileri

Müzik	Toplam	Ort	S.S.	Müzik	Toplam	Ort	S.S.
Pop	193	0,645	0,479	Blues	66	0,221	0,415
Rock	176	0,589	0,493	Caz	64	0,214	0,411

Tablo 1. (devam)

Müzik	Toplam	Ort	S.S.	Müzik	Toplam	Ort	S.S
Rap	181	0,605	0.490	Halk Müziği	124	0,415	0,494
Elektronik /Dans	83	0,278	0,449	Toplam	300 katılımcı cevaplamıştır.		

Çalışmada gerçekleştirilen Karar Ağacı model görünümüne ilişkin bir kesit aşağıda Şekil 4’de verildiği biçimdedir.

[-] Bulunduğunuz yaş aralığını seçiniz = 16-19 [Mode: Rap]
[-] Cinsiyetinizi seçiniz = Kadın [Mode: Pop, Rock, Rap]
[-] Cinsiyetinizi seçiniz = Erkek [Mode: Rap]
[-] Bulunduğunuz yaş aralığını seçiniz = 20-23 [Mode: Rock]
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz = Boş zaman etkinliği. [Mode: Pop, Rock, Rap]
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz = Eğitim ve kültürlenme aracı. [Mode: Rock, Rap, Halk Müziği(Türkü)] ⇒ Rock, Rap, Halk Müziği(Türkü)
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz = Kendimi ifade etme ve sosyalleşme aracı. [Mode: Rock]
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz = Rahatlama ve dinlenme. [Mode: Pop, Rock, Rap, Halk Müziği(Türkü)]
[-] Bulunduğunuz yaş aralığını seçiniz = 24-27 [Mode: Rap]
[-] Cinsiyetinizi seçiniz = Kadın [Mode: Pop]
[-] Cinsiyetinizi seçiniz = Erkek [Mode: Rap] ⇒ Rap
[-] Bulunduğunuz yaş aralığını seçiniz = 28+ [Mode: Pop]
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz. in ["Boş zaman etkinliği." "Kendimi ifade etme ve sosyalleşme aracı." ] [Mode: Pop, Rock, Rap] ⇒ Pop, Rock, Rap
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz. in ["Eğitim ve kültürlenme aracı." ] [Mode: Pop, Blues, Halk Müziği(Türkü)] ⇒ Pop, Blues, Halk Müziği(Türkü)
[-] Müzik, yaşamınızda hangi yere ve işleve sahip, seçiniz. in ["Rahatlama ve dinlenme." ] [Mode: Pop]

Şekil 4. Karar ağacı modeli

## Her Bir Değişken için Karar Ağacı Yapısı ve Analizleri

### Yaş

Katılımcılar öncelikli olarak yaşlarına göre sınıflandırılmıştır.16-19; 20-23 yaş aralığı ve 24-27; 28-31 yaş aralığı olarak iki gruba ayrılmıştır. Yaş Aralığı 16-19 ve 20-23 olan daha genç kesim ağırlıklı olarak Pop, Rock, Rap türlerini bir arada dinlemektedirler. Yaş Aralığı 24-27 ve 28-31 olan katılımcıların ise ağırlıklı olarak Pop dinlediği görülmektedir.

### Cinsiyet

Sınıflandırmanın belirlenmesinde cinsiyet önemli bir yere sahiptir ve Kadın, Erkek olarak ayrılmıştır. Yapılan sınıflandırmada kadınların ağırlıklı olarak Pop müzik, erkeklerin ise Rap müzik dinlediği ortaya konulmuştur.

### ***Müzik Dinleme Platformu Tercihleri***

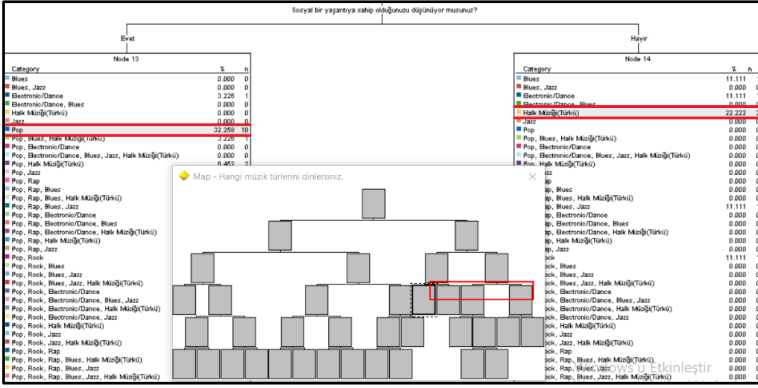
Gelişen teknoloji ve dijitalleşmenin yaygınlaşmasıyla müzik platformlarının yapısı da değişime uğramış ve müzik eserlerine erişim kolaylaşmıştır. Müzik dinleme platformları sınıflandırıldığında Spotify ve SoundCloud, Youtube Music, Diğerleri olarak ikiye ayrılmıştır. Buna göre Spotify uygulamasında ağırlıklı olarak Pop, Rock, Rap üçlüsünün birarada tercih edildiği tespit edilmiştir. Soundcloud, Youtube Music, Tv, radyo, cd vb. seçeneklerindeki platformlarda ise ağırlıklı olarak Halk Müziği (Türküler) tercih edilmiştir.

### ***Müziğin Katılımcıların Yaşamlarındaki Yeri ve İşlevi***

Ankete katılanlara müziğin yaşamlarında hangi yer ve işleve sahip olduğu sorusu yönlendirildiğinde iki gruba ayrıldığı görülmüştür. İlk grup Rahatlama ve dinlenme aracı olarak, ikinci grup Boş Zaman Etkinliği, Eğitim Kültürlenme Aracı, Kendini İfade Etme ve Sosyalleşme Aracı olarak görmektedir. Rahatlama ve Dinlenme zamanlarında genellikle Rap, Pop, Halk Müziği (Türkü) üçlüsünün bir arada dinlendiği tespit edilmiştir. Boş Zaman Etkinliği, Eğitim Kültürlenme Aracı, Kendini İfade Etme ve Sosyalleşme Aracı gibi kullanılmadıkları durumlarda ise Pop, Rock, Rap üçlüsünün bir arada tercih edildiği ortaya konmuştur.

### ***Sosyal Hayatın Müzik Türü Tercihine Etkisi***

Katılımcılar, sosyal bir yaşantıya sahip olup olmama durumlarına göre iki grupta sınıflandırılmıştır. Çalışmada, sosyal yaşam kavramı, sinema, tiyatro, dans, halk oyunları, gezi ve konser etkinliklerine katılım ve arkadaş çevresiyle ev dışında görüşme olarak ifade edilmiştir. Sosyal bir yaşantıya sahip erkeklerin genelde Rap müzik türünü tercih ettikleri, sosyal yaşantıya sahip olmayan erkeklerin ise tür ayrımı yapmadıkları belirlenmiştir. Sosyal bir yaşantıya sahip olan kadınların Pop müzik, sosyal bir yaşantıya sahip olmayan kadınların ise genelde Halk Müziği (Türkü) dinledikleri ortaya konulmuştur. Sosyal yaşantıya sahip olup olmama durumlarına göre kadınlar tarafından tercih edilen müzik türlerine ait değerlendirmeler Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Sosyal hayattaki konumun kadınların tercih ettiği müzik türüne etkisi

### Apriori Algoritması Uygulaması

Gerçekleştirilen bu çalışmada veriler, Apriori uygulaması ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yalnızca %90 değerinin üzerindeki değerlendirmeye alınmıştır. Bu sonuçlara göre, katılımcıların müzik tercihleri arasında bulunan Rap, Pop, Rock müzik kategorilerinin yanı sıra neler dinledikleri Şekil 6'da görülmektedir. Örneğin, Blues, caz ve pop müzik dinleyenlerin %90'ı Rock müzik de dinlemektedirler. Benzer şekilde, Elektronik/dans ve Halk Müziği dinleyenlerin yaklaşık %92'si Rap müzik dinlemektedirler şeklinde yorumlanmaktadır.

Consequent	Antecedent	Support %	Confidence %
rap	electronic_dance	12,121	91,667
pop	turku_halkMusic	11,111	90,909
rock	blues	10,101	90,0
pop	jazz	10,101	90,0
rock	turku_halkMusic	10,101	90,0
rap	electronic_dance	10,101	90,0
rock	turku_halkMusic	10,101	90,0
rap	electronic_dance	10,101	90,0
rock	pop	10,101	90,0
rock	blues	10,101	90,0
rock	jazz	10,101	90,0
rock	pop	10,101	90,0

Şekil 6. Apriori algoritması sonuçları

## SONUÇ

İnsanlar binlerce yıldır dans etmek, dua etmek, siyasi veya askeri nedenlerle güç gösterisi yapmak gibi birçok sebeple müzikler yapmışlardır. Yapılan müziğin hatırlanması ve paylaşılması için de çeşitli çareler aranmış ve zamanla bu arayış bugün kullanılan nota sistemlerine dönüşmüştür. Günümüzden yaklaşık yüz yıl önce ses kaydı yöntemi bulunarak gelecek nesillere orijinal kayıtların doğru olarak aktarılması mümkün olmuştur. Müzik eserleri; insan düşünce ve duygularının ifade edilmesinde önemli bir rol, aynı zamanda duygusal ve psikolojik olarak iyi hissettirebilecek bir destek görevi üstlenmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, sınıflandırma problemlerinde sıklıkla kullanılan Karar Ağacı oluşturularak bireylerin bazı kişisel özelliklerinin ve tercihlerinin dinlenen müzik türü üzerindeki etkileri açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın verileri, 300 kişi üzerinde gerçekleştirilen anket çalışması sonucunda elde edilmiştir. Katılımcıların kişisel ve sosyal yaşantıları üzerinde temel çıkarımlar yapılabilecek soruları içeren anket çalışmasıyla elde edilen veriler Karar Ağacı metodu ile sınıflandırılmıştır. 16-31 yaş aralığına sahip gençler hedeflenerek gerçekleştirilen çalışmada, kadın ve erkek sayısı birbirine yakındır. Katılımcılar müziği büyük oranda rahatlama, dinlenme ve kendini ifade edip sosyalleşme aracı olarak gördüklerini belirtmişlerdir. Müzik dinleme platformu olarak Spotify ve Youtube kanalları daha çoğunlukla tercih edilirken, en çok dinlenen müzik türlerinin Pop, Rock ve Rap olduğu tespit edilmiştir. Son yıllarda açılımı ‘rhythm and poem’ yani ritm ve şiir ya da İngilizce’de ağır, sert eleştiri sözcük anlamına sahip olan Rap müzik dinlenme oranı gençler arasında büyük artış göstermiştir. Türkiye’de herkesin yakındığı birçok konuya dair, özgürlük, acı ve isyan yüklü şarkı sözleriyle sessiz kalmayan rap müzik, özellikle son yıllarda beyaz yakalılardan alt kültür gençlere kadar, içindeki isyan duygusunu bastırmak zorunda kalan bir kesimin sesi olmaktadır.

Günümüzde büyük bir hızla gelişen görsel medya, sosyal medya ve dijital teknoloji olanaklarıyla beraber birbirinden farklı birçok platform üzerinden müzik dinleme alışkanlıkları oluşmuştur. İzlenilirlik olarak kısmen de olsa daha geri planda kalan müzik video kliplerini izlemenin yanı sıra kolay erişilebilir, etkileşimli kullanım sağlayan çevrim içi ve

sınırsız müzik dinleme olanağı sunan platformlar ön plana çıkmıştır. Kullanıcının dinleme geçmişinden ve oluşturduğu müzik listesinden yola çıkarak, yapay zekâ teknikleri kullanarak müzik tercihlerini belirleyen bu platformlardan dinlenen müzik türlerinin de gençler üzerindeki etkisi artmaktadır. Çalışmamızın sonuçları bu durumu müzik dinleme platformlarının tercihi bağlamında doğrular niteliktedir. Spotify platformunu 16-23 yaş arası gençlerin daha çok tercih ettiği ve Pop, Rock, Rap müzik türlerini dinledikleri, SoundCloud, Youtube platformlarını ise 24-31 yaş arası gençlerin tercih ettikleri ve yoğunlukla Halk müziğı dinledikleri belirlenmiştir. Bireyler, hayatlarının farklı yaş dönemlerinde farklı müzik türü dinleme tercihleri ortaya koymaktadırlar. Tür tercihleri yaşla değışirken daha genç dönemlerde, özellikle internetsiz bir dünyayı tanımayan, sosyal ağları aktif kullanan ve asıl iletişim kanalı olarak kabul eden Z kuşağı olarak isimlendirilen 2000 yılı sonrası doğumlu gençlerde dijitalleşme ilgisi ve yoğun teknoloji kullanımı etkileri de müzik dinleme platformu tercihlerine yansımaktadır. Daha önceki kuşaklarda da olduğu gibi özellikle Z kuşağı bireyinin hayatında, son dönemde içinde yaşanan pandeminin de evde daha fazla zaman geçirmeye yönelik etkisiyle, müziğın oldukça önemli bir yere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada, sosyal bir yaşantıya sahip kadınların genel olarak Pop müzik, erkeklerin ise Rap müzik dinledikleri ortaya çıkmıştır. Sözler ve ritimlerin tekrarlanma kolaylığı, görsellik ve estetik kullanımının fazla olduğu şarkı ve kliplerle gündelik konuşma diline yakınlık, çoğunlukla duygusal aşk, sevgi, ayrılık konularının işlenmesiyle duygusal ihtiyaçların giderilmesi anlamında kadınların pop müzik tercih ettikleri düşünülmektedir. Erkeklerin müzik tercihinde, şiir ile ritmin birlikte kullanıldığı, mesaj verilen rap müziğın ön plana çıkmasında ise; gelecek, işsizlik, aile yapısı, sistem, düzen kaygıları ve isyan duygularıyla ilgili kendilerini net ifade edebilip, sokakta enstrüman olmaksızın arkadaşlarıyla da yapabilecekleri bir tarz olmasının payı olduğu düşünülmektedir. Sosyal yaşama sahip olmadıklarını belirten erkek katılımcıların müzik dinlerken tür ayrımı yapmadıkları, kadınların ise Halk müziğini tercih ettikleri görülmüştür.

Çıktı değışkeni olan “Hangi müzik türlerini dinlersiniz” sorusuna en çok etkiyi “Hangi platform üzerinden müzik dinlersiniz” sorusunun sağladığı görülmüştür. Çalışmada hangi müzik türü ya da türlerinin ne amaçla dinlendiğı ile ilgili bir sınıflandırma da yapılmıştır. Bu

sınıflandırmanın iki gruba ayrıldığı görülmüştür. Birinci grup müzik dinleme amacını, Rahatlama ve Dinlenme, ikinci grup ise Boş Zaman Etkinliği, Eğitim Kültürlenme Aracı, Kendini İfade Etme ve Sosyalleşme Aracı olarak gördüklerini belirtmişlerdir. Rahatlama ve Dinlenme zamanlarında genellikle dinlenen türlerin Rap, Pop, Halk Müziği olduğu, Boş Zaman Etkinliği; Eğitim Kültürlenme Aracı, Kendini İfade Etme ve Sosyalleşme Aracı gibi kullanımla durumlarında Pop, Rock, Rap türlerinin tercih edildiği bulgulanmıştır.

Çalışmada kullanılan Apriori algoritmasının sonuçlarına göre, katılanların Rap, Pop, Rock kategorilerinin yanı sıra hangi türleri dinledikleri de gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre, Rap müzik dinleyenlerin bu türün yanı sıra Elektronik/dans ve Halk müziği dinledikleri, Rock müzik dinleyenlerin alternatif olarak Caz ve Halk müziği dinlemeyi yüksek oranda tercih ettikleri ortaya konulmuştur.

Elde edilen sonuçlar, bireylerin cinsiyetleri, yaşları, müzik dinleme platformu tercihleri, müziği rahatlama ve dinlenme ile kültürlenme ve kendini ifade etme aracı olarak görmeleri ve bir sosyal yaşama sahip olup olmama tercihlerinin, dinlenen müzik türleri arasında bağlantı olduğunu doğrulamaktadır.

Tercih edilen müzik türlerinin kişisel özellikler ve sahip olunan değerleri dışı vurma aracı olarak görülmesi de doğal bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde bireyler ve çeşitli müzik dinleme tercihleri üzerine yapılan araştırmalar, sürecin yapısına ilişkin önemli ipuçları vermekte ve basit seçimler değil oldukça karmaşık bir alt yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak değişen toplum yapısı ve kuşak farklılıkları konuyla ilgili yeni ve kapsamlı araştırmalar yapılması gerektiğini de gözler önüne sermektedir.

## **KAYNAKÇA**

Aktürk D., Bayramoğlu Z. ve Savran F. (2012). Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı Yönteminin Örnek Veri Seti ile Uygulaması, *10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, (817-824), Konya, Türkiye.

Baumann, V. H. (1960). Teen-age Music Preferences. *Journal of Research in Music Education*, 8, 75-84.

Bonneville-Roussy, A., Xu, K., Rentfrow, P. ve Potter, J. (2013). Music Through the Ages: Trends in Musical Engagement and Preferences from Adolescence Through Middle Adulthood, *Journal of Personality and Social Psychology*, 105(4), 703-717.

Chen, M.C. ve Lin, C.P. (2007), A Data Mining Approach to Product Assortment and Shelf Space Allocation, *Expert Systems with Application*, 4, 976-986.

Çuhadar, C.H. (2016). Müzik ve Müzik Eğitimi, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25 (1), 217-230.

Devlin, J.M. ve Seidel, S. (2009). *Music Preferences and Their Relationship to Behaviors, Beliefs, and Attitudes Toward Aggression*, Research Report, 1-31, <https://eric.ed.gov/?id=ED507397>.

Diñç Altun, Z. Bülbül K. ve Türkkan T. (2018), The Relationship Between University Students' Music Preferences and Drug Abuse Tendencies and Personality Traits, *Universal Journal of Educational Research*, 6(12), 2931-2941.

Düzbastılar, M. (2017). Müzik Eğitiminin Müzikal Tercihler Üzerine Etkisi, *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5), 1485-1493.

Eker, M. E. (2016). *Veri Madenciliğinde Apriori Algoritmasının Sınav Verileri Üzerinde Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdal, B. (2009). Müzik Tercihi ve Kişilik İlişkisi, *C.U. Sosyal Bilimler Dergisi*, 35(2), 188-196.

George, D., Stickle, K., Rachid, F. ve Wopnford, A. (2007). The Association Between Types of Music Enjoyed and Cognitive, Behavioral, and Personality Factors of Those Who Listen. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 19(2), 32-56.

Han, J. ve Fu, Y. (1995). Discovery of Multiple-Level Association Rules from Large Databases, *Proceedings of the 21st VLDB Conference*, (420-431), Zurich, Switzerland.

Kelly D. Schwartz, K. ve Fouts, T. G. (2003). Music Preferences, Personality Style and Developmental Issues of Adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, 32 (3), 205-213.



- Kuyucu, M. (2020). Dijital ve Geleneksel Medyanın Z Kuşağının Müzik Dinleme Alışkanlıklarına Olan Etkisi, *ISPEC 4<sup>th</sup> International Conference on Social Sciences and Humanities Full Texts Book*, (182-195), Ankara, Türkiye.
- Langmeyer, A., Guglhör-Rudan, A. ve Tarnai, C. (2012). What Do Music Preferences Reveal About Personality? A Cross-Cultural Replication Using Self-Ratings and Ratings of Music Samples, *Journal of Individual Differences*, 33(2), 119-130.
- LeBlanc, A., Sims, W. L., Siivola, C. ve Obert, M. (1996). Music Style Preferences of Different Age Listeners. *Journal of Research in Music Education*, 44(1), 49-59.
- Marks, A. (2015). *Klasik Müzik*, İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Michels, U. ve Vogel, G. (2015). *Müzik Atlası*, İstanbul, Alfa Basım Yayın.
- Nacaklı Z. ve Canbay A. (2015). *Müzik Kültürü*, Ankara, 2. Baskı, Pegem Akademi.
- North, A. (2010). Individual Differences in Musical Taste, *American Journal of Psychology*, 123, 199-208.
- North, A. C. ve Hargreaves, D.J. (2007). Lifestyle Correlates of Musical Preference: 1. Relationships, Living Arrangements, Beliefs, and Crime, *Psychology of Music*, 35(1), 58-87.
- Özkes S. (2003). Veri Madenciliği Modelleri ve Uygulama Alanları, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi*, 3, 65-82.
- Racevska, E. ve Tadinac, M. (2019), Intelligence, Music Preferences and Uses of Music from the Perspective of Evolutionary Psychology. *Evolutionary Behavioral Sciences*, 13(2), 101-110.
- Sağır, A. ve Öztürk, B. (2015). Sosyolojik Bağlamda Müzik ve Kimlik: Karabük Üniversitesi Örneği, *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 121-154.
- Schafer, T. ve Mehlborn, C. (2017). Can Personality Traits Predict Musical Style Preferences? A Meta-analysis, *Personality and Individual Differences*, 116, 265-273.
- Şenel, O. (2014). Müzik Tercihinin Karmaşık Arka Planı, *Journal of International Research*, 7(30), 213-227.

Uçan, A. (1994). *İnsan ve Müzik, İnsan ve Sanat Eğitimi*, Ankara, Müzik Ansiklopedisi Yayınları.

Ulubilgin Çuhadar, B. ve Çerezcioğlu A.B. (2020). Algoritmaların Yönlendirdiği Dinleme Pratikleri: Sahte BireyselleŖme Bağlamında KiŖiye Özel Çalma Listeleri. *Eurasian Journal of Music and Dance*, 17, 129-158.

Uluçay, T. (2018). Lise Öğrencilerinin Dinledikleri Müzik Türlerinin Ŗiddet Eğilimlerine Etkisi, *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi*, s.41, 135-153.

Yağışan, N. (2013). Üniversite Öğrencilerinin Müzik Tercihi ve Saldırganlıkla İliŖkisi. *Sanat Eğitimi Dergisi*. 1(2), 96-113.

Yang, T.C. ve Lai, H. (2006). Comparison of Product Bundling Strategies on Different Online Shopping Behaviors, *Electronic Commerce Research and Applications*, 4, 295-304.

**Üniversite Öğrencilerinin Kariyer  
Hedeflerinin Tahminine Yönelik  
Kavramsal Çözümleme:  
Ontoloji**

**Zeynep Altan**  
*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0383-9261)**

## GİRİŖ

Bu bölümde, üniversite öğrencilerinin kariyer planlamalarına yönelik geliştirilen ontolojinin temel yapısı anlatılmaktadır. Bu bağlamda çalışmaya konu ile ilgili yeni yaklaşımların araştırılması ile başlanmıştır. 21. yüzyılın başından itibaren iş ortamları değişken bir yapıya dönüşmüştür. Bu değişim günümüz koşullarında daha da artmakta, özellikle bilgi teknolojileri alanında proje odaklı işlere daha sık rastlanmaktadır. Çalışma dünyasındaki yapısal değişim kariyer gelişimine yönelik teorik çalışmaları da etkilemiştir. İş planlamalarında bir taraftan geleneksel olan kariyer gelişimi odaklı ve örgütsel davranışların ötesinde tüm sınırları aşan *Sınırsız Kariyer (Boundaryless Career)* tanımlanırken (Arthur 1994; Arthur ve Rousseau, 1996), diğer taraftan kariyerin kişinin kendi yönelimleriyle yönetildiğine odaklanan *Çok Yönlü Kariyer (Protean Career)* teorisi uygulanmaktadır (Hall, 1996; Baruch, 2004). Bu iki yaklaşım, kariyer planlamalarına yönelik olarak tasarlanacak ontolojinin çatısını iki farklı bakış açısından oluşturmaktadır. Teorilerin ortak özellikleri tasarımın karmaşıklığını düşürecektir. *Kariyer planlaması için böylesi karmaşık bir ilişkiye gerek var mıdır?* sorusunun cevabı şudur: mevcut sayısal ve sayısal olmayan ölçümlerin istatistiksel sonuçlarından ziyade, çok sayıda metriğin birbirleri ile ilişkisinin çıkarıldığı bir yapı tasarlanır. Geliştirilecek ontolojinin temel yapısı Genel Sistemler Teorisidir (*General Systems Theory*) (Bertalanffy, 1972). Bu nedenle tüm meslek gruplarına uygulanabilir ve genişletilebilir.

Ontoloji tasarımına bireyci (*individual*) ve kolektif/toplulukçu (*collectivism*) gelişmeler şeklinde iki temel sınıfla başlanmıştır. Çözümüne bu sınıflandırma ile başlamanın nedeni sosyal bilimlerin alanında kariyer gelişimi çalışmalarındaki uygulamalarıdır (Triandis ve Gelfand, 1998; Kellett vd., 2009; Fidan vd., 2018; Mok vd., 2021). Bireyci yaklaşım eğitimsel, ekonomik, fiziksel, psikolojik, sosyolojik ve tesadüfi değişimler olarak altı farklı kategoride gruplanmaktadır (Sears, 1982). Kolektif yaklaşım sınıflandırmasında ise toplulukçu yaklaşımının kültürel boyutları kullanılarak sosyal ağlar ve sosyal aktiviteler şeklinde gruplandırılmıştır (Hofstede, 2001).

Ontolojinin çatısını oluşturan üçüncü temel sınıf kariyer planlamasıdır. Bu öğenin eklenmesinin nedeni 2008 yılına ait kariyer gelişimi ile ilgili bir araştırmadır. Bu araştırmada herhangi bir işi gerçekleştirmek üzere

gereksinimler üç kategoride tanımlanır: bilgi (*know-what* sorusunu cevaplar), beceri (*know-how* sorusunu cevaplar) ve yeterlilik (*know-why* sorusunu cevaplar) (European Parliament, 2008). Avrupa Parlamentosu raporunun gereksinimler tanımında eğitim dünyası ile iş dünyasının arakesitinin yeterlilikler dünyasını oluşturduğu kabul edilir. Bu kavramlar doğrultusunda Lassnigg çalışma alternatiflerini bireyler ölçeğinde incelemiştir; bireylerin gelecekteki iş olanakları ile kariyer gelişimlerini, kariyerlerindeki değişimleri araştırmıştır (Lassnigg, 2012). Sonraki yıllarda Mikulec, Avrupa Yeterlilikler Çerçevesine ilişkin araştırmasını karşılaştırmalı olarak dört Avrupa ülkesi üzerinden yürütmüştür (Mikulec, 2017). Avrupa parlamentosunun yaşam boyu öğrenme için tanımladığı Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi 2017 yılında güncellenmiştir (EU Monitor, 2017).

Özetle, bu bölümde öğrencilerin kariyer planlamalarının tahminine yönelik bir ontolojinin tasarımı temel kavramları ile verilmektedir. Problemin çözümü için niçin ontolojiye karar verildiği açıklandıktan sonra, kavramsallaştırmayı verecek Betimleme Mantığı (*Description Logic*) oluşturulmaktadır (Horrocks, 2005). Modelin nitel değerler içermeyen Protègè geliştirme ortamındaki uygulamasına örnek olmak üzere bir hipotez cümlesi kurgulanmıştır. Problem çözümüne ait tüm tanımlamalar ve çıkarımlar bu cümle üzerinden gerçekleştirilmektedir.

Kariyer gelişimi çalışmalarında model araştırma hipotezleri üzerine kuruluyorsa, uygulanacak teori ile uyumlu hipotezler belirlenir. Hipotezler genellikle hazırlanan anketlere ilişkin teorik bilgilendirmelerdir. Anket değerlendirmeleri sonunda ölçümler değerlendirilir ve elde edilen sonuçlar analiz edilir (Li vd., 2019; Rodrigues vd., 2019; Nas ve Doğan, 2020).

Yapılan araştırmalarda, bu çalışmada önerildiği şekilde kişiye ait kariyer gelişimi teorilerini doğrudan uygulamaya dönüştüren bir ontolojiye rastlanmamıştır. Fakat teorinin nicel bilgilerle birlikte işlendiği ontoloji çalışmaları mevcuttur. Bunlardan birinde lise öğrencilerinin başarı notları üzerinden geleceğe yönelik kariyer tahmininde bulunmanın mümkün olmadığı belirtilmiş ve bilimsel beceri süreçlerini Holland kuramına göre tahmin eden bir ontoloji tasarlanmıştır (Abdellah vd., 2019). Holland teorisi, kariyer öngörülerinde bireylerin sahip oldukları nesnel varlıklardan ziyade sosyal dünyaya uyum sağlamlarına önem verir (Holland, 1997).

RIASEC (*Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising, Conventional*) sınıflandırması özellik-kuram faktörü olarak mesleki gelişim tahminleri yapan çalışmalara uygulanmıştır (Yeşilyaprak, 2008; Sheldon vd., 2020).

Bir diğerk çalışmada, uzaktan eğitim öğrencilerinin profillerini modellemek için ontoloji tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Anlamsal kuralların bir entegrasyonunu veren bu ontoloji modeli web tabanlı geliştirilmiştir (Panagiotopoulos vd., 2012). Önerilen ontoloji, çıkarım mekanizmaları yani akıl yürütme için öğrencileri farklı profillere göre otomatik olarak sınıflandırır. Bunun için bazı kurallar tanımlanmıştır. Çalışmada kural olarak betimlenen hipotezlerden biri “*öğrenci kadınsa, 50 yaşını doldurmuşsa ve lisans derecesi yoksa bilgisayarlarla aşinalığı azdır*”. Çalışma ayrıca bir araştırmaya ilişkin örneklem de içerir.

*Ontology-based Recommender System in Higher Education* isimli çalışma üniversiteye hazırlanan öğrencilerin yönelimlerini belirlemek için makine öğrenimi teknikleriyle geliştirilmiş ontoloji tabanlı bir sistem önerisi yapar (Obeid vd., 2018). Önerilen sistem, öğrencilerin mesleki bakımdan güçlü ve zayıf yönlerini, ilgi alanları ve yeteneklerine göre değerlendirmeyi amaçlar.

Holland kuramını ontoloji ile bütünleştiren bir başka çalışmada ise e-öğrenme bağlamında kariyer önerileri yapılmaktadır (Alimam vd., 2014).

## **ONTOLOJİNİN LİTERATÜRDEKİ YERİ**

Doksanlı yıllar ontolojilerin bilgisayar biliminde popüler olmaya başladığı dönemdir. Ontoloji ile ilgili olarak “*kavramsallaştırmanın açık şekilde belirtimidir*” görüşü günümüz uygulamalarında fazlasıyla yer almaktadır (Gruber, 1993). Gruber, ontoloji teriminin varoluşu açıklayan felsefeden ödünç alındığını belirtir, yapay zekâ sistemleri için de “*var olanın temsil edilebileceği şey*” vurgusunu yapar. Öncesinde ise, Newel ve Simon’a ait bilişsel modellemeye etkisi büyük olan “*General Problem Solver*” programı yapay zekâ alanındaki ilk uygulamalardan biridir (Newel vd., 1958). Obje ve operatör terimleri bu programda ilk defa kullanılmıştır. Biçimsel sistem teoremi ifadesindeki gibi objeler teoremleri, operatörler çıkarım kurallarını betimler. Newel ve Simon ayrıca, sembolik mantık kurallarını

kullanarak objelerin birbirlerine dönüşümlerini ve problem çözme tekniğini sezgisel olarak tanımladılar. Böylece problem çözümü ile ilgili olarak alternatifler arasında seçim yapılabilen, seçilen eylemlerin sonuçları tahmin edilebilmekte ve gerektiğinde değiştirilebilmekteydi. O yıllarda yapay zekânın ontolojiye katkısı araştırıldığında karmaşık biliş (*complex cognition*) terimiyle karşılaşılır. Karmaşık biliş, sezgisel arama teorisinden bilgiyi sembolik olarak işleyen sistemler kavramına geçişi, yani “*human problem solving*” kavramını doğurmuştur (Newell ve Simon, 1972). O yıllarda faaliyette olan yapay zekâ araştırma topluluğunun geliştirdiği ilk ontolojinin amacı, bilginin paylaşımını kolaylaştırmakla birlikte belirli bir alana ait programlar ya da servisler arasındaki işleyişin etkinleşmesini, böylece yeniden kullanılabilirliği sağlamaktır.

Bu tarihsel süreç nedeni ile bilgisayar bilimleri, yazılım mühendisliği ve sistem mühendisliğinin pek çok uygulama alanında ontolojiye rastlanır. Yazılım mühendisliğinde ontoloji anlamsal ağ kavramı ile bütünleşmiştir (Berner-Lee vd., 2001). Bağlı-data olarak adlandırılan anlamsal ağ, çıkarım kurallarına göre bir uslamlamadır (Bizer vd., 2011). Anlamsal ağın işlevi, verileri makinede işlenebilir şekilde tutmaktır; bu nedenle mevcut ağın bir uzantısı olarak kabul edilir. Dağıtık ortamlar arasındaki bilgi alışverişini desteklemede ontoloji anlamsal ağlar için önemlidir. İnternet’te aramayı kolaylaştırmak ve arama terimlerinin eş anlamlılarını bulmak için arama motorları sözlük biçiminde ontolojiden yararlanırlar. Çevrimiçi gerçekleştirilen bir iş için, ilgili ürünün veya herhangi başka bir şeyin arama yapan kişiye en iyi eşleşme ile döndürülmesinde ontolojinin katkısı büyük olur. Seyahat eden birinin çevrimiçi sorularına aldığı yanıtların bir ontoloji sistemi ile sağlanması, bir başka yazılım mühendisliği uygulaması örneğidir. E-Ticarette ürünün tanıtımı için satıcı ve alıcı arasındaki iletişimi otomatikleştirmede ontolojiden yararlanılabilir. Heterojen ve dağınık sistemlerin bir araya getirilmesi, bilgisayar bilimlerinin bir problemidir ve birlikte çalışabilirliği gerektirir. Bu şekilde farklı uygulama sistemlerinin entegrasyonu için de ontoloji oluşturulabilir.

Ontolojinin yazılım mühendisliğinin farklı uygulamaları ile ilgili yukarıdaki örneklerine etkisinin yanında, bilgisayar bilimlerinin bazı temel problemlerinin çözümünde de önemli rolü vardır. Mantık yolu ile uslamlamanın yapıldığı örneklerden biri çok etmenli sistemlerdir. Çıkarım kurallarından oluşturulmuş mantıksal formüller herhangi bir

sistemin “*model checking*” gerekleŖtirmesinde ya da benzer sistemlerin özelliklerine ait “*problem solving*” sürecinde kullanılabilir (Hoek ve Wooldridge, 2008). Ontolojinin çok-etmenli sistemlerdeki uygulaması, sistemlerin etki alanları ile ilgili bilgi paylaŖımı ve etmenler arasındaki iletiŖimin kolaylaŖtırılmasında kullanılmıŖtır. Klasik mantık ilkelerinin temel yapıyı oluŖturduėu bir baŖka çalıŖma hizmet tabanlı mimariler uygulamasıdır (Papazoglou ve Georgakopoulos, 2003). Bu alıŖmada komposit servisler için gereksinimleri optimum Ŗekilde gerekleŖtirecek anlamsal usamlama veri akıŖlarının tanımlandığı kurullarla saėlanmıŖtır. Bu konudaki bir baŖka çalıŖmada ise, hasta verilerinin giriŖ iŖlemlerini azaltmak ve farklı ortamlardan alınan klinik bilgilerin entegrasyonunda bilgi tabanı oluŖturmak amacı ile ontoloji kullanılmıŖtır (Shang vd., 2017). Hizmet tabanlı mimari altyapısı veri paylaŖımında esneklik sağlayarak hastalığın yönetiminde kullanıcılara kolaylık sağlamayı amaçlamaktadır. Siber güvenlik alanında da ontolojinin kullanıldığı çalıŖmalar bulunmaktadır (Oltramari vd., 2014; Syed vd., 2016).

Ontolojinin veri madenciliğinde kullanımı 2000’li yıllarda artıŖ göstermiŖtir. Veri madenciliği uygulamalarında biçimsel betimlemelerin kullanımı daha çok iŖ akıŖlarının veri madenciliği ile yapılandırılmasında, veri madenciliği kaynaklarının tanımlanmasında olmuŖtur (Panov vd., 2016).

Yazılım mühendisliğinde ontoloji uygulamaları olarak UML (*Unified Modelling Language*) diyagramları, örneğin sınıf ya da bileŖen diyagramları verilmektedir. Herhangi bir uygulamaya ait tanımlamaların UML sınıf diyagramları ile yapıldığı bilinmektedir. Alt-st sınıf iliŖkileri ve bu iliŖkilerin ayrıntılı tanımlamaları, ontolojide kullanılan terimler ve bu terimler arasındaki iliŖkilerle doğrudan rtŖr. Fakat UML yapısı gereği anlamsal ağ kavramını içermez. Diğer bir ifade ile mevcut gerçeklerden çıkarım kurulları ile daha fazla bilgi sağlamak ve anlamsal değeri olan örnekler elde etmek mümkün değildir. O nedenle UML ile ontoloji oluŖturulabileceėi kabulü doğru değildir.

2020’li yıllara gelindiğinde yazılım mühendisliği uygulamalarında kullanılan web-tabanlı geliŖtirme araçlarının, hem daha fazla ontoloji geliŖtirilmesine neden olduğu hem de geliŖtirilen ontolojinin niteliğin araŖtırılmasında kullanıldığı grlmektedir (Roldan- vd., 2020).



Ontoloji uygulamalarının artmasıyla, farklı ontoloji modellerinin ve farklı ontoloji dillerinin yönetimi problemi ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda yazılım mühendisliği disiplininin nitelik belirleme ve değerlendirme ölçütleri ontoloji çalışmalarında uygulanmaya başlamıştır. Buradan yazılım mühendisliği ile ontoloji mühendisliğinin birlikteliği vurgulanabilir. Böylece, ontolojiye ait nitelik ölçümlerine ilişkin değerlendirmeler yapılması, hataların düzeltilmesi ontoloji geliştirme araçlarının bir başka işlevi olmaktadır.

## **SİSTEM TASARIMI**

Üniversite öğrencilerinin kariyer planlamalarına yönelik ontoloji oluşturmadan önce bu bölümde kullanılan teorik çalışmalar özetlenmektedir. Meslek seçiminin yıllar içerisinde oluşan gelişimsel bir süreç olduğu kabulü günümüzde terkedilmiş, kariyer gelişimi tamamen farklı bir olguya dönüşmüştür. 1980’li yılların ortalarına kadar kariyer seçiminin yetişkinliğin ilk yıllarında belirlendiği kabul ediliyor; seçilen mesleğin kişinin yaşamında bir karar verme süreci şeklinde yeniden gözden geçirildiği kabul ediliyordu. Bu yaklaşım, kişinin içinde bulunduğu kurumsal yapıya göre geleneksel bir kariyer yönetiminin gerçekleştirilmesiydi. Kariyer gelişiminin tanımı 2000’li yılların başlarından itibaren sınırsız kariyer planlamasına dönüştü. Kişinin kariyerini kendisinin belirlemesi, bir diğer ifade ile öz üretimi önem kazandı ve çok yönlü planlamalara yönelim arttı (Patton ve McMahan, 2014).

Kariyer tanımının değiştiği günümüzde bu kavramı bilgisayar bilimlerinde simgelemek için parçalardan ziyade bütünü gerekliliği olarak tanımlanan sistem teorisine odaklanmalıdır (Bertalanffy, 1972). Felsefeci ve biyolog olan Bertalanffy, Genel Sistemler Teorisini 1968 yılında tanımladı. Teoride özetle: *“Ayrık parçalardan bütün oluşturmanın parçaların gösterdikleri davranışların toplanması ile elde edilemeyeceği, parçaların davranışlarını anlamak için alt parçalar arasındaki davranışların belirlenerek bunların üst parçaları oluşturması gerektiği”* ifade edilmekteydi. Bu, 1970’li yılların popüler mantıksal pozitivizm akımına karşıt bir görüştü. Çünkü Bertalanffy, atomik önermelerin gözlemlerle sağlanamayacağını, bilimcilik akımının kusursuz gözlemler yapmak olmadığını savunarak, bunların yaşayan organizmalar, yani biyoloji için de geçerli olduğunu iddia ediyordu. Bu bütünsel felsefeci görüş sonraki yıllarda başta sistem ve

toplum mühendisliği olmak üzere pek çok mühendislik alanına uygulanmıştır. Belirli bir bilgi alanına ait kısmi kavramsallaştırma olarak tanımlanan ontoloji ile Genel Sistemler Teorisinin örtüşmesi de budur. Ayrıca, günümüz karmaşık problemlerinin çözümünde kavramsallaştırmanın öneminin giderek artması, 1968 yılında ortaya atılan bu teorinin güncelliğini kanıtlar ve geleceğe ilişkin problemler için de bir çözüm alternatifini sunar. Genel Sistemler Teorisinin, sosyal bilimlerde eğitime yönelik uygulamalarından biri de kariyer geliştirilmesi çalışmalarıdır (McMahon ve Patton, 1995).

Kariyer teriminin daha iyi açıklanması için *iş, kariyer, meslek ve meşguliyet* sözcüklerinin tanımlamaları birbirinden ayrılmış ve çalışmalara bu doğrultuda devam edilmektedir (Khobreh, 2017). Kariyer sözcüğünün günümüzdeki kullanımı, kişinin meslek sahibi olmadan önceki, yani çocuklukla birlikte ilk gençlik yıllarındaki edinimleri ile birlikte meslek sahibi olmasından sonraki yıllara ait özelliklerinin, kazanımlarının ve birikimlerinin merkezine oturur. Burada kültürel faktörler ön plana çıktığı gibi farklı insan davranışlarının etkisi de önemlidir. Kişinin yaşamı süresince üstlendiği rollerin iş yaşamından daha fazla ön plana çıkmasıyla eski yıllarda kariyer gelişimlerinde önemli faktör olan kurumsal etki tamamen ortadan kalkmış ve kariyerin artık kişinin kendisi tarafından belirlendiği gerçeği kabul edilmiştir.

Üniversite öğrencilerinin kariyer planlamalarının tahmini amacı ile yapılan bu çalışmada yukarıdaki tanımlamalar kapsamında genel bir ontoloji tasarımı yapılmaktadır. Geliştirilecek ontolojide, öğrencilerin öğrenme sürecindeki ve sonundaki çıktıları Giriş Bölümünde de ifade edildiği gibi, bilgi, beceri ve yeterlilikler üçlüsü ile tanımlamıştır. Öğrenme ve işe yerleştirme konularında uluslararası ölçekteki pek çok araştırmada bu üçlüden yararlanılmıştır (European Parliament, 2008). Avrupa Parlamentosunun bu raporunda bilgi, “*çalışma alanı ile ilgili gerçeklerin, ilkelerin, teorilerin ve uygulamaların bütünü*” olarak tanımlanmıştır. Beceri ise, “*bilgiyi uygulamak, yapacakları tamamlamak ve problemleri çözmek için uzmanlığın kullanmasıdır*”. Üçüncü özellik yeterlilik, “*mesleki ve kişisel gelişimde bilgi, beceri ile birlikte kişisel, sosyal ve metodolojik yeteneklerin kullanabilmesidir*”. Bilgi, beceri, yetenekler üçlüsü aynı zamanda Genel Sistemler Teorisini temel almıştır. Bu teorinin çatısını kişinin içsel sistemi, sosyal sistem ve çevresel-toplumsal sisteme ait birbiriyle ilişkili sistemler

oluşturur. Böylece işe, öğrenmeye ve kariyere ait kişisel kimlik Genel Sistemler Teorisinin kavramsallaştırılmasıdır. Diğer taraftan bir başka kavram, Sistemik Düşünme (*Systemic Thinking*) parçalardan ziyade bütün üzerinde yoğunlaşır (McMahon ve Patton, 2018). Ekonomi, sosyoloji, eğitim gibi farklı disiplinlerin etkileşimleriyle Sistemik Düşünme uygulamaları karmaşıklaşır, geri bildirimleri zorlaşır. Fakat Sistemik Düşünmenin öğrenebilme özelliği kariyer gelişimi uygulamalarına pozitif etki yapar.

Diğer taraftan iş yaşamı ile eğitimin paralellik göstermediği ülkelerdeki iş başvurularında nitelikli işgücündeki eksiklik ortaya çıkmaktadır. Dünyanın içinde bulunduğu ekonomik koşullarda iş taleplerinin daha çok yetenekli kişiler tarafından karşılanacağı kabul görmektedir. Ama zaman içerisinde, eğitim düzeyinin artması oranında nitelikli çalışana ihtiyaç olmayacağı da bir başka gerçektir. O nedenle kişinin kariyer planlamalarının giderek artan oranda iş yaşamına başlamadan önceki yetenekleri ile şekilleneceği daha da belirginleşmektedir.

## **KAVRAMSALLAŞTIRMA OLARAK ONTOLOJİ**

Alana özel olarak geliştirilmiş bir ontoloji, uygulama alanının uzmanları tarafından ince ince tasarlandığı için sanat eseri gibi işlenir. Zamanla gelişim göstereceği hedeflenen bir ontoloji, otomatik veya yarı otomatik tekniklerle geliştirilir. Burada uygulamaya ait üst düzey varlıkların nasıl tanımlanacaklarına karar verilmesi önemlidir. Tanımlanan kavramlar arasında paylaşılan bilgi aslında somut bir nesnedir. Bu somut nesnenin kaynağına erişim, probleme özel olarak belirlenmiş bir sözcük dağarcığına göre gerçekleşir (Sattler, 2007). Çıkarılan ontolojik yapı karmaşık kavramlar arasındaki ilişkileri kolaylıkla tanımlayabilir. Bu oluşumun sanata benzetilmesinin ve adım adım elle oluşturulmasının nedeni de budur. Aksi halde yanlış tanımlamalar sonucu bazı ilişkiler hatalı kurulabilir ya da birtakım kavramların farkında olmadan tekrarlanması ile belirsizlikler ortaya çıkabilir. Ontoloji geliştirmede izlenmesi gereken ilk yol varlıklar arasında iyi tanımlanmış ilişkilerin kullanılması, çoklu mirasa yer verilmemesidir.

Ontoloji mühendisliği, konuyu oluşturan nesnelerin bütünüyle ilgilenmek yerine kavramların gerçek anlamlarına odaklanır. Bu gerçek anlamlar herkes tarafından anlaşılabilen, herkesin

kullanılabileceği ve paylaŖabileceđi bilgiyi tanımlar. Ontoloji mühendisliği son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmesine rağmen hala yeni bir araştırma alanı olarak görölmektedir. Ontolojiler farklı bakıŖ açılarına göre değerlendirilip geliŖtirilir ve bir süre sonra da oluŖturuldukları ortamdaki bağımsız olarak evrenselleŖebilir. Web Ontoloji Dillerinin (OWL) standartlaŖması ile ontolojinin uygulandığı çalıŖmaların sayısını hızla arttırmıŖtır. Ontolojinin implementasyonu Protégé ortamında kavramları (tekli tahminler) *class*, rolleri (ikili tahminler) *object property* ve bireyleri (sabitler) *data property* olarak betimler; sınıfın örneğini *instance* Ŗeklinde tutar (Noy ve McGuinness, 2001). Protégé ile ontoloji geliŖtirme ortamında sınıflar iki farklı Ŗekilde göröntülenir. Bunlardan biri *asserted*, yani tasarlanan *class* tanımlamalarıdır, diğerisi ise *inferred*, yani *reasoner start* ile çıkarımı gerçekteŖirilmiş *class* tanımlamalarıdır; böylece Protégé elde edilen çıkarımları *inferred* seçimi ile gösterecektir.

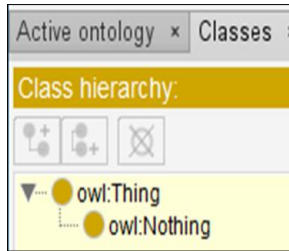
Protégé ile bu çıkarım iŖlemlerini gerçekteŖirebilmek için Betimleme Mantığından yararlanılır. Ontoloji geliŖtirmede bilginin simgeleniŖinin Betimleme Mantığı ile gerçekteŖirildiđi örnekler olduğuça fazladır. Çünkü bu kavram W3C (World Wide Web Consortium) tarafından standartlaŖtırılmıŖtır ve OWL dilinin temel desteklerinden biridir. Diğer taraftan, Betimleme Mantığı modelleme dilleri 1980'li yıllarda anlamsal web bağlamındaki ontolojilerin ortaya çıkmasından önce de bilginin simgeleniŖinde kullanılmıŖtır. Birinci dereceden mantığın karar verilebilir parçaları olan Betimleme Mantığı anlama ait kesin bir özellik olarak anlambilim ile donatılmıŖtır: Bu, biçimsel semantik Betimleme Mantığı ontolojilerinde yer deđiŖtirebilmeye ve ontolojideki olgulardan ek bilgi çıkarılmasına, yani mantıksal tündengelimine izin verir. Böylece vurgulanan anlamın, birinci dereceden önermeler hesabı ile biçimsel formda çıkarımı sağlanır. *Tbox* ve *Abox* Betimleme Mantığı ile ifade edilerek modelin bilgi tabanı oluŖturulur. Böylece ontolojinin betimlemiŖ olduğu gerçekteŖlerden mantıksal çıkarımlar yapılarak mevcut bilgiye yeni eklemeler yapılabilir. Bu iŖlem akıl yürütme, yani uslamadır (Baader ve Nutt, 2007). Betimleme mantığının amacı performansı yüksek akıl yürütme algoritmalarının oluŖturulmasıdır. Betimleme Mantığı kavramlar, roller ve bireysel isimler olarak üç tür varlık kullanır. Kavramlar birey kümelerini, roller bireyler arasındaki ikili iliŖki kümelerini ve bireysel adlar alandaki tek bireyleri belirtir. Birinci

dereceden mantığa göre bunlar tekli yüklemeler, ikili yüklemeler ve sabitlerdir. Betimleme mantığı ile herhangi bir durum tam olarak tanımlanmaz. Bunun yerine aksiyomlar denilen her biri açıklanan durumda doğru olması gereken bir dizi ifade oluşturur. Diğer bir ifade ile aksiyomlar ontolojinin tanımladığı durum hakkında yalnızca kısmi bilgi verir. Bütünün (evrenin) ontolojiyle tutarlı farklı durumları olabilir. Farklı aksiyom türleri arasında mantık açısından temelde bir fark yoktur. Ama iddia edilen (*assertional*) *ABox* aksiyomlar, terminolojik *TBox* aksiyomlar ve ilişkisel *RBox* aksiyomlar olarak üç gruba ayrılır.

Sonuç olarak *Tbox*, kavram ve rollerden oluşan terminolojiler içerir. *TBox* tanımlamaları ile geliştirilen ontoloji sisteme aktarılır ve bilgi sınıf düzeyinde tanımlanır. *Abox*, kavramlara aittir ve bireyler arasındaki ilişkileri roller aracılığı ile tanımlar. *Abox* için savlar verilir ve bilgi veri düzeyinde tanımlanır. Bu tanımlamalarla ontoloji tasarımı başlar ve bilgi tabanı Protégé *reasoner* üzerinde sorgulanır. Betimleme Mantığı ile Uslamlama Bölümünde bu iki kavrama ait örnekler yapılan tanımlamaların model içerisindeki uygulamalarıdır.

## ONTOLOJİNİN TASARIMI

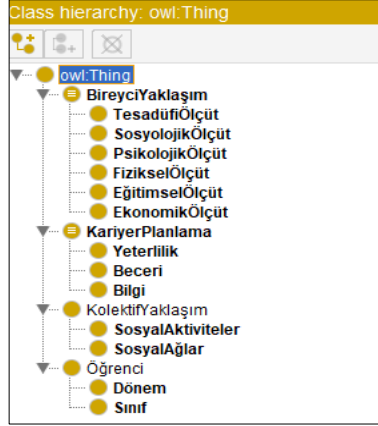
Bu bölümde ontoloji, bilgi ve yetenekler üst sisteminde kurgulanmakta, çıkarımlar yeterlilikleri elde etmek üzere sorgulanmaktadır. Ontolojik yapının temelini, yani en üst düzeydeki soyutlamayı bağlamsalci dünya görüşü olarak sürecin vurgulandığı, sonuca bakılmayan yaşam rolleri oluşturur. Yaşam rollerinin Protégé karşılığı *thing* ile ifade edilir. Kavramlar sınıfları oluştururken, sınıflar kavramların somut simgelenişleri olarak yorumlanır. Taksonomi boş ontoloji olan *thing* ile başlayacak ve yine boş ontoloji olan *nothing* ile sonlanarak bir *lattice* oluşturacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. En basit sıradüzensel ontolojik yapı lattice

Ontoloji olgusunu oluşturmak üzere öğrenciye ait somut ve soyut tüm özellikler tanımlanmalıdır; bu özellikler arasındaki olası ilişkilerin tümünün tanımlanması ile de temel kavram olarak bilgiye ulaşılr. Bilgi gerek sınıf yapısında gerekse sınıflar arası ilişkilerde genişletilebilmeye açıktır. Herhangi bir çalışma alanı ile ilgili ontoloji tasarlanırken yaygın yaklaşımlardan biri mevcut ontolojilerin kullanılmasıdır. Kariyer planlaması ile ilgili benzeri bir ontoloji çalışmasına farklı dillerde de rastlanmaması, bu Türkçe çalışmanın önemini arttıracaktır. O nedenle geliştirilecek ontolojinin temelini oluşturulması, genel bir uygulama elde etmek bağlamında önemlidir. Nasıl bir yol izleneceğine karar vermeden önce, disiplinler arası araştırmalarla günümüzde kariyerle ilgili sıkıntıları fırsatlara dönüştürecek teorilerin kullanımına özellikle dikkat edilmiştir.

Ontolojinin kavramsal çatısı, *BireyciYaklaşım* ve *KolektifYaklaşım* isimli sınıflarla oluşturulmuştur (Sears, 1982; Hofstede, 2001). Teori tanım olarak eski olmasına rağmen günümüz uygulamalarında hala yoğun olarak kullanılmaktadır (Jirsáková vd., 2020; Peng vd., 2019; McMahon ve Patton, 2016). *KariyerPlanlama* sınıfı öğrenme çıktılarına ait bilgilerin ilişkilendirmesini gerçekleştirir. *Öğrenci* isimli sınıf kişinin öğrenciliği dönemindeki planlamalarına ait değişimleri gözlemek amaçlıdır (Şekil2).



Şekil 2. Kariyer gelişimine ait genel ontoloji altyapısı

Yukarıdaki şekil problemin çözümüne ait sınıf hiyerarşisi oluşturan ontolojinin ilk adımıdır. Sonraki adımda ise, sınıflara ait özelliklerin

belirlenmesi ile bunlar arasındaki ilişkilere ait anlamlar belirlenmelidir. Daha sonra, en karmaşık ilişkilerin bile önermeler mantığı ile sorgulanması mümkün olabilir. Sonuç, probleme ait herhangi bir gereksinim cümlesinin, diğer bir ifade ile hipotezin tasarlanan ilişkiler doğrultusunda çıkarımıdır.

Çıkarımı yapılacak hipotez “2. sınıf öğrencisi ile bahar döneminde yapılan değerlendirmede kariyer planlamasını etkileyecek ölçütler, arkadaşları arasında sevilen, sayılan bir kişilik olduğu ve yeni teknolojik gelişmelere olan ilgisi ve konuyu öğrenmek isteğidir” şeklinde kurgulansın.

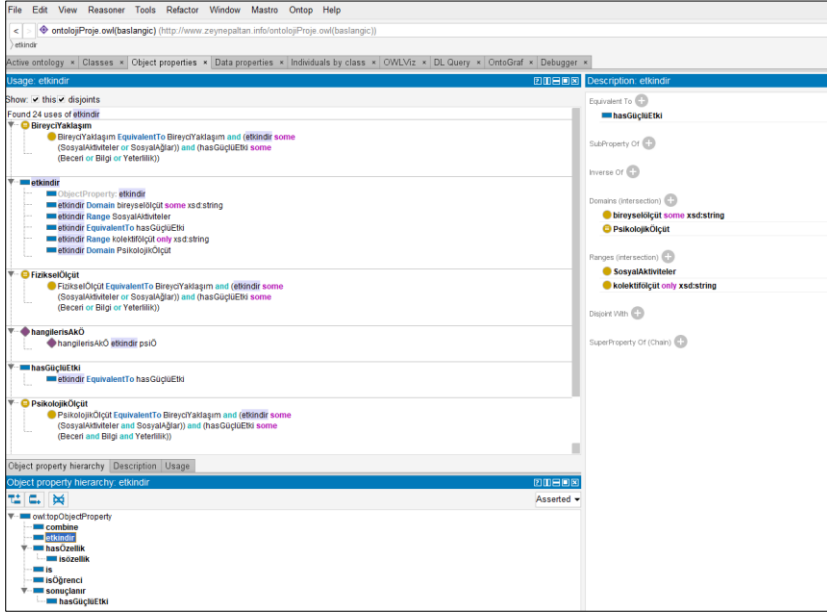
Hipotezin tasarlanan amaca yönelik hazırlanacak anket sorularından belirlendiği kabul edilebilir. Bu cümleden öğrencinin *BireyciYaklaşım* sınıflandırmasında *Psikolojik Ölçüt* alt sınıfına ilişkin iki farklı *data property* ölçütü, *prestij* ve *merak*, içerdiği görülmektedir (Şekil 3).

The screenshot displays the Protégé interface for the ontology 'BireyciYaklaşım'. The main window shows the class hierarchy for 'Psikolojik Ölçüt', which includes subclasses like 'Ekonomik Ölçüt', 'Eğitimsel Ölçüt', 'Fiziksel Ölçüt', 'Psikolojik Ölçüt', 'Sosyolojik Ölçüt', and 'Tesadüf Ölçüt'. The 'Psikolojik Ölçüt' class is highlighted, and its description is shown on the right: 'BireyciYaklaşım and (etkindir some (SosyalAktiviteler and SosyalAğlar)) and (hasGüçlüEtki some (Beceri and Bilgi and Yeterlilik))'. Below the description, the 'SubClass Of' section shows 'BireyciYaklaşım' and 'hasÖzellik some KariyerPlanlama'. The 'Instances' section shows 'hangileriPsiÖlç'. The 'Property assertions' section shows 'is psiÖ' and 'Data property assertions' for 'bireyselölçüt "merak"^^xsd:string' and 'bireyselölçüt "prestij"^^xsd:string'.

Şekil 3. Bir altsınıfa ait değerlerin Protégè bildiri

Bunlar Protègè sınıf hiyerarşisinde *data property assertions* şeklinde adlandırılır. Değerler, diğer bir ifade ile *PsikolojikÖlçüt* sınıfının örneklerine (*hangilerPsiÖlç*) ilişkin bilgi, lise öğrencilerinin kariyer gelişimlerinin ölçülmesine yönelik yapılmış bir araştırmanın değerlendirme sonuçlarından alınmıştır (Obiunu ve Ebonu, 2010). Çalışmadaki diğer *Psikolojik Ölçüt* değerleri *kişisel etkiler*, *norm ve değerler* ve *özsayı* olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılacak anketlerde öğrencilere sorular sorulardan alınacak bilgilere göre gerek *object properties* gerekse *data properties* yeniden düzenlenebilir. Modelin geliştirilmesinde uygulamanın kurgulanmış bir hipoteze göre yürütüldüğü ifadesinin nedeni budur.



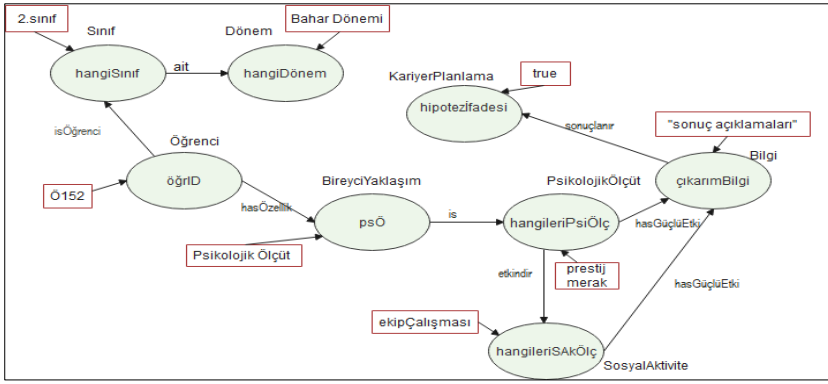
Şekil 4. Sınıflar arası ilişkilerin Protègè betimlemesi

Sınıf örneklerine değerleri verilerek anlamın oluşturulmasından önce sınıflar arası ilişkiler, yani *object properties* belirlenmelidir. Buradaki işleyiş aynı bir fonksiyonun *domain* ve *range* özelliği gibidir. Şekil 5 ile birlikte değerlendirilecek olursa *etkindir* ilişkisi bir *object property* olarak *PsikolojikÖlçüt* ve *Sosyal Aktiviteler* sınıfları ile ilişkilendirilmiştir. Her iki sınıf sırası ile, *bireyselölçüt* ve *kolektifölçüt* *data properties* ile



*string* veri tipinde *range* olur (Şekil 4). *etkindir* ilişkisi ile eklenen *SosyalAktiviteler* sınıfının örneği, yani değeri *ekip Çalışması*, Protègè karşılığında *range* olacaktır.

Problemin Protègè ortamına aktarımı Şekil 1’den Şekil’4 e kadar adım adım anlatılmıştır. Şekil 5’de ise hipotezin görsel çözümü bulunmaktadır. Ontoloji tasarımı gerçekleştirirken, kullanılan çıkarım kurallarının sentaksından bağımsız olarak öncesinde çözüme ait bir görsel çözümleme problemlerin anlaşılabilirliğini artırır.



Şekil 5. Kurgulanan cümlelerin ontoloji öncesi görselleştirilmesi

## USLAMLAMANIN OLUŞTURULMASI

Bu bölüme betimleme mantığının OWL dilindeki açıklamasının *class*, betimleme mantığında herhangi bir rolün OWL dilindeki simgelenişinin *property* olduğu tekrarlanarak başlanabilir. Bu bağlamda verilecek sözdizimi de *Manchester OWL Syntax* olarak Protègè açık kaynağının betimleme mantığına ait şablonu olacaktır (Horridge vd., 2006).

“2. sınıf öğrencisi ile bahar döneminde yapılan değerlendirmede kariyer planlamasını etkileyecek ölçütler, arkadaşları arasında sevilen, sayılan bir kişilik olduğu ve yeni teknolojik gelişmelere olan ilgisi ve konuyu öğrenmek isteğidir” hipotezi ve bu cümlelerin Şekil 5’deki görsel çözümlemesi izlenerek uslamlamanın genel çıkarımı şu adımlardan oluşacaktır:

- Hipotez, Protège editörünün sınıf hiyerarşisinde *BireyciYaklaşım* ya da *KolektifYaklaşım* sınıflandırmasından birine yerleştirilir (Şekil 2).
- Her iki sınıflandırmaya benzer özelliklerin atanabilmesi mümkündür. *BireyciYaklaşım* sınıflandırmasındaki *hasGüçlüEtki* ilişkisi, diğer bir ifade ile *object property*, eşzamanlı olarak diğer sınıflandırmada da yer alabilir. Örneğin *BireyciYaklaşım* olarak değerlendirilen bir cümlenin, *KolektifYaklaşım* sınıfındaki durumuna göre, ontoloji tasarımını genişletebilmesi mümkün olacaktır. Örnekte bu genişleyebilme özelliği *KolektifYaklaşım* temel sınıfının *SosyalAktivite* alt sınıfı ile gerçekleşmektedir. *hangileriPsiÖlç* ile *çıkarmBilgi* ve *hangileriSAkÖlç* ve *çıkarmBilgi* değerleri arasındaki ilişki *hasGüçlüEtki* olarak tanımlanmıştır (Şekil 5).
- Hipotez ontolojinin *KariyerPlanlama* sınıfına yerleştirildikten sonra, cümle ifadesinin ortak sınıflar içerip içermediğine karar verilir. Örneğin cümle, *BireyciYaklaşım* olarak sınıflandırılmışsa *KolektifYaklaşım* sınıfından ortak özellikleri olup olmadığı ya da tersi araştırılır. Daha sonra süreç hangi alt sınıfın ait hangi değerlerinin atanacağına belirlenmesi ile devam eder (Şekil 4 ve Şekil 5).
- *KB*, yani bilgi tabanı yazılarak sorgulama gerçekleştirilir. Böylece tasarımın durumuna göre verilecek sorguların *true* ya da *false* dönmesi ile çalışmanın sonraki aşamasını oluşturacak öğrenme algoritmasının öznitelikleri olarak alınıp alınmayacağına karar verilecektir.

### **Betimleme Mantığı ile Uslamlama**

Kavramsallaştırma Olarak Ontoloji Bölümünde de açıklandığı gibi, betimleme mantığıyla ifade edilen *Tbox* ve *Abox* problemin bilgi tabanını oluşturur. Birinci dereceden önermeler hesabı olan Betimleme Mantığı problemin biçimsel semantiğini oluşturur. Uslamlama adı verilen bu süreçte ontoloji ile tanımlanan gerçeklerden mantıksal çıkarım sonunda ek bilgi elde edilmesi amaçlanır.

Kurgulanmış cümle “2. sınıf öğrencisi ile bahar döneminde yapılan değerlendirmede kariyer planlamasını etkileyecek ölçütler, arkadaşları arasında sevilen, sayılan bir kişilik olduğu ve yeni teknolojik gelişmelere olan ilgisi ve konuyu öğrenmek isteğidir” ve bu

cümlelerin tasarlanan ontolojideki işleyişine aşağıdaki  $\mathcal{KB}$  için sırası ile aşağıdaki tanımlamalar yapılabilir:<sup>2</sup>

- TBox : *Psikolojik Ölçüt*  $\equiv$  *Bireyci Yaklaşım*  
 $\sqcap \exists \text{hasGüçlüEtki. (Bilgi} \sqcup \text{Beceri} \sqcup \text{Yeterlilik)}$   
 $\sqcap \exists \text{etkindir. (SosyalAktivite} \sqcup \text{SosyalAğlar)}$

TBox aksiyomu kavramlar arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Kavram denkliği (*concept equivalence*)  $\equiv$  iki kavramın aynı örnekleri olduğunu iddia eder. Boolean kavramı oluşturucuları, mantıksal ifadelerin ya da kümelerin kesişimi ( $\sqcap$ ), birleşimi ( $\sqcup$ ) ve tümleyeni gibi temel Boolean işlemlerini sağlar.

- ABox: *Psikolojik Ölçüt*(*prestij, merak*), *SosyalAktivite*(*ekipÇalışması*), *hasGüçlüEtki* (*prestij, çıkarımBilgi*), *etkindir* (*prestij, ekipÇalışması*), *hasGüçlüEtki*(*merak, çıkarımBilgi*), *etkindir* (*merak, ekipÇalışması*), *Bilgi* (*çıkarmBilgi*)

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi ABox aksiyomları, örneklenmiş bireyler, yani ait oldukları kavramlar ve birbirleriyle nasıl ilişkili oldukları hakkında bilgi toplar. Örneğin *Psikolojik Ölçüt* alt sınıfının *prestij* ve *merak* değerleri varken, *etkindir* isimli ilişki bir *object Property* olarak *prestij* değeri ve *EkipÇalışması* değeri ile etkileşimdedir. Bunlar farklı sınıflara ait değerlerdir ve Betimleme Mantığının kullanılması ile ontolojinin genişletilebilme özelliğini vurgulamaktadır.

- $\mathcal{KB}$  için mantıksal çıkarım kullanılması:  
 $\exists \text{etkindir. Bireyci Yaklaşım} \sqsubseteq \text{Psikolojik Ölçüt} \sqcup \neg \text{SosyalAktivite}$

tanımlaması TBox ifadesi ile örtüşmediği için bilgi tabanı

$$\mathcal{KB} \models \text{Psikolojik Ölçüt (ekipçalışması)}$$

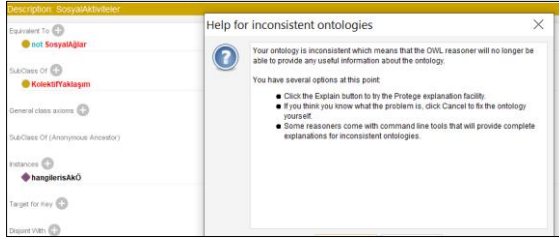
değerlendiremez ve uyumsuzluk nedeni ile mevcut ontoloji ile çıkarım yapılamaz.

- $\mathcal{KB}$  için kavram kapsamı kullanılması:  
 $\text{Fiziksel Ölçüt} \equiv \text{Bireyci Yaklaşım} \sqcap \exists \text{hasGüçlüEtki. Bilgi}$   
 $\sqcap \exists \text{etkindir. SosyalAğlar}$   
 $\mathcal{KB} \models \text{SosyalAktivite} \sqsubseteq \neg \text{SosyalAğlar}$

---

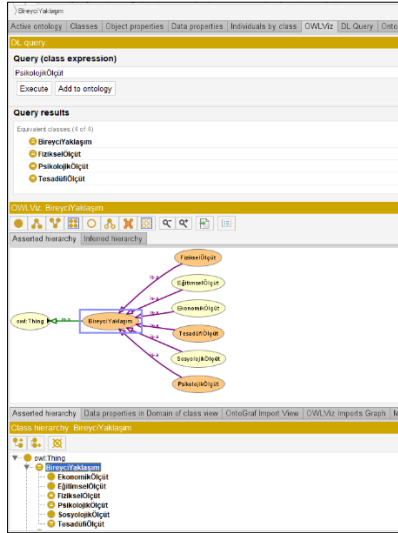
<sup>2</sup> Bilgi tabanı,  $\mathcal{KB}$  için kurgu cümlesi dışında roller ve değerleri eklenmiştir.

*FizikselÖlçütler* sınıfına ait hiçbir örnek hem *Bilgi* hem de *SosyalAğlar* sınıfına ait bir süreç yürütemez. Çünkü sonraki çıkarım kuralı bunu imkânsızlaştırır. *FizikselÖlçütler* örneklenemez ve *FizikselÖlçütler* gerçekleşmeyen bir kavramdır. Şekil 6 *Protégé Reasoner* çalıştırılması sonucunda çıkarım elde edilemeyeceği uyarısını göstermektedir. Program çalıştırıldığında her bir uyumsuzluğun nerede olduğu açıklanarak ontolojinin çıkarımı ile ilgili tüm problemler yansıtılacaktır



Şekil 6. Bilgi tabanındaki yanlış bir sorgulamanın sonucu

Şekil 7 ise Betimleme Mantığı ile yapılacak her türlü sorgunun döndüreceği ekranı göstermektedir. Kurgulanmış cümle ve diğer tanımlamalar bağlamında tek bir alt sınıf sorgusunun sonucu tanımlanmış ilişkiler bağlamında görüntülenecektir.



Şekil 7. Örnek bir Protégé çıkarım ekranı

## SONUÇ

Bu bölüm kapsamında yapılan çalışma, üniversite öğrencilerinin kariyer planlamalarının tahminine yönelik geniş kapsamlı bir araştırmanın başlangıç aşamasıdır. Çalışma genel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan biri kariyer planlamasına yönelik teorik çalışmaların ve değişimlerinin araştırılmasıyken, diğeri bu teorilerden elde edilen çıkarımların yazılım dünyasına uyarlanmasıdır. Bu bağlamda kariyer geliştirme teorisi ile ilgili araştırmalar tarihsel süreç içerisinde incelendiğinde, bölüm içerisinde de belirtildiği gibi, oldukça fazla türde çalışma olduğu görülmektedir. 2000’li yıllarda ise kariyer gelişimindeki karmaşıklığı açıklamak üzere birden fazla teorinin birlikte kullanıldığı çalışmalar ortaya çıkmış ve mevcut teorilerin benzerliklerinin ve farklarının incelendiği çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, kariyer geliştirilmesine yönelik güncel bir yaklaşımın bilgisayar bilimlerindeki uygulamasını gerçekleştirecek bir ontolojinin tasarımı amaçlanmıştır. Ontolojinin *Protège* ortamındaki tasarımına kadar tüm süreç hem teorik olarak incelenmiş hem de bir uygulama modeli geliştirilmiştir. Ontolojiye uygulanacak gerçek değerlerin elde edileceği anket çalışması ve anketin sonuçları bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Çünkü anket sorularının tasarlanan ontoloji modeli doğrultusunda hazırlanması ve cevaplarının değerlendirilmesi, kapsamı nedeni ile farklı bir çalışmanın konusudur. Soruların cevaplarının her bir şıkkının hazırlanması, hangi değerlendirme ölçeğinde (evet/hayır şeklinde ikili ya da 3-lü veya 5-li Likert ölçeği) olsa bile kolay bir süreç değildir. Çünkü *Protège* ortamındaki *data property* değerlerine ve *object property* ilişkilerine tek tek karar vermek gerekecektir. Anket sorularının sadece bu çalışmada önerilen sınıflandırmayı değil, ilave olarak bir başka kariyer geliştirme teorisinin özelliklerini içermesi de mümkündür. Ontolojilerin yapıları gereği genişletilebilme özelliğine sahip olmaları bunu mümkün kılar. Her bir anket sorusunun cevabındaki tüm şıklarının tasarlanan modele uygun olarak değerlendirilmesi zorunluluğu problemin çözümünü karmaşıklaştıran diğeri bir faktördür.

Bilişim dünyası, diğeri sektörler kadar olmasa bile, günümüzde ciddi belirsizlikler içermektedir. Bu da gençlerin en belirgin gelişim ölçütü olan kariyer belirlemesini olumsuz yönde etkilemektedir. Buna rağmen araştırmalar, kariyer planlamasının üniversite öğrencilerini

öznel olarak iyi hissettirdiğini ve öğrencilikten iş yaşamına geçiŖteki olumlu katkısını vurgulamaktadır. Aynı zamanda, gençlerin mesleki alanda kariyer fırsatlarını gerçekleştirme eğiliminde oldukları da gözlenmektedir. Kariyer gelişimi ile ilgili yeni yönelimlere yönelik teorilerin çalışmada ayrıntılı olarak incelenmesi bu nedenledir.

Kariyer planlaması ile ilgili olarak ontoloji oluşturulmasına karar verilmesinin nedeni, bu konuda yapılan mevcut çalışmalardaki değerlendirme ölçütlerinin birbirine benzerliğidir. Bunlar genellikle anket sonuçlarının ve kişiye ait niceliksel verinin incelenmesidir. Farklı yaklaşımlar arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin anlamsal çıkarımlarına rastlanmamıştır. Diğer taraftan, yapılan geniş kapsamlı araştırmalarda klasik istatistiksel yöntemlerden makine öğrenmesi uygulamalarına kadar tüm çözüm yaklaşımlarında aynı veri çeşitliliğinin kullanıldığı gözlenmiştir. Uygulanacak veri miktarı çok olduğunda makine öğrenme algoritmalarından yararlanmanın, diğer yaklaşımlara göre sadece daha kapsamlı tahminler yapılmasını sağladığı görülmüştür.

Oysa kariyer planlamasını bir yapay zekâ problemi gibi düşünmenin avantajları şöyle açıklanabilir: Kişinin farklı özellikleri arasındaki karmaşık ilişkiler kolaylıkla belirlenebilecek ve bu ilişkiler sıradüzensel bir yapıda kavramsallaştırılabilecektir; böylece gelecekle ilgili çok daha anlamlı çıkarımlar elde edilebilecektir. Çalışma içerisinde de belirtildiği gibi, son yıllarda farklı yazılım ürünlerinin geliştirilmesinde artan şekilde ontolojiden yararlanılmaktadır. Nedeni pek çok karmaşık yazılım probleminin çözümünü kolaylaştırarak yol gösterici olmasıdır. Bazı problemlerin çözümlerinde mevcut ontolojilerin kullanılması da mümkündür. Fakat Türkçe için ontoloji çalışmaları günümüzde bile yok denecek kadar azdır.

Özetlemek gerekirse, bu çalışmada tasarlanan temel ontoloji yapısı anket çalışmaları ile zenginleştirilecek ve ontolojiden elde edilecek çıkarımlar öğrencilerin kariyer planlamalarının tahmininde kullanılacaktır. Ontolojinin doğal yapısı gereği, anket sonuçlarına göre gerçek veri girişleri yapıldığında yeni eklemeler mümkün olacaktır. Bu nedenle çalışmada sadece üst düzeydeki temel sınıflandırmanın nasıl oluşturulacağına karar verilmiştir. Yeni veri girişleri ile mevcut ontoloji genişleyebilecek ve daha karmaşık çıkarımlar elde etmek mümkün olacaktır. Bu çıkarımlar, daha sonra makine öğrenme algoritmalarının veri girişlerini oluşturacaktır. Bu çalışmadaki şekli ile

çok fazla rastlanmamış olan “arada neden ontoloji vardır?” sorusunun cevabı, betimleme mantığı ile karmaşık ilişkileri tanımlayıp sonuçlarını döndüren bir sistemin kariyer planlaması tahminine sağlayacağı pozitif katkılardır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2020-21-BAP-03 nolu “Eğitimsel Veri Madenciliği Yöntemleri ile Yazılım Mühendisliği Lisans Öğrencilerinin Kariyer Yönelimlerinin Tahmini Sonuçları” isimli çalışma kapsamında Beykent Üniversitesi tarafından desteklenmektedir.

## KAYNAKÇA

Abdellah, A.M., Karim, A.M. ve Hamid, H. (2019). Career Recommendation System for Scientific Students Based on Ontologies. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 4(4), 9-41.

Alimam, M.A., Seghioeur, H. ve Elyusufi, Y. (2014). Building Profiles Based on Ontology for Career Recommendation in e-learning Context. *International Conference on Multimedia Computing and Systems*. 558-562.

Arthur, M.B. (1994). The Boundaryless Career: A New Perspective for Organizational Inquiry, *Journal of Organisational Behavior*, 15(4), 295-306

Arthur, M.B. ve Rousseau, D.M. (1996). Introduction: The Boundaryless Career as a New Employment Principle, Eds. Arthur, M.B. ve Rousseau, D.M. *The Boundaryless Career: A New Employment Principle for a New Organizational Era*, 3-20.

Baader, F. ve Nutt, W. (2007). Basic Description Logics. in F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, & P. Patel-Schneider (Eds.), *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*. 47-104.

Baruch, Y. (2004). Transforming Careers: From Linear to Multidirectional Career Paths. *Career Development International*, 9, 58–73.

Berners-Lee, T., Hendler, J. ve Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 34-43.

Bertalanffy, L. (1972). The History and Status of General Systems Theory, *The Academy of Management Journal*, 15(4), 407-426.

Bizer, C., Heath, T. ve Berners-Lee, T. (2011). Linked Data: The Story so far. In *Semantic Services, Interoperability and Web Applications: Emerging Concepts*. 205-227.

European Parliament, Council of the European Union (2008). Recom. of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on the establishment of the European Qual. Framework for lifelong learning. Official Journal of the European Union. C 111.

EU Monitor. (2017). European Qualifications Framework for lifelong learning and repealing the recommendation of the European Parliament and of the Council of 23 April 2008 on the establishment of the European Qualifications Framework for lifelong learning. *Official Journal of the European Union C* 189/15

Fidan, T., Fidan, İ.Ö. ve Öztürk, H. (2018). Meslek Yüksekokulu Öğrenci ve Mezunlarının Kariyer Seçimlerine Etki Eden Faktörler ile Kariyer Beklentileri: Öz Yeterliğin Aracı Rolü, *Yükseköğretim Dergisi*, 8(3), 249-263.

Gruber, T.R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*. 5(2), 199-220.

Hall, D.T. (1996). Protean Careers of the 21st Century, *Academy of Management Executive*, 10, 8–16.

Hoek, W. ve Wooldridge, M. (2008). Multi-agent systems. *Foundations of Artificial Intelligence*, 3, 887-928

Hofstede, G. (2001). Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviours, Institutions and Organizations across Nations, 2nd ed. Thousand Oaks.

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices (3rd ed.). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Horridge, M., Drummond, N., Goodwin, J., Rector, A., Stevens, R. ve Wang, H. (2006). The Manchester OWL Syntax. OWLED.

Horrocks, I. (2005, October). Owl: A description logic based ontology language. In International conference on principles and practice of constraint programming (pp. 5-8). Springer, Berlin, Heidelberg.

Jirsáková, J., Votava, J., Urban, K. (2020). Experience and Awareness of Upper Secondary School Students with Career Counselling in Czech Republic. *13th International Scientific Conference, Rural Environment. Education. Personality*.

Kellett, J.B., Humphrey, R.H. ve Sleeth, R.G. (2009). Career Development, Collective Efficacy, and Individual Task Performance. *Career Development International*. 14 (6), 534-546 Emerald Group 1362 -0436.



Khobreh, M. (2017). Ontology Enhanced Representing and Reasoning of Job Specific Knowledge to Identify Skill Balance. Doctoral Thesis, Faculty of Science and Tech. University of Siegen.

Lassnigg, L. (2012). Anticipating and Matching Skills Demand and Supply-Synthesis of National Reports. Working paper prepared for European Training Foundation. Institute of Advances Studies.

Li, H., Ngo, H. Y., ve Cheung, F. (2019). Linking protean career orientation and career decidedness: The mediating role of career decision self-efficacy. *Journal of Vocational Behavior*, 115, 103322.

McMahon, M. ve Patton, W. (1995). Development of a Systems Theory of Career Development: A Brief Overview. *Australian Journal of Career Development*, 4 (2), 15-20.

McMahon, M. ve Patton, W. (2016). Career Development as Explained by Children and Adolescents: How Can Career Educators Respond?, *Journal of Psychologists and Counsellors in Schools*, 4, 81-88.

McMahon, M. ve Patton, W. (2018). Systemic Thinking in Career Development Theory: Contributions of the Systems Theory Framework. *British Journal of Guidance & Counselling*, 46 (2), 229-240.

Mok, S. Y., Bakaç, C., & Froehlich, L. (2021). My family's goals are also my goals: the relationship between collectivism, distal utility value, and learning and career goals of international university students in Germany. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 21(2), 355-378.

Mikulec, B. (2017). Impact of the Europeanisation of Education: Qualifications Frameworks in Europe. *European Educational Research Journal*, 16 (4), 455-473.

Nas, T.İ. ve Doğan, A. (2020). Z Kuşağındaki Bireylerin Kişilik Özelliklerinin Paternalist Liderlik Algılarına Etkisinde Örgüt Kültürünün Düzenleyici Rolü. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 30-60.

Newell, A., Shaw, J.C. ve Simon, H.A. (1958). Report on a General Program Solving Program. *Carnegie Institute Technology*, 584.

Newell, A. ve Simon H.A. (1972). Human Problem Solving. Prentice-Hall.

Noy, N. F. ve McGuinness, D.L. (2001). Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Technical Report KSL-01-05, Stanford Knowledge Systems Laboratory.

Obeid, C., Lahoud, I., El Khoury, H. ve Champin, PA. (2018). Ontology-based Recommender System in Higher Education. WWW '18: Companion Proceedings of the The Web Conference , 1031–1034.

Obiunu, J.J. ve Ebonu, O.R. (2010). Factors Affecting Career Development of Senior Secondary School Students in Ethiope East Local Government Area, *Educational Research*. 1(11), 594-599.

Oltramari, A., Cranor, L.F., Walls, R.J. ve McDaniel, P.D. (2014). Building an Ontology of Cyber Security, 54-61.

Panagiotopoulos, I., Kalou, A., Pierrakeas, C. ve Kameas, A. (2012). An Ontology-Based Model for Student Representation in Intelligent Tutoring Systems for Distance Learning. 8th International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations. 296-305.

Panov, P., Soldatova, L. ve Džeroski, S. (2016). Generic Ontology of Datatypes. *Information Sciences*, 329, 900–920.

Papazoglou, M.P. ve Georgakopoulos, D. (2003). Service-Oriented Computing. *Communications of the ACM (CACM)* ,46 (10).

Patton W. ve McMahon, M. (2014). Career Development and Systems Theory. Connecting Theory and Practice. Springer.

Peng, D., Koribská, I. ve Chudý, S. (2019). A Cross-Cultural Study of Value Orientation and its Effect on Doctoral Students' Self-Concept Formation. *e-Pedagogium*, 19 (2), 7-20

Rodrigues, R., Butler, C. L. ve G uest, D. (2019). Antecedents of protean and boundaryless career orientations: The role of core self-evaluations, perceived employability and social capital. *Journal of Vocational Behavior*, 110, 1-11.

Roldan-Molin, G.R., Mendez, J.R., Yevseyeva, I. ve Basto-Fernandes V. (2020). Ontology Fixing by Using Software Engineering Technology. *Applied Science*10, 6328.

Sattler U. (2007). Reasoning in Description Logics: Basics, Extensions, and Relatives. in: Antoniou G. et al. (eds) Reasoning Web. Reasoning Web 2007. *Lecture Notes in Computer Science*, 4636.

Sears, S. (1982). A definition of Career Guidance Terms: A National Vocational Guidance Association Perspective. *Vocational Guidance Quarterly*, vol. 31, 137-143.

Shang Y., Wang Y., Gou L., Wu C., Zhou, T. ve Li, JS. (2017). Development of a Service-Oriented Sharable Clinical Decision Support System Based on

Ontology for Chronic Disease. *Studies in Health Technology and Informatics*, 245, 1153-1157.

Sheldon, K.M., Holliday, G., Titova, L. ve Benson, C. (2020). Comparing Holland and Self-Determination Theory Measures of Career Preference as Predictors of Career Choice. *Journal of Career Assessment*. 28 (1), 28-42.

Syed, Z., Padia, A., Finin, T., Mathews, L. ve Anupam Joshi, A. (2016). UCO: A Unified Cybersecurity Ontology. The Workshops of the Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence, Artificial Intelligence for Cyber Security: Tech. Report. WS-16-03.

Triandis, H.C. ve Gelfand, M.J. (1998). Converging Measurement of Horizontal and Vertical Individualism and Collectivism. *J Pers Soc Psychol*. 74(1), 118-28.

Yeşilyaprak, B. (2008). Özellik faktör kuramı ile Holland'ın tipoloji kuramı., R. Özyürek (Ed.), *Kariyer yolculuğu*. 72-97. Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Derneği.

**Öğrencilerdeki Akademik Erteleme  
Davranışının Akademisyenlerin  
Örgütsel Bağlılıklarına Etkisi:  
Bir Vakıf Üniversitesinde Kalitatif  
Araştırma**

**Yeliz Akçay**  
*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-8274-0069)**

## GİRİŞ

Bilişsel, duygusal ve davranışsal boyutları bulunan akademik erteleme davranışı en genel ifadeyle mevcut görev, sorumluluk, iş veya görevin gereksiz yere geciktirilmesi olarak ifade edilmektedir (Akçay ve Gizir, 2010; Schouwenburg, 1995). Ertelemeye ilişkin gerçekleştirilen çalışmaların erteleme davranışını ortaya çıkaran değişik türden nedenleri olduğunu desteklemektedir (Kağan, 2009). Akademik erteleme davranışına ilişkin gerçekleştirilen çalışmaların daha çok iç ve dış kaynaklı faktörler etrafında şekillendiği gözlenmiş ve ayrıca öğrencilerin görev özellikleriyle ilgili alanların yanı sıra duygusal, bilişsel, kişilik ve gönüllülüğe ilişkin yetkinlikler gibi içsel faktörlerin de irdelendiği gözlenmiştir (Grunschel vd., 2013).

## AKADEMİK ERTELEME DAVRANIŞI

Erteleme planlanan görevin kişi tarafından bilinçli ve rasyonel olmayan bir şekilde geciktirilmesidir (Neenan, 2008; Steel, 2007) Haycock ve diğerleri (1998) erteleme davranışını, yapılması gereken işlerin, alınması gereken kararların ve sorumlulukların son ana geciktirilmesi yani son ana bırakılması olarak tanımlamışlardır. Akademik erteleme davranışı “akademik görevlere başlamayı ya da tamamlamayı rasyonel olmayan bir takım gerekçelerle ileri bir zamana bırakma eğilimi” şeklinde ifade edilmiştir (Senecal vd., 2003). Solomon ve Rothblum (1984) akademik ertelemeyi akademik işlerle ilgili olan ödev ve projelerin yapılması, hazırlanması ve teslim edilmesi ile ilgili aşamaların geciktirilmesi olarak tanımlamışlardır. Bir başka tanımda, akademik erteleme; sınavlara çalışma, ödevleri tamamlama gibi akademik görevlerin son ana bırakılması ve geciktirilmesi olarak tanımlanan bir olgudur (Milgram ve Tenne, 2000; Nábělková ve Ratkovská, 2015). Aydoğan, akademik erteleme davranışının, genel olarak akademik görevleri içermediğini ve akademik işlerin kaygı yaşayana kadar yerine getirilmemesi, geciktirilmesi olarak ifade etmektedir (Aydoğan, 2008). Akademik ertelemenin öğrencilerin akademik performansları üzerinde dersten çekilme ve düşük akademik ortalama gibi olumsuz etkileri olduğu belirtilmektedir (Keller, 1968; Semb vd., 1979).

Yurtseven ve Doğan (2019), üniversite hazırlık öğrencilerinin akademik erteleme, akademik motivasyon ve problem çözme becerileri arasındaki yapısal ilişkileri incelemişlerdir. Araştırma Türkiye'de bir

devlet üniversitesinde İngilizce hazırlık programına kayıtlı 509 üniversite öğrencisiyle yürütülmüŖtür. Araştırmanın sonucunda; problem çözme becerisinin akademik erteleme üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıŖtır. Ayrıca, akademik ertelemenin içsel ya da dışsal motivasyon tarafından yönlendirilmek yerine problem çözme becerisi ve motivasyonunun bir işlevi olduğunu gösteren sonuçlar araŖtırmada yer almaktadır. Mevcut araŖtırma, akademik erteleme davranışının problem çözme becerisiyle ilişkili olduğuna vurgu yaparak, akademik erteleme davranışlarının çözümünde dikkate alınması gereken farklı bir bakış açısı ortaya koymaktadır. Kağan (2009), üniversite öğrencilerinde akademik erteleme davranışını açıklayan değişkenlerin belirlenmesine yönelik Ankara Üniversitesi'nin çeŖitli fakültelerinde (eğitim, hukuk ve ziraat fakültesi) okuyan 17-25 yaş arasındaki gönüllü öğrencileri ile yaptıkları araŖtırmada üniversite öğrencilerinin yaklaşık olarak yarısının akademik erteleme davranışı gösterdiği sonucuna ulaŖmıŖtır.

Odacı ve Kaya (2019), mükemmeliyetçilik ve umutsuzluğun akademik erteleme davranışı üzerindeki rolünü belirlemek için Bayburt Üniversitesi'nde öğrenimlerine devam eden yaşları 18 ile 27 arasında değişen 278 kadın ve 206 erkek toplam 484 üniversite öğrencisi ile yaptıkları araŖtırmada çok boyutlu mükemmeliyetçilik boyutlarının ve umutsuzluğun akademik erteleme ile ilişkisi olduğunu belirtmiŖlerdir.

## **ÖRGÜTSEL BAĞLILIK**

Örgütsel bağlılık, örgütün amaçlarını ve değerlerini kabul etmek ve inanmak, örgüt adına çaba harcamak ve örgütte kalmak için istekli olma şeklinde ifade edilmektedir (Mowday vd., 1979). Örgütsel bağlılık, kişinin mesleğine karşı tutumu ve mesleğine yönelik sahip olduğu çalıŖma motivasyonu şeklinde ifade edilmiŖtir (Blau 1985, Carson ve Bedian 1994). Örgütsel bağlılık çalıŖanların örgüt çıkarlarını, kendi çıkarlarından üstün görmesiyle ortaya çıkmaktadır. Örgüte yüksek düzeyde bağlılık duymanın çalıŖanlara birtakım faydaları bulunmaktadır. Örgütüne bağlılığı yüksek düzeyde olan çalıŖanlar, örgütün amaç ve ilkelerini benimseyerek (Wasti, 2005), örgüt için ekstra çaba sarf ederler ve kendi örgütlerinin haricinde başka bir örgütte çalıŖmayı düşünmemektedirler. Örgütsel bağlılığın yüksek olduğu durumlarda çalıŖan performansının, örgütsel verimliliğin ve iş

tatmininin arttığı, devamsızlığın azaldığı şeklinde ifade edilmektedir (Erdem, 2007).

## **ÖĞRENCİLERDEKİ AKADEMİK ERTELEME DAVRANIŞININ AKADEMİSYENLERİN ÖRGÜTSEL BAĞLILIKLARINA ETKİSİ**

Bu çalışmanın temel amacı yükseköğretim kurumlarında eğitim alan öğrencilerin akademik erteleme davranışının akademisyenlerin çalıştıkları kurum üzerindeki bağlılıklarını anlamaktır. Bu amaç doğrultusunda akademik erteleme davranışının akademisyenlerin işten ayrılma niyetleri ve bağlı oldukları kurumda kalma motivasyonlarını araştırmak çalışmanın temel amaç ve özgünlüğünü oluşturmaktadır.

### ***Araştırmanın Amacı, Yöntemi ve Örneklemi***

Bu çalışmanın temel amacı yükseköğretim kurumlarında eğitim alan öğrencilerin akademik erteleme davranışının akademisyenlerin çalıştıkları kurum üzerindeki bağlılıklarını anlamaktır. Bu amaç doğrultusunda akademik erteleme davranışının akademisyenlerin işten ayrılma niyetleri ve bağlı oldukları kurumda kalma motivasyonlarını araştırmak çalışmanın temel amaç ve özgünlüğünü oluşturmaktadır. Araştırmanın analiz birimini İstanbul ilinde Avrupa Yakasında eğitim öğretim faaliyeti veren bir vakıf üniversitesinde çalışmakta olan 6'sı kadın 4'ü erkek olmak üzere toplam 10 öğretim üyesi oluşturmaktadır. Çalışmanın belirlenen amacı doğrultusunda benimsenen araştırma tekniği nitel araştırma olup yararlanılan veri toplama tekniği ise yüz yüze görüşme (mülakat) tekniğidir. Bu bağlamda yürütülen görüşmelerde veriler mevcut alan yazın taraması sonucunda oluşturulan yarı yapılandırılmış soru formu aracılığı ile toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme formu soruları aşağıda verilmektedir.

1. Hangi durumlarda öğrencilerde akademik erteleme davranışını daha çok gözlemlersiniz?
2. Öğrencilerdeki akademik erteleme davranışının üstesinden gelmek için sizce ne tür sınıf içi alternatif uygulama ve/veya etkinliklerde bulunulmalı (Örn: Öğrenme ve ders çalışma stratejileri, vb.)?
3. Öğrencilerdeki akademik erteleme durumu davranışını engellemeye yönelik sizce ne tür önlemler alınmalı?
4. Akademik erteleme davranışı öğrencilerin akademik başarılarını ne düzeyde etkilemektedir?

5. Sizin açınızdan öğrencilerin erteleme davranışlarının düzeyi ile çalıştığınız kurum arasındaki bağıllığa etkisi var mı? Varsa eğer bu etki hangi düzeydedir?

Araştırmacının katılımcılarla yüz yüze, okul ortamında ve sohbet havasında gerçekleştirdiği görüşmeler yaklaşık 25-45 dakika sürmüş ve görüşmeler ses kayıt cihazıyla, katılımcıların onayı alınarak kaydedilmiştir. Ses kayıtları araştırmacıya kendi yapmış oldukları uygulamalarını ayrıntılarıyla inceleme, incelettirme ve gerekli önlemleri alarak, geliştirme olanağı sağlamıştır. Görüşmelerden sonra kaydedilen veriler, bilgisayar ortamında metne dönüştürülmüştür. Araştırmada yararlanılan nitel araştırma deseni ise örnek olay (durum) yaklaşımıdır. Örnek olay (durum çalışması) sınırlı bir sistemin nasıl işlediği ve çalıştığı hakkında sistematik bilgi toplamak için çoklu veri toplama kullanılarak o sistemin derinlemesine incelenmesini içeren metodolojik bir yaklaşımdır (Chmiliar, 2010). Verilerin analiz sürecinde ise nitel araştırmalarda sıklıkla başvurulan yöntem olan içerik analizi kullanılmıştır. İçerik analizi sosyal bilimler alanında özellikle eğitim bilimleri ile ilgili araştırmalarda sıklıkla kullanılan yöntemdir. İçerik analizi, dokümanlardan elde edilen nitel araştırma verilerinin işlenmesinde (1) Verilerin kodlanması, (2) Temaların bulunması, (3) Kodların ve temaların düzenlenmesi ve (4) bulguların tanımlanması ve yorumlanması olarak 4 aşamada kullanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2006).

*Tablo 1. Verilerin kodlanması, temaların oluşturulması ve sonuçların yorumlanması*

Temalar	Kategoriler	Çıkarım/Sonuç(lar)	Tema ve Kategorileri Destekleyen Doğrudan Alıntılar
<b>Erteleme Davranışı Motivasyonu</b>	Ödev, proje ödevleri, yıl sonu tezleri, sınav, ders çalışma, zamanı etkin kullanamama, sosyalleşme	-Erteleme davranışlarının sergilenme gerekçelerinin daha çok ödev, ders çalışma ve sınav süreçlerinde gözlemlendiği söylenebilir. -Ortaya çıkan erteleme davranışı öğrencilerde sınav veya ödevlerin tarihlerine ilişkin beklenti oluşturmaktadır.	<i>“Sosyalleşmenin akademik erteleme davranışında bir etken olduğunu düşünüyorum çünkü yavaş yavaş arkadaş edinmeye başladıkça dersleri de dağıtmaya başlıyorlar. İlk başlarda böyle bir ortam olmadığı için mecburen derse giriyorlar”. (K10)</i>



Tablo 1. (devam)

Temalar	Kategoriler	Çıkarım/Sonuç(lar)	Tema ve Kategorileri Destekleyen Doğrudan Alıntılar
Erteleme Davranışı Motivasyonu	Ödev, proje ödevleri, yıl sonu tezleri, sınav, ders çalışma, zamanı etkin kullanamama, sosyalleşme	-Akademik erteleme davranışı ödev teslim ve/veya sınav tarihlerinin ertelenmesine ilişkin bir beklentiye yol açmaktadır	<i>“Ödevlerin geç teslim edilmesi tarzından bir şeyden kasıtsa evet genellikle böyle bir eğilim var. Özellikle proje ödevlerinde ortaya çıkan bir durum var”.</i> (K7)
Çözüm önerileri / Önlemler	Disiplin, eğitim, etkin zaman yönetimi, ödev verme, sınav yapma, oryantasyon, ödüllendirme, caydırıcı önlemler, empati kurma	-Erteleme davranışını ortadan kaldırmaya ilişkin çözüm önerileri bu konuda eğitim aracılığı ile bilincin oluşturulması ve etkin zaman yönetimi anlayışının sağlanmasıyla oluşur. -Erteleme davranışını tetikleyen esnek davranıştan kaçınılmalı. -Yurtdışındaki kurumlarla entegre olmuş programlar aracılığı ile yabancı dil öğrenimi teşvik edilebilir. -Planlama becerisi kazandırılabilir. -Başarılı öğrencilerin ödüllendirilerek öğrenme motivasyonlarını artırmak ve bu yolla başkalarına mesaj vermek. -Öğrencilerin akademik erteleme davranışını engellemeye yönelik caydırıcı birtakım önlemler almak ve/veya kural geliştirmek. -Birtakım oryantasyon eğitimleri ile erteleme davranışının önüne geçmek.	<i>“Yani bana kalsa ben dersi hazırlarken farklı makalelerden yola çıkabiliyorum farklı örnekler bulabiliyorum”[...] Bence onun ilgisini çekmek ve dersi ona sevdirmek en önemli nokta diye düşünüyorum.</i> (K5) <i>“Ben açıkçası ödev çok veriyorum. Ödev derken de direk dersle alakalı değil ama ders ile ilintili olan dolaylı ödevler tercih ediyorum. Dolayısıyla ona bakarken diğer şeylere de bakmış oluyorum. Onu seçiyorum. Hani buna buna bakın önemseyin buda bunla alakalı diyorum. Benim şahsen yaptığım yöntem bu”.</i> (K2)

Tablo 1. (devam)

Temalar	Kategoriler	Çıkarım/Sonuç(lar)	Tema ve Kategorileri Destekleyen Doğrudan Alıntılar
Çözüm önerileri / Önlemler	Disiplin, eğitim, etkin zaman yönetimi, ödev verme, sınav yapma, oryantasyon, ödüllendirme, caydırıcı önlemler, empati kurma	-Dersi farklı metotlarla işleme. -Derslere verilen ara veya molaların zamanında gerçekleştirilmesi. -Online eğitimin teşvik edilmesi ve bunun paralelinde online Quiz ve sınavların da kaldırılması gerekliliği.	“Ben öncelikle şunu söyleyeyim dersleri hazırlarken kendimi öğrencilerin yerine koyarım. Bir önceki akşam vaktim olduğu sürece mutlaka bunu yapmaya çalışırım. Ertesi gün anlatacağım derse göz atar ve ben öğrenci olsam hoca bunları bana aktardığında aklıma hangi sorular gelir detayla soruları sorgulamaya çalışırım. Aklıma gelen bir tanesi bu”. (K6) “Genel bir kural olmalı ve bu kurala uyulmalı”. (K9)
Sıklığı	Yüksek	-Görülme sıklığı sınav dönemlerinde hazırlık ve ödevlerin teslim edilmesi sürecidir. -Lisans öğrencilerinde erteleme davranışının görülme sıklığı ön lisans öğrencilerine oranla daha yüksek düzeyde gözlenmektedir. -Akademik erteleme davranışı erkek öğrencilerde ve ikinci sınıfta okuyan öğrencilerde daha çok gözlemlenmektedir. -Süreç olarak ise dönem başından ziyade daha çok dönem ortası ve sonunda görülmektedir.	“Öğrencilerin büyük bir kısmında akademik erteleme davranışını gözlemledim. 4 yıllık deneyimimde, çalışma hayatımda sıklıkla karşılaştım”. (K4) “Ön lisans programlarında daha çok böyle ödev odaklı çalışmadığımız için aslında bakarsanız çok fazla onlarda gözlemlemiyoruz ama lisans boyutunda biraz daha fazla gözlemliyoruz”. (K5)

Tablo 1. (devam)

Temalar	Kategoriler	Çıkarım/Sonuç(lar)	Tema ve Kategorileri Destekleyen Doğrudan Alıntılar
Başarı düzeyine olan etkisi	Olumsuz, odaklanma problemi, planlama eksikliği	-Genel olarak akademik erteleme davranışının öğrencilerin başarı seviyelerini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. -Başarı düzeyinin düşük olma sebepleri ise öğrencilerin sergilemiş oldukları odaklanamama ve planlama davranışlarının olmaması gösteriliyor.	<i>“Tabi ki olumsuz etkilemekte. Gerçekten çok iyi öğrenciler var hem zeka olarak ama bunu değerlendiremiyorlar. Bu akademik erteleden dolayı öğrenemiyorlar. Bir insanın sadece zeki olması yeterli değil. Kendisini geliştirmesi, kendisine bir şeyler katması gerekiyor. O yüzden erteleyen bir öğrenci hiçbir şey öğrenmiyor ve ikinci olarak başka dersleri de öğrenemiyor”. (K3)</i> <i>“Akademik erteleme davranışı öğrenciyi olumsuz etkilemektedir”. (K8)</i>
Gerekçeler	İsteksizlik, düşük verim, düşük motivasyon, düşük katılım, tembellik, dış uyarıcılar, aşırı özgüven	-Erteleme davranışının kaynağı genellikle öğrencilerin sergilemiş oldukları isteksizlik olarak gösterilirken mesleki anlamda tatmin düzeyini düşürücü etkisi gözlenmekte ve düşük motivasyonun da eğitimcilerde düşük verime neden olduğu görülmektedir. -Mevcut eğitim sistemi, arkadaş, sosyal çevre ve aileden edinilen alışkanlıklar erteleme davranışının ortaya çıkma sebepleri olarak gösterilmektedir.	<i>“Belki de bizim eğitim sistemimizin baştan beri olan durumu buna sebebiyet veriyor olabilir diye düşünüyorum ben. Eğitim sistemi ile ilişkili olduğunu düşünüyorum. Akademik erteleme davranışının altında bir çok faktörün olduğunu düşünüyorum. Aileden de başlayan bir takım şeyler var, anne ve babanın kitap okuma alışkanlığının olmaması gibi durumlar öğrencilerin de zaten böyle bir alışkanlığa sahip olmasını getiriyor”. (K5)</i>

Tablo 1. (devam)

Temalar	Kategoriler	Çıkarım/Sonuç(lar)	Tema ve Kategorileri Destekleyen Doğrudan Alıntılar
Erteleme davranıŖı ve kurumsal bağlılık iliŖkisi	Yok/Düşük düzeyde	<p>-Erteleme davranıŖı ile eğitimcilerin çalıŖtıkları kurum arasındaki bağlılığa etkisi yoktur.</p> <p>-Erteleme davranıŖı ile yapılan iŖ tatmini arasında önemli bir iliŖki söz konusu.</p> <p>-Öğrenciler tarafından sergilenen erteleme davranıŖının eğitimcilerde kurumsal bağlılığa etkisi düşük olsa da bu davranıŖın ders içi yapıyı olumsuz yönde etkilediği söylenebilir.</p> <p>-Bir diğer ifadeyle akademik erteleme davranıŖının eğitimcilerde motivasyonu düşürücü etkiye yol açtığı söylenebilir.</p> <p>-Akademik erteleme davranıŖının kurumsal bağlılığa etkisi kiŖiden kiŖiye göre farklılık göstermektedir.</p>	<p><i>“Öğrencinin akademik erteleme davranıŖı göstermesi öğrencinin kuruma olan bağlılığını mutlaka etkiler.” (K6)</i></p> <p><i>“Yani çok fazla değil aslında kuruma bağlılığı etkileyen durum yok ...Benim kuruma olan bağlılığımla etkili bir durum yok fakat öğrencinin erteleme davranıŖı zamanında bir Ŗeyi yapma isteksizliği negatif yönde etkiliyor ders içi yapıyı da. Öğretmek istediğiniz Ŗeyler sürekli tekrarlanarak gitmek durumunda kalıyor”.</i> (K1)</p>

## SONUÇ

Bu çalıŖmada yükseköğretim kurumlarında eğitim alan öğrencilerin akademik erteleme davranıŖının akademisyenlerin çalıŖtıkları kurum üzerindeki bağlılıklarını belirlemek, akademik erteleme davranıŖının akademisyenlerin iŖten ayrılma niyetleri ve bağlı buldukları kurumda kalma motivasyonları araŖtırılmıŖtır. AraŖtırmadan elde edilen verilere göre temalar ve kategoriler oluşturulmuŖtur. OluŖturulan temalar Erteleme DavranıŖı Motivasyonu, Çözüm Önerileri/Önlemler, Sıklığı, BaŖarı Düzeyine Olan Etkisi, Erteleme DavranıŖı ve Kurumsal Bağlılık iliŖkisi olarak isimlendirilmiŖtir. Erteleme DavranıŖı Motivasyonu: Ödev, proje ödevleri, yıl sonu tezleri, sınav, ders çalıŖma, zamanı etkin kullanamama, sosyalleŖme durumları olarak kategorilere ayrılmıŖtır. Tema ve Kategorileri

destekleyen doğrudan alıntılar şu şekildedir. “Sosyalleşmenin akademik erteleme davranışında bir etken olduğunu düşünüyorum çünkü yavaş yavaş arkadaş edinmeye başladıkça dersleri de dağıtmaya başlıyorlar. İlk başlarda böyle bir ortam olmadığı için mecburen derse giriyorlar”. (K10) “Ödevlerin geç teslim edilmesi tarzından bir şeyden kasıtsa evet genellikle böyle bir eğilim var. Özellikle proje ödevlerinde ortaya çıkan bir durum var”. (K7) Çözüm önerileri / Önlemler teması altında disiplin, eğitim, etkin zaman yönetimi, ödev verme, sınav yapma, oryantasyon, ödüllendirme, caydırıcı önlemler, empati kurma şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Erteleme davranışını ortadan kaldırmaya ilişkin çözüm önerileri bu konuda eğitim aracılığı ile bilincin oluşturulması ve etkin zaman yönetimi anlayışının sağlanmasıyla oluşur. Erteleme davranışını tetikleyen esnek davranıştan kaçınılmalıdır. Yurtdışındaki kurumlarla entegre olmuş programlar aracılığı ile yabancı dil öğrenimi teşvik edilebilir. Öğrencilere planlama becerisi kazandırılabilir. Başarılı öğrencileri ödüllendirip onların öğrenme motivasyonlarını arttırarak bu yöntem ile diğer öğrencilere mesaj verilebilir. Öğrencilerin akademik erteleme davranışını engellemeye yönelik caydırıcı birtakım önlemler alınarak kurallar geliştirilebilir. Ayrıca birtakım oryantasyon eğitimleri ile akademik erteleme davranışının önüne geçilerek dersler farklı metodlarla işlenebilir ve derslerde verilen aralar (mola) zamanında gerçekleştirilebilir. Online eğitimin teşvik edilmesi ve bunun paralelinde online Quiz ve sınavların da kaldırılması gerekliliği gibi çözüm önerileri sunulmaktadır.

Tema ve Kategorileri destekleyen doğrudan alıntılar şu şekildedir. “Yani bana kalsa ben dersi hazırlarken farklı makalelerden yola çıkabiliyorum farklı örnekler bulabiliyorum” [...] Bence onun ilgisini çekmek ve dersi ona sevdirmek en önemli nokta diye düşünüyorum. (K5) “Ben açıkçası ödev çok veriyorum. Ödev derken de direk dersle alakalı değil ama ders ile ilintili olan dolaylı ödevler tercih ediyorum. Dolayısıyla ona bakarken diğer şeylere de bakmış oluyorum. Onu seçiyorum. Hani buna buna bakın önemseyin buda bunla alakalı diyorum. Benim şahsen yaptığım yöntem bu”. (K2) “Ben öncelikle şunu söyleyeyim dersleri hazırlarken kendimi öğrencilerin yerine koyarım. Bir önceki akşam vaktim olduğu sürece mutlaka bunu yapmaya çalışırım. Ertesi gün anlatacağım derse göz atar ve ben öğrenci olsam hoca bunları bana aktardığında aklıma hangi sorular

gelir detayla soruları sorgulamaya çalışırım. Aklıma gelen bir tanesi bu”. (K6) “Genel bir kural olmalı ve bu kurala uyulmalı”. (K9) Akademik erteleme davranışı görülme sıklığı temasına bakıldığında görülme sıklığının yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Görülme sıklığı sınav dönemlerinde hazırlık ve ödevlerin teslim edilmesi sürecidir. Lisans öğrencilerinde erteleme davranışının görülme sıklığı ön lisans öğrencilerine oranla daha yüksek düzeyde gözlenmektedir. Akademik erteleme davranışı erkek öğrencilerde ve ikinci sınıfta okuyan öğrencilerde daha çok gözlemlenmekte. Süreç olarak ise dönem başından ziyade daha çok dönem ortası ve sonunda görülmektedir.

Tema ve Kategorileri destekleyen doğrudan alıntılar Ŗu şekildedir. “Öğrencilerin büyük bir kısmında akademik erteleme davranışını gözlemladim. 4 yıllık deneyimimde, çalışma hayatımda sıklıkla karşılaştım”. (K4) “Ön lisans programlarında daha çok böyle ödev odaklı çalışmadığımız için aslında bakarsanız çok fazla onlarda gözlemleniyoruz ama lisans boyutunda biraz daha fazla gözlemliyoruz”. (K5) Akademik erteleme davranışının başarı düzeyine olan etkisi teması olumsuz, odaklanma problemi, planlama eksikliği şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Genel olarak akademik erteleme davranışının öğrencilerin başarı seviyelerini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Başarı düzeyinin düşük olma sebepleri ise öğrencilerin sergilemiş oldukları odaklanamama ve planlama davranışlarının olmaması gösteriliyor. Tema ve Kategorileri destekleyen doğrudan alıntılar Ŗu şekildedir. Tabi ki olumsuz etkilemekte. Gerçekten çok iyi öğrenciler var hem zeka olarak ama bunu değerlendiremiyorlar. Bu akademik erteleden dolayı öğrenemiyorlar. Bir insanın sadece zeki olması yeterli değil. Kendisini geliştirmesi, kendisine bir şeyler katması gerekiyor. O yüzden erteleyen bir öğrenci hiçbir şey öğrenemiyor ve ikinci olarak başka dersleri de öğrenemiyor”. (K3) “Akademik erteleme davranışı öğrenciyi olumsuz etkilemektedir”. (K8) Akademik erteleme davranışının gerekçe teması isteksizlik, düşük verim, düşük motivasyon, düşük katılım, tembellik, dış uyarıcılar, aşırı özgüven olarak kategorilere ayrılmıştır. Erteleme davranışının kaynağı genellikle öğrencilerin sergilemiş oldukları isteksizlik olarak gösterilirken mesleki anlamda tatmin düzeyini düşürücü etkisi gözlenmekte ve düşük motivasyonun da eğitimcilerde düşük verime neden olduğu görülmektedir. Mevcut eğitim sistemi,

arkadaş, sosyal çevre ve aileden edinilen alışkanlıklar erteleme davranışının ortaya çıkma sebepleri olarak gösterilmektedir.

Tema ve Kategorileri destekleyen doğrudan alıntılar şu şekildedir. “Belki de bizim eğitim sistemimizin baştan beri olan durumu buna sebebiyet veriyor olabilir diye düşünüyorum ben. Eğitim sistemi ile ilişkili olduğunu düşünüyorum. Akademik erteleme davranışının altında bir çok faktörün olduğunu düşünüyorum. Aileden de başlayan bir takım şeyler var, anne ve babanın kitap okuma alışkanlığının olmaması gibi durumlar öğrencilerin de zaten böyle bir alışkanlığa sahip olmamasını getiriyor”. (K5) Akademik Erteleme davranışı ve kurumsal bağlılık ilişkisi teması Yok / Düşük düzeyde şeklinde kategorilendirilmiştir. Erteleme davranışı ile eğitimcilerin çalıştıkları kurum arasındaki bağlılığa etkisinin olmadığı, erteleme davranışı ile yapılan iş tatmini arasında önemli bir ilişki söz konusunun olduğu, öğrenciler tarafından sergilenen erteleme davranışının eğitimcilerde kurumsal bağlılığa etkisi düşük olsa da bu davranışın ders içi yapıyı olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Bir diğer ifadeyle akademik erteleme davranışının eğitimcilerde motivasyonu düşürücü etkiye yol açtığı ve akademik erteleme davranışının kurumsal bağlılığa etkisi kişiden kişiye göre farklılık göstermektedir.

Tema ve Kategorileri destekleyen doğrudan alıntılar şu şekildedir: “Öğrencinin akademik erteleme davranışı göstermesi öğrencinin kuruma olan bağlılığını mutlaka etkiler.” (K6)

“Yani çok fazla değil aslında kuruma bağlılığı etkileyen durum yok ... Benim kuruma olan bağlılığımla etkili bir durum yok fakat öğrencinin erteleme davranışı zamanında bir şeyi yapma isteksizliği negatif yönde etkiliyor ders içi yapıyı da. Öğretmek istediğiniz şeyler sürekli tekrarlanarak gitmek durumunda kalıyor”. (K1) Sonuç olarak erteleme davranışlarının sergilenme gerekçelerinin daha çok ödev, ders çalışma ve sınav süreçlerinde gözlemlendiği söylenebilir. Ortaya çıkan erteleme davranışı öğrencilerde sınav veya ödevlerin tarihlerine ilişkin beklenti oluşturmaktadır. Akademik erteleme davranışı ödev teslim ve/veya sınav tarihlerinin ertelenmesine ilişkin bir beklentiye yol açmaktadır.

## KAYNAKÇA

Akbay, S. ve Gizir, C. (2010). Cinsiyete Göre Üniversite Öğrencilerinde Akademik Erteleme Davranışı: Akademik Güdülleme, Akademik Özyeterlik

Ve Akademik Yükleme Stillerinin Rolü, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 60-78.

Aydoğan, D. (2008). *Akademik Erteleme Davranışlarının Benlik Saygısı, Durumluluk Kaygı ve Öz-Yeterlik İle Açıklanabilirliği*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Blau, G. (1985). On Assessing the Construct Validity of Two Multidimensional Constructs Occupational Commitment and Occupational Entrenchment, *Human Resource Management Review*, 11, 279-298.

Carson, K. D. ve Bedian, A. G. (1994). Career Commitment: Construction of a Measure and Examination of Its Psychometric Properties, *Journal of Vocational Behavior*, 44, 237-26.

Chmiliar, L. (2010). Multiple-Case Designs. In A. J. Mills, G. Eurepas & E. Wiebe (Eds.), *Encyclopedia of Case Study Research* (pp 582-583), USA: SAGE Publications.

Erdem, R. (2007). Örgüt Kültürü Tipleri İle Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişki: Elâzığ İl Merkezindeki Hastaneler Üzerinde Bir Çalışma, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2(2), 63-79.

Grunschel, C., Patrzek, J. ve Fries, S. (2013). Exploring Reasons and Consequences of Academic Procrastination: An Interview Study. *European Journal of Psychology of Education*, 28(3), 841-861.

Haycock, L. A., McCarthy, P. ve Skay, C. L. (1998). Procrastination in College Students: The Role of Selfefficacy and Anxiety, *Journal of Counseling and Development*, 76(3), 317-324.

Kağan, M. (2009). Üniversite Öğrencilerinde Akademik Erteleme Davranışını Açıklayan Değişkenlerin Belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 42(2), 113-128.

Keller, F. S. (1968). "Good-Bye Teacher..." *Journal of Applied Behavior*, 1, 79-89.

Milgram, N. A. ve Tenne, R. (2000). Personality Correlates of Decisional and Task Avoidant Proctastination, *European Journal of Personality*, 14, 141-156.

Mowday, R. T., Steers, R. M. ve Porter, L. W. (1979). The Measurement of Organizational Commitment, *Journal of Vocational Behavior*, 14(2), 224-247.



Nábělková, E. ve Ratkovská, J. (2015). Academic Procrastination and Factors Contributing to Its Overcoming, *The New Educational Review*, 107–118.

Neenan, M. (2008). Tackling Procrastination: An REBT Perspective for Coaches, *Journal of Rational-Emotive & Cognitive-Behavior Therapy*, 26(1), 53-62

Odacı, H. ve Kaya, F. (2019). Mükemmeliyetçilik ve Umutsuzluğun Akademik Erteleme Davranışı Üzerindeki Rolü: Üniversite Öğrencileri Üzerinde Bir Araştırma. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, (1), 43-51.

Semb, G., Glick, D. M. ve Spencer, R. E. (1979). Student with Drawals and Delayed Work Patterns in Self-Paced Psychology Courses, *Teaching of Psychology*, 6(1), 23-25.

Senecal, C., Julien, E. ve Guay, F. (2003). Role Conflict and Academic Procrastination: A Self-determination Perspective, *European Journal of Social Psychology*, 33: 135-145. DOI: 10.1002/ejsp.144

Solomon, L. J. ve Rothblum, E. D. (1984). Academic Procrastination: Frequency and Cognitive-Behavioral Correlates, *Journal of Counseling Psychology*, 31(4), 503.

Schouwenburg H.C. (1995). *Academic Procrastination. In: Procrastination and Task Avoidance, The Springer Series in Social Clinical Psychology*, Springer, Boston, MA.

Steel, P. (2007). The Nature of Procrastination: A Meta-Analytic and Theoretical Review of Quintessential Self-Regulatory Failure. *Psychological Bulletin*, 133 (1), 65-94.

Wasti, S. A. (2005). Commitment profiles: Combinations of organizational commitment forms and job outcomes. *Journal of vocational behavior*, 67(2), 290-308.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 5. Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık.

Yurtseven, N. ve Doğan, S. (2019). Structural Relationships Among Academic Procrastination, Academic Motivation, and Problem-Solving Skill in Prep Class College Students. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 9 (3), 849-876, <http://dx.doi.org/10.14527/pegegog.2019.02>

# **Yükseköğretim Kurumlarında Öğrenci Başarı Faktörlerinin Çok Kriterli Analizi**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-6283-5340)**

**Sedanur Selay Kasap**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-4168-9436)**

**Ezel Özkan**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-2638-3674)**

**Berfu Fırtına**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0001-6039-533x)**

## **GİRİŞ**

Yükseköğretimdeki başarı hem istihdama hem de kültürel sermayenin artışına katkı sağlar. Böylece ortak yaşam standardı ve nüfus sağlığının geliştirilmesini etkiler (Yorke ve Longden, 2004). 19. yüzyılda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde eğitim sisteminin de gelişmesiyle birlikte öğrenci başarısı ve başarıyı etkileyen faktörler araştırılmaya başlanmıştır. Eğitim ve öğretim faaliyetleri birçok değişkeni içeren karmaşık bir süreçtir. Bu sebeple öğrenci başarısı ya da başarısızlığı birkaç etkenle değerlendirilememektedir (Ergün vd., 2004). Öğrenci başarısı sadece not ortalamaları ya da onur derecesi almaları değildir aynı zamanda sorunları çözerken başkalarıyla birlikte çalışabilme becerisidir (Yorke ve Longden, 2004). Öğrenci başarısını etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Bu etmenler en temelde üç grupta incelenir. Bunlar; aileden, öğrenciden ve eğitim-öğretimden kaynaklıdır (Berberoğlu ve Kalender, 2005). Bir başka ifadeyle öğrenci başarısı öğrencilerin gerekli bilgi ve becerileri kazanmasıyla istenilen seviyeye ulaşmasıdır. Eğitimde başarı ise eğitimciler tarafından anlatılan dersler ile ilgili gerçekleştirilen sınavlarda edindikleri bilgi ve becerileridir. Eğitimde öğrenci başarısı genellikle sınav not ortalamalarıyla ifade edilmektedir (Ergün vd., 2004). Okuldaki başarı, akademik becerilerin yanı sıra sosyal-duygusal gelişim, fiziksel, sağlık, dil gelişimi, motivasyon ve yaratıcılığı kapsamaktadır. Bir öğrencinin hem yakın hem de uzun vadeli dönemlerde refahı için önemlidir (Crouch vd., 2019).

Bu çalışma kapsamında yükseköğretim kurumlarının çeşitli fakültelerinde öğrenim gören öğrencilerine uygulanan anket ile öğrenci başarısını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen anket sonuçlarına göre ilk olarak demografik özelliklere göre frekans analizi yapılmıştır. Daha sonra belirlenen kriterler ve kriterlerin öğrenci başarısına olan etkisini belirlemek amacıyla Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi uygulanmıştır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Literatür araştırması kapsamında, öğrencilerin okul başarılarını etkileyen faktörlerin araştırıldığı makaleler incelenerek aşağıda özetlenmiştir. İnceleme doğrultusunda ulaşılan makalelerin 2003-2020 yılları arasında yayınlanmış olduğu görülmüştür.

Özer 2020 yılına ait çalışmasında PISA kapsamında ülkeler arası başarı farklarının ortaya çıkmasına neden olan faktörleri inceleyerek öğrenci başarısı üzerinde etkili faktörleri tespit etmeye çalışmıştır (Özer, 2020). Dolu eğitimde başarı farklılıklarına neden olan faktörleri incelemek amacıyla OECD tarafından 2015 yılında uygulanan PISA araştırması verilerini dikkate alarak Türkiye için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma ile elde edilen sonuçlar, öğrencilerin başarı performansı üzerinde, sosyal ve kültürel durum endeksi etkisinin düşük olduğunu ortaya koymuştur (Dolu, 2020). Paramedik öğrencilerin akademik başarıları ile anksiyete düzeylerini etkileyen kriterlerin ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, verilere çeşitli istatistiksel analizler uygulanarak değerlendirme sonuçlarına ulaşılmıştır (Güngör ve Demirağ, 2020). Guilmette ve arkadaşları Kanada’da bulunan üniversite öğrencilerinin başarılarını etkileyen faktörleri belirlemek için anket uygulamışlardır. Anketten elde ettikleri verileri MANCOVA yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda akademik başarı ile duygusal refah arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Guilmette vd., 2019). Gutiérrez ve Tomás çalışmalarında öğrenci motivasyonunu etkilediğini düşündükleri sınıf iklimi ile öğrenci başarısı arasındaki ilişkiyi incelemiştirler. Faktör analizi ve Bayes yöntemlerini kullanarak gerçekleştirdikleri analiz sonuçlarına göre sınıf iklimi ile öğrenci başarısı arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir (Gutiérrez ve Tomás, 2018). Van Rooij ve arkadaşları, ortaokul öğrencilerinin başarılarını bilişsel, düşünsel ve davranışsal bağılıklarına göre incelemiştirler. Okulda davranışsal ve bilişsel bağılıkları yüksek olan öğrencilerin üniversitede daha başarılı oldukları sonucuna ulaşmışlardır (Van Rooij vd., 2017). Üniversite öğrencilerinin başarıları ile kişilik özellikleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada ise, sorumluluk bilinci yüksek olan öğrencilerin derslerde daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Abdioğlu vd., 2015). Okul iklimi ile öğrenci başarısı arasındaki ilişkinin incelendiği diğer bir çalışmada; destekleyici öğretmen davranışları, başarı odaklılık ve güvenli öğrenme ortamı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Bektaş ve Nalçacı, 2013). Erdoğan çalışmasında anne-baba ve öğretmen davranışları ile öğrenci başarısı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma ile öğrenci başarısında, anne-baba davranışlarının öğretmen davranışından daha önemli olduğu sonucuna ulaşmıştır (Erdoğan, 2007). Literatürdeki diğer bir çalışma, öğrenci başarısını üniversite

sınav sonuçlarına göre yıllar, okul türleri ve bölgeler açısından incelemiştir (Berberoğlu ve Kalender, 2005). Alay ve Koçak çalışmalarında 361 üniversite öğrencisine anket uygulayarak akademik başarı ile zaman yönetimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Zamanını iyi kullanan öğrencilerin akademik başarılarının yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Alay ve Koçak, 2003). Tablo 1, literatür araştırması kapsamında incelenen çalışmalarda kullanılan çözüm yöntemlerini özetlemektedir.

Bu bölümde, öğrencilerin okul başarıları üzerinde etkili olan faktörlerin ortaya konması ve literatürde ilgili alanda çalışan yazarların yayınlarının incelenerek araştırmaya yön verecek şekilde özetlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme sırasında “öğrenci başarısı” sorgusu kullanılarak ulaşılan 11 makalenin 2003-2020 yılları arasında yayınlanmış olduğu görülmüştür. Tablo 1’de literatür incelemesi özetlenmiş, aynı zamanda her bir makalede kullanılan çözüm ve değerlendirme yöntemi de detaylı şekilde ortaya konmuştur.

*Tablo 1. Literatür özeti kapsamında metodolojik değerlendirme*

Yazar(lar)	Yıl	Yöntem
Özer	2020	İstatiksel analiz yöntemleri
Dolu	2020	Hiyerarşik lineer model
Güngör ve Demirağ	2020	İstatiksel analiz yöntemleri
Guilmette vd.	2019	MANCOVA yöntemi
Gutiérrez ve Tomás	2018	Faktör analizi ve Bayes yöntemi
Van Rooij vd.	2017	Faktör analizi ve ANOVA analizi
Abdioğlu vd.	2015	Yapısal eşitlik modeli
Bektaş ve Nalçacı	2013	Pearson Çarpım Momentler Korelasyon Analizi
Erdoğan	2007	Tek yönlü varyans ve çoklu regresyon analizi
Berberoğlu ve Kalender	2005	(MANOVA)
Alay ve Koçak	2003	MANOVA

Buradan da görülmektedir ki ilgili alandaki çalışmalarda çoğunlukla istatistiksel analiz yöntemleri tercih edilmiştir. Mevcut çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yönteminin ve gerçekleştirilen analizlerin bu alandaki literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **ANALİTİK AĞ SÜRECİ YÖNTEMİ**

Analitik Ağ Süreci (AAS), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminin hiyerarşik yapısını genelleştiren, problemin bileşenleri arasındaki hiyerarşiden farklı bağımlılık, etkileşim ve geri bildirim ilişkilerini dikkate alarak problemin daha başarılı şekilde

modellenmesine katkı sağlayan bir çok kriterli karar verme yöntemi olarak 1996 yılında Saaty tarafından ortaya konulmuştur. Yöntem modellemesi hiyerarşik bir yapıda değil ağ yapısına göre yapılmaktadır (Saaty, 1996; Abdel-Baset vd., 2019).

Son zamanlarda AAS yöntemi, lojistik sektöründe, iş seçimi, strateji belirleme, temel teknolojilerin belirlenmesi, sektörel performans ve rekabet düzeyinin ölçülmesi, mobil iletişim sektöründe pazar paylaşımı değerlendirmesi, ARGE proje değerlendirilmesi, yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesi gibi çeşitli alanlarda uygulanmıştır (Kılıç vd., 2015; Yuluğkural vd., 2005). Genel anlamda AAS yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır (Lee vd., 2009):

- Ağ modelinin oluşturulması,
- İkili karşılaştırmalar ve öncelik vektörünün belirlenmesi,
- Süpermatris oluşturulması,
- Son sıralamaların, önceliklerin belirlenmesi şeklindedir.

AAS yöntemi ile problem çözümü aşamasında kriterler arasındaki öncelik ilişkisinin ve önem düzeylerinin belirlenmesinde Saaty tarafından önerilen Tablo 2’de verilen ikili kıyaslama ölçeği kullanılmaktadır.

*Tablo 2. İkili kıyaslama ölçeği*

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktör aynı derecede önem taşır
3	Biraz daha fazla önemli	Biri diğerine göre biraz daha fazla önem taşır
5	Oldukça önemli	Biri diğerine göre oldukça önem taşır
7	Çok daha önemli	Biri diğerine göre çok daha fazla önem taşır
9	Kesinlikle daha önemli	Biri diğerine göre kesinlikle daha fazla önem taşır
2,4,6,8	Ara değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır

*Kaynak: Saaty, 1996.*

İkili kıyaslama ölçeğinde 1 eşit önem durumunu ifade etmektedir. Verilen puan 9’a yaklaştıkça bir kriterin diğer üzerindeki etkisinin de giderek arttığı, 9 puan verildiğinde ise en büyük üstünlük düzeyine

ulaştığı ifade edilmektedir. Tablo 2’de yer alan 2, 4, 6 ve 8 puan değerleri ara değerler olarak tanımlanmıştır.

## YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARINDA ÖĞRENCİ BAŞARISI ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

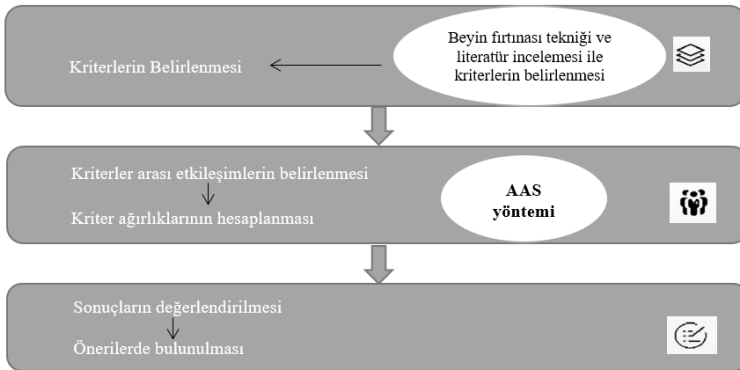
Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AAS yöntemi ile yükseköğretimde öğrenci başarısını etkileyen faktörler değerlendirilmiştir.

### Verilerin Toplanması ve Hazırlanması

Araştırmada veri toplama amacıyla düzenlenen anket, Google Formlar üzerinden hazırlanmış olup toplam 233 katılımcıya ulaşılmıştır. Katılımcıların fakülte bazında dağılımının %37,77 Mühendislik Fakültesi, %27,47 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, %12,02 Hukuk Fakültesi, %11,16 Tıp Fakültesi, %6,87 Eğitim Fakültesi ve %4,72 Fen Edebiyat Fakültesi şeklinde olduğu görülmüştür.

### AAS Yöntemi Analizi

AAS yöntem analizi için ilk olarak kriterler belirlenmelidir. İkinci adımda kriterler arası etkileşimler belirlenerek kriter ağırlıkları hesaplanmalıdır. Son olarak ise sonuçlar değerlendirilir. Şekil 1’de yöntemin uygulama süreci görsel olarak özetlenmiştir.



Şekil 1. Karar probleminde AAS yöntemi uygulama süreci

Çalışmada, lisans öğrencilerinin başarılarını etkileyen kriterlerin tespit edilmesinde öncelikli olarak literatürde yer alan çalışmalar

incelenmiŖtir. Literatür incelemesinin yanı sıra beyin fırtınası tekniğinden de faydalanılmıŖ, dikkate alınması gereken farklı kriterler olup olmadığı deėerlendirilmiŖtir. Bu doğrultuda beyin fırtınası tekniğinin uygulama adımları katılımcılara açıklanarak bireysel beyin fırtınası gerekleŖtirmeleri ve karar problemi hakkındaki görüŖlerini maddeler halinde listelemeleri istenmiŖtir. Beyin fırtınası tekniğinin uygulanması sonucu elde edilen öğrenci baŖarısı üzerinde etkili kriterlerin literatürde yer alan birçok kriter ile paralellik gösterdiği görülmüŖtür. Bununla birlikte literatür incelemesinde rastlanılmamıŖ olan ve beyin fırtınası tekniği ile önerilen Amasızlık, Okul DıŖı Sorumluluk ve Bedensel Engeller kriterlerinin de literatüre ek olarak değerlendirilmesine karar verilmiŖtir. Bu sayede karar probleminin değerlendirmesinde Tablo 3'te verilen kriterlere ulaŖılmıŖtır. Bu tekniğin uygulanması sırasında 2 öğrenci, 1 ebeveyn 2 öğretim üyesinin görüŖlerinden faydalanılmıŖtır. Uzman görüŖleri doğrultusunda karar problemi için; Bireysel Faktörler, Bedensel-Fiziksel Faktörler, Aileden Kaynaklı Faktörler, Öğretici Kaynaklı Faktörler, Öğretim Kurumu Kaynaklı Faktörler ve evresel Faktörler olmak üzere toplam 6 ana kriter tespit edilmiŖtir. Belirlenen bu altı ana kriter ve bu kriterlere ait toplamda 29 alt kriter Tablo 3'te gösterildiği gibidir.

*Tablo 3. Karar problemi kriterleri*

Ana Kriter	Alt Kriter	Açıklama	Literatür
Bireysel Faktörler (A)	A1	Cinsiyet	Dolu, 2020; Alay ve Koçak, 2003; Sayın ve Gelbal, 2014
	A2	Amasızlık	
	A3	Kaygı/Özgüven eksikliği	Güngör ve Demirağ, 2020
	A4	Motivasyon/BaŖarı güdüsü	Gutiérrez ve Tomás, 2018; Van Rooij vd., 2017; Memduhoğlu ve Tanhan, 2013
	A5	KiŖisel yetenek ve becerileri	Büyüköztürk ve Deryakulu, 2002
	A6	Mezun olunan lise türü	Berberoğlu ve Kalender, 2005; Dolu, 2020; Aydoğan ve Zırhloğlu, 2018
	A7	Sosyalite	Abdioğlu vd., 2015; Sayın ve Gelbal, 2014
	A8	Sosyal medya düŖkünüėü	Koca ve Tunca, 2019
	A9	KiŖisel geliŖim çabası	Guilmette vd., 2019



Tablo 3. (devam)

Ana Kriter	Alt Kriter	Açıklama	Literatür
	A10	Okul dışı sorumluluk	
	A11	Yaşam biçimi	Sayın ve Gelbal, 2014
Bedensel-Fiziksel Faktörler (B)	B1	Bedensel engeller	
	B2	Görme/işitme bozuklukları	Bilgin ve Kartal, 2002
Aileden Kaynaklı Faktörler (C)	C1	Ailedeki birey sayısı	Güngör ve Demirağ, 2020
	C2	Aile içi ilişkiler	Erdoğdu, 2007
	C3	Aile desteği	Arslanargun, 2007
	C4	Ailenin sosyo-kültürel yapısı	Sayın ve Gelbal, 2014
Öğretici Kaynaklı Faktörler (D)	D1	Öğreticinin iletişime yatkınlığı	Memduhoğlu ve Tanhan, 2013
	D2	Öğreticinin öğretme becerisi	Özer, 2020; Bektaş ve Nalçacı, 2013; Sayın ve Gelbal, 2014
	D3	Akademik danışman desteği	Memduhoğlu ve Tanhan, 2013
Öğretim Kurumu Kaynaklı Faktörler (E)	E1	Kurumun fiziki durumu	Koç, Arslanürk ve Arslan, 2008
	E2	Kurumun sosyal çevresi	Memduhoğlu ve Tanhan, 2013
	E3	Kurumun ders içerik yeterliği	Özer, 2020
	E4	Kurum kültürü	Sayın ve Gelbal, 2014; Demirtaş 2010
	E5	Kurumun öğretim araç-teçhizat yeterliği	Metin, 2013
Çevresel Faktörler (F)	F1	Öğrencinin barınma imkanı	Perçin, 1998
	F2	Üniversitenin bulunduğu şehir	Arslantaş, Özkan ve Külekçi, 2012
	F3	Aileye uzaklık	Büyüköztürk ve Deryakulu, 2002
	F4	Çalışma alanı fiziksel imkanları	Yeşilyurt, Baştürk, Yeşilyurt ve Kara, 2014

AAS yöntemi ile çözüm yapabilmek için öncelikli olarak faktörler arasındaki etkileşimlerin ortaya konulmasını sağlayan ilişki matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Kriterler arası etkileşimlerin belirlenmesi amacı ile uzman görüşlerinden faydalanılmıştır.

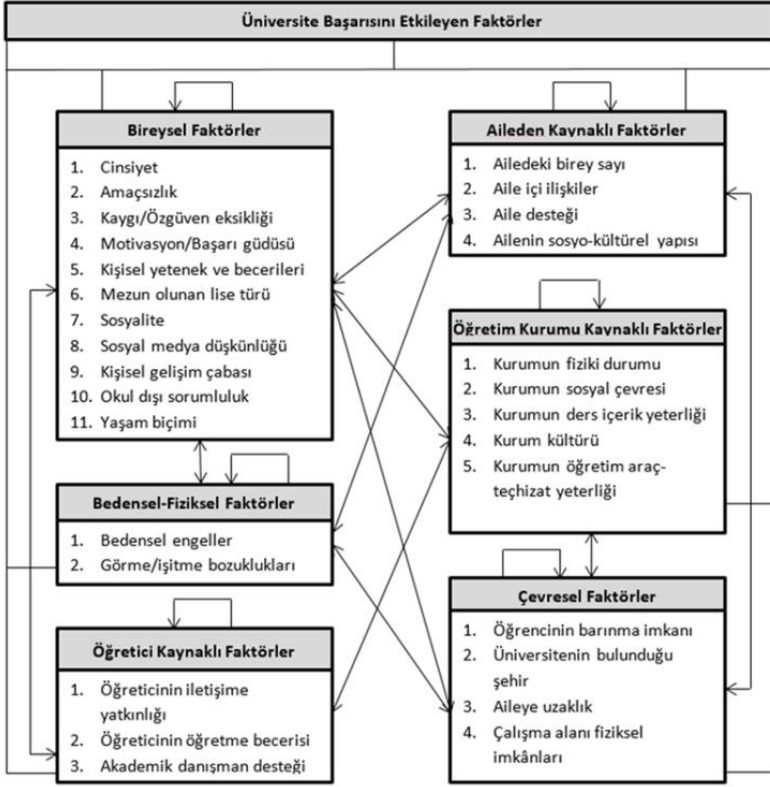
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	B1	B2	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1	E2	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4
A1																													
A2	+																												
A3	+																												
A4	+	+	+																										
A5	+	+	+	+																									
A6																													
A7																													
A8	+	+																											
A9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A10	+																												
A11	+																												
B1	+	+																											
B2																													
C1																													
C2																													
C3																													
C4																													
D1	+	+	+	+	+																								
D2	+	+	+	+	+																								
D3	+	+	+	+	+																								
E1																													
E2																													
E3																													
E4																													
E5																													
F1	+																												
F2	+																												
F3																													
F4																													

Ŗekil 2. İliŖki matrisi

Ŗekil 2, uzman görüŖlerine dayalı olarak oluŖturulan uzlaŖık iliŖki matrisini göstermektedir. Bu matriste “+” ile iŖaretlenen satırdaki bölümlerin yukarıdaki sütunlardan etkilendiği gösterilmektedir.

Ŗekil 2’de verilen iliŖki matrisi oluŖturulduktan sonra AAS modelinin kurulması aŖamasına geçilmiŖtir. İliŖki matrisinden elde edilen bilgilere göre her bir bileŖenin hangi bileŖenleri etkilediği ve

hangilerinden de etkilendiği bilgisi kullanılarak Şekil 3’de görülen AAS karar modeli oluşturulmuştur.



Şekil 3. Karar problemine ait AAS modeli

Karar problemine ait AAS modeli kurulduktan sonra problem çözümünde kullanılacak kriter ağırlıklarının tespit edilmesi amacıyla anket düzenlenen öğrencilerin görüşlerine başvurulmuştur. Ankette öğrencilere her bir kriterin akademik başarıları üzerinde ne derece etkili olduğu sorulmuş ve 9’lu likert ölçek kullanarak derecelendirmeleri istenmiştir. Kriterler 233 katılımcı tarafından değerlendirilmiş, katılımcıların görüşleri geometrik ortalama kullanılarak birleştirilmiştir. İlişkilendirilen kriterler ve ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen ağırlık değerleri Tablo 4’te verildiği gibidir.

Tablo 4. Bileşenlere ait ağırlık değerleri

Ana Kriter	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriter	Alt Kriter Ağırlıkları
A	0,1095	A1	0,0567
		A2	0,0413
		A3	<b>0,2291</b>
		A4	0,0975
		A5	0,1426
		A6	0,0125
		A7	0,1591
		A8	0,1371
		A9	0,0424
		A10	0,0683
		A11	0,0134
B	0,0364	B1	<b>0,6191</b>
		B2	0,3809
C	<b>0,4438</b>	C1	0,0909
		C2	<b>0,3425</b>
		C3	0,3089
		C4	0,2577
D	0,0569	D1	<b>0,4716</b>
		D2	0,2595
		D3	0,2689
E	0,0901	E1	0,0681
		E2	0,1254
		E3	<b>0,3145</b>
		E4	0,2248
		E5	0,2672
F	0,2633	F1	0,1324
		F2	0,1064
		F3	0,2833
		F4	<b>0,4779</b>

Sonuçlar doğrultusunda C grubu “Aileden Kaynaklı Faktörler” ana kriteri 0,4438 ağırlık değeri ile en çok etkili kriter olarak hesaplanmıştır. Bu ana kriterin alt kriterleri dikkate alındığında ise C2: Aile içi ilişkiler alt kriterinin 0,3425 değeri ile sonuçlar üzerinde en etkili alt kriter olduğu görülmüştür. İkinci sırada en etkili ana kriter F grubu “Çevresel Faktörler” dir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde F4: Çalışma alanı fiziksel imkanları alt kriterinin 0,4779 ağırlık değeri ile sonuçları oldukça yüksek bir oranda etkilediği dikkat çekmiştir. En düşük ağırlık değeri ise 0,0364 ile B grubu yani “Bedensel-Fiziksel

Faktörler” kriterine aittir. Çalışmada gerçekleştirilen tüm küme esaslı ikili karşılaştırmalar tutarlılık açısından incelenmiştir. Hesaplanan tutarsızlık oranlarının 0,1 değerinden küçük olduğu görülmüştür. Bu nedenle elde edilen çözüm sonuçlarının tutarlı ve geçerli sonuçlar olduğu söylenebilmektedir.

## SONUÇ

Yapılan bu çalışmada yükseköğretim kurumlarında öğrenim görmekte olan öğrencilerin başarısı üzerinde etkili olan faktörler ele alınmış ve bu faktörler arasında hangilerinin daha etkili olduğu araştırılmıştır. Çalışma alanı kapsamında dikkate alınan faktörler öncelikli olarak literatür araştırmasına dayandırılmış olmakla birlikte; lisans öğrencileri, öğrencilerin ebeveynleri ve yükseköğretim kurumlarında görev yapan öğretim üyelerinden oluşan bir grup karar verici ile gerçekleştirilen beyin fırtınası çalışmasından elde edilmiştir. Kriterler arasındaki önem sırasının belirlenmesinde Analitik Ağ Süreci (AAS) yönteminden faydalanılmıştır. Super Decisions paket programı yardımıyla gerçekleştirilen analizler sonucunda başarı üzerinde en etkili olan ana kriterin grup C olduğu görülmüştür. C grubu “Aileden Kaynaklı Faktörler” i açıklayan 4 alt faktörle ifade edilmektedir. Bunlar;

- C1: Aile birey sayısı,
- C2: Aile içi ilişkiler,
- C3: Aile desteği,
- C4: Ailenin sosya-kültürel yapısı şeklindedir.

Elde edilen sonuçlara göre Aileden Kaynaklı Faktörler açısından olumlu koşullara sahip öğrencilerin daha başarılı olabileceği yönünde bir sonuç ortaya çıkmaktadır. C grubundaki en yüksek etki değerine sahip alt faktör ise C2 (Aile içi ilişkiler) olarak hesaplanmıştır. Bu gruptaki en düşük etki değerine sahip alt faktörün ise C1 (Aile birey sayısı) olduğu görülmüştür.

Yükseköğretim öğrencilerinin başarısı üzerinde ikinci derecede etkili olan faktör grubu F (Çevresel Faktörler) olarak belirlenmiştir. F grubu;

- F1: Öğrencinin barınma imkanı,
- F2: Üniversitenin bulunduğu şehir,
- F3: Aileye uzaklık,

F4: ÇalıŖma alanı fiziksel imkanları olmak üzere dört alt faktörle açıklanmaktadır.

Bu gruptaki en etkili alt faktör ise F4, yani öğrencinin çalıŖma alanı fiziksel imkanlarıdır. Öğrencinin sahip olduğu teknolojik veya ekonomik imkanları onun başarısına önemli derecede etki etmektedir.

Başarıya üçüncü derecede etkisi olan grup ise A grubu (Bireysel Faktörler) olarak belirlenmiştir. Burada en yüksek etkiye sahip alt faktör ise A3 yani Kaygı/özgüven eksikliği olarak tespit edilmiştir. Kaygı düzeyi yüksek ya da özgüven eksikliği olan öğrencilerin akademik başarısının bu durumdan olumsuz etkilendiği yargısına varılabilmektedir.

E grubunun (Öğretim Kurumu Kaynaklı) ise başarıya etkisi C, F ve A gruplarına oranla daha azdır. Bu gruptaki en etkili faktör ise E3: Kurumun ders içerik yeterliği olarak dikkat çekmektedir. E1 yani Kurumun fiziki durumu ise en düşük etki değerine sahip olarak gözükmektedir.

D grubu (Öğretici Kaynaklı Faktörler), sonuçlar üzerindeki etkisi bakımından beşinci sırada yer almaktadır. Buradaki en etkili alt faktör ise D1 (Öğreticinin iletişime yatkınlığı)'dir. Öğretim üyesi/elemanının öğrenci ile iletişim kurmasının bilgi aktarımı üzerinde olumlu etki yarattığı öğrenci görüşleri tarafından desteklenmektedir.

Bütün gruplar arasında en az etkili olan faktör ise 0,0364 ağırlık değeri ile B grubu (Bedensel-Fiziksel Faktörler) olarak tespit edilmiştir. Öğrenciler, bedensel-fiziksel faktörlerin başarıları üzerindeki etkisinin diğer faktörlerle kıyaslandığında oldukça düşük bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, tüm faktörlerin elde edilen ağırlık değerleri incelendiğinde, etki düzeyinin yüksek olduğu görülen faktör ve alt faktörlerin dikkate alınması ve bu alanda iyileştirme yapılması durumunda öğrenci başarısı üzerinde olumlu değişim ve gelişimler gözlenebileceği düşünülmektedir. Sonraki çalıŖmalar kapsamında sonuçların daha genelleştirilebilir olması bakımından, değerlendirici öğrenci sayısının artırılması önerilmektedir. Bununla birlikte üniversitelerin sosyal ve fen bilimleri alanında öğrenim gören öğrenci

gruplarına ayrı ayrı uygulanarak kıyaslamalı sonuçlar elde edilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

Abdioğlu, H., Kılıç, R. ve Çalış, N. (2015). Öğrencilerin ders başarısı üzerinde kişilik özelliklerinin etkisi: Üniversite öğrencilerine yönelik bir araştırma. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 1, 83-109.

Abdel-Baset, M., Chang, V., Gamal, A. ve Smarandache, F. (2019). An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. *Computers in Industry*, 106, 94-110.

Alay, S. ve Koçak, S. (2003). Üniversite öğrencilerinin zaman yönetimleri ile akademik başarıları arasındaki ilişki. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 9, 3, 326-335.

Aslantaş, H. İ., Özkan, M. ve Külekçi, E. (2012). Eğitim fakültesi öğrencilerinin akademik başarı düzeylerinin bazı demografik değişkenler açısından incelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 11, s. 39, ss. 395-407.

Aslanargun, E. (2007). Okul-aile işbirliği ve öğrenci başarısı üzerine bir tarama çalışma. *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9, 18, 119-135.

Aydoğan, İ. ve Zırhlıoğlu, G. (2018). Öğrenci başarılarının Yapay Sinir Ağları ile kestirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15, 1, 577-610.

Bektaş, F. ve Nalçacı, A. (2013). Okul iklimi ile öğrenci başarısı arasındaki ilişki. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 4, 13, 1-13.

Berberoğlu, G. ve Kalender, İ. (2005). Öğrenci başarısının yıllara, okul türlerine, bölgelere göre incelenmesi: ÖSS ve PISA Analizi. *Journal of Educational Sciences & Practices*, 4, 7, 21-35.

Bilgin, A. ve Kartal, H. (2002). İşitme engelli ve engelli olmayan ilköğretim öğrencilerinin benlik kavramları ve akademik başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15, 1, 43-52.

Büyüköztürk, Ş. ve Deryakulu, D. (2002). Bilgisayar ve öğretim teknolojileri öğretmenliği ile sınıf öğretmenliği programı öğrencilerinin akademik başarılarını etkileyen faktörler. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 30, 187-204.

Crouch, E., Radcliff, E., Hung, P. ve Bennett, K. (2019). Challenges to school success and the role of adverse childhood experiences. *Academic pediatrics*, 19, 8, s899-907.

DemirtaŖ, Z. (2010). Okul kültürü ile öğrenci başarısı arasındaki ilişki. *Eğitim ve Bilim*, 35, 158.

Dolu, A. (2020). Sosyoekonomik faktörlerin eğitim performansı üzerine etkisi: PISA 2015 Türkiye örneği. *Yönetim ve Ekonomi AraŖtırmaları Dergisi*, 18, 2, 41-58.

Erdoğdu, M. Y. (2007). Ana-Baba tutumları ve öğretmen davranışları ile öğrencilerin akademik başarıları arasındaki ilişkiler. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 33-46.

Ergün, H., Özdemir, M. ve Çorlu, M. A. (2004). Dil ve sayısal yetenekler ile fizik başarısı arasındaki ilişki. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12, 2, 361-368.

Güngör, S. ve Demirağ, H. (2020). Paramedik öğrencilerinin akademik başarılarını ve anksiyetelerini etkileyen faktörler. *IAAOJ Health Sciences*, 6, 3, 246-259.

Guilmette, M., Mulvihill, K., Villemare-Krajden, R. ve Barker, E. T. (2019). Past and present participation in extracurricular activities is associated with adaptive self-regulation of goals, academic success, and emotional wellbeing among university students. *Learning and Individual Differences*, 73, 8-15.

Gutiérrez, M. ve Tomás, J. M. (2018). Motivational class climate, motivation and academic success in university students//clima motivacional en clase, motivación y éxito académico en estudiantes universitarios. *Revista de Psicodidáctica*, 23, 2, 94-101.

Kılıç, H. S., Zaim, S. ve Delen, D. (2015). Selecting “The Best” ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *Expert Systems with Applications*, 42, 5, 2343-2352.

Koca, E. B. ve Tunca, M. Z. (2019). İnternet ve sosyal medya bağımlılığının öğrencilerin performanslarına etkileri üzerine bir yazın taraması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24, 1, 33-53.

Koç, H., Arslantürk, Y. ve Arslan, S. (2008). Yükseköğretimde öğrenci tatmin düzeyleri ile başarı ortalamaları arasındaki ilişki: hazırlık sınıfı öğrencileri üzerinde bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1, 57-69.



Lee, H., Kim, C., Cho, H. ve Park, Y., (2009). An ANP-based technology network for identification of core technologies: A case of telecommunication technologies. *Expert Systems with Applications*, 36, 1, 894-908.

Memduhoğlu, H. B. ve Tanhan, F. (2013). Üniversite öğrencilerinin akademik başarılarını etkileyen örgütsel faktörler ölçeğinin geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10, 1, 106-124.

Metin, M. (2013). Öğrencilerin seviye belirleme sınavındaki başarısına etki eden unsurların farklı değişkenler açısından incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 1, 67-83.

Özer, M. (2020). What does PISA tell us about performance of education systems? *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 9, 2, 217-228.

Perçin, A. (1998). *Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) lisans öğrencilerinin başarı düzeyini etkileyen faktörlerin kantitatif analizi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Trabzon, Türkiye.

Saaty, T. L. (1996). *The Analytic Network Process: Decision Making With Dependence and Feedback*, Pittsburg, PA, 19, RWS Publications.

Sayın, A. ve Gelbal, S. (2014). Başarıyı etkileyen faktörlerin önem derecelerinin ardışık aralıklar yöntemiyle ölçeklenmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3, 1, 1-26.

Van Rooij, E. C., Jansen, E. P. ve van de Grift, W. J. (2017). Secondary school students' engagement profiles and their relationship with academic adjustment and achievement in university. *Learning and Individual Differences*, 54, 9-19.

Yeşilyurt, M., Baştürk, R., Yeşilyurt, F. ve Kara, İ. (2014). Teknolojik cihazların öğrenci başarısı üzerindeki etkileri: Denizli örneği. *Journal of Internet Applications and Management*, 5, 1, 39-47.

Yorke, M. ve Longden, B. (2004). *Retention and student success in higher education*. UK, McGraw-Hill Education.

Yuluğkural, Y., Felek, S. ve Aladağ, Z. (2005). Mobil İletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının ANP Yöntemi İle Tahminlenmesi/Pazar Payı Arttırma Amaçlı Strateji Öneri Süreci. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım 2005.

# **COVID-19'un Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Öğrencileri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi**

**Cemile Aşkın**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-2064-2740)**

**Selen Avcı**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0001-7433-5696)**

**Zerrin Aladağ**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-5986-7210)**

## GİRİŞ

Dünya, 2019'un sonlarında Çin'in Wuhan kentinde ilk koronavirüs vakaları ile karşılaşmıştır. 7 Ocak 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından vakaların "yeni tip koronavirüs" olduğu açıklanmış ve kısa süre içerisinde vakalar tüm dünyada etkisini göstermeye başlamıştır. Şubat ayının başlarında DSÖ'nün yayınladığı raporda yeni tip koronavirüsün resmi adı "COVID-19" olarak belirlenmiştir. DSÖ, 11 Mart 2020 tarihinde salgını "pandemi" olarak ilan etmiş ve salgının önüne geçebilmek için tüm dünya ülkelerini ciddi önlemler almaları gerektiği konusunda uyarmıştır (Öztürk ve İliş, 2020; TÜBA, 2020).

Türkiye'deki ilk COVID-19 vakası 11 Mart 2020 tarihinde ortaya çıkmış ve bu tarihten itibaren vakalar hızla artmaya başlamıştır. Bu nedenle birçok sektörde ciddi önlemler alınmaya başlanmıştır. Eğitim sektöründe alınan önlemlerden biri de 23 Mart 2020 tarihinde Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından üniversitelerin eğitime "uzaktan (çevrimiçi) eğitim" olarak devam edecekleri kararının alınmasıdır. Üniversitelerin hızlı gelişen bu süreçte alt yapı olarak uzaktan eğitime hazırlıksız olması çeşitli sorunlara yol açmıştır.

Günümüzde her alandaki dijitalleşmenin doğal bir sonucu olarak eğitimde de dijital dönüşüm beklentisi kaçınılmazdır (Taşkıran, 2017). Eğitim sürecinin daha etkin ve motive edici olabilmesi için eğitim kurumlarında teknoloji kullanımı her geçen gün daha yaygın duruma gelmektedir (Temizyürek ve Ünlü, 2015). Pandemi süreci ise eğitimde dijitalleşmeyi hem hızlandırmış hem de zorunlu kılmıştır. Dijital dönüşümü başarılı bir şekilde tamamlayan üniversitelerin bu süreçte daha verimli ve adil bir eğitim sürdürebildikleri açıktır.

Bu bölümde, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin uzaktan eğitim sürecine bakış açısını sorgulamak amacıyla 170 katılımcıdan oluşan bir anket çalışması yapılmıştır. Çeşitli demografik özelliklere göre öğrencilerin uzaktan eğitim sürecinden nasıl etkilendikleri, uzaktan eğitime bakış açıları ve derslerden hangi düzeyde verim aldıkları Endüstri Mühendisliği eğitiminin COVID-19 sürecinde ve bu süreç sonrasında uzaktan eğitime uygun olup olmadığı kapsamında incelenmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Genç ve Gümrükçüoğlu (2020) Kocaeli Üniversitesi İlahiyat Fakültesi'nde gerçekleŖtirmiş oldukları çalışmada öğrencilerin uzaktan eğitime bakış açılarını incelemiş, bu süreçte yaşadıkları sorunları belirleyerek daha kaliteli ve sağlıklı bir uzaktan eğitim için önerilerde bulunmuştur. Sonuç olarak, uzaktan eğitimin olumsuz yönlerinin olumlu yönlerinden daha fazla olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Serçemeli ve Kurnaz (2020) Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nde yapmış oldukları araştırmada COVID-19 sürecinde muhasebe dersi alan öğrencilerin uzaktan eğitime bakışlarını, uzaktan eğitim düzeni ile ilgili kişisel yeterliliklerini, çevrimiçi muhasebe derslerine ilişkin düşüncelerini ve çevrimiçi eğitimin muhasebe dersi için avantaj ve dezavantajlarını belirlemiştir. Sonuç olarak, öğrencilerin uzaktan eğitime yeterince uyum sağlayamamaları sebebiyle eğitim sisteminin hibrit olarak sürdürülmesi önerilmiştir. Zan ve Zan (2020), 19 devlet üniversitesinin edebiyat fakültelerinde öğrenimini sürdüren 390 öğrenciden anket uygulaması ile bilgi toplamıştır. Çalışmada, öğrencilerin uzaktan eğitime katılımdaki teknoloji kullanımları ve gelecek dönemler için eğitim sistemine ilişkin bakış açıları incelenmiştir. Sonuç olarak, online eğitime farklı bölgelerden katılım sağlayan öğrencilerin eğitimden farklı düzeylerde verim elde ettikleri belirlenmiştir. Kaya ve Keskin (2020), İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi'nde lisans ve lisansüstü öğrenimini sürdüren 652 öğrenciye anket uygulamıştır. Anket çalışmasında öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri, medya araçlarının kullanımları, web tabanlı eğitimin bilgi seviyesine tesiri ve online eğitime etkileri incelenmiştir. Birçok öğrencinin web tabanlı eğitimlerin yüz yüze eğitim kadar verimli olmadığını, web tabanlı eğitimin yaygınlaşmaması gerektiği, web tabanlı eğitimin grup çalışmalarını azalttığı, web tabanlı eğitimde sık teknik sorunlar yaşandığı gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Tekin (2020), Kastamonu Üniversitesi öğrencilerinden oluşan 398 kişilik bir örneklem üzerinde COVID-19'un Z kuşağının motivasyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Test edilen hipotezler sonucunda COVID-19 sebebiyle ortaya çıkan sosyalleşme endişesinin bireysel endişeden fazla olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Z kuşağının sosyalleşme endişesinin içsel ve dışsal motivasyonu anlamlı ve olumsuz yönde etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Albayrak ve Albayrak (2016), geleneksel eğitim sistemleri ile e-öğrenme sistemlerinin incelenmesi, karşılaştırılması, e-öğretim

sistemlerinin avantajları, dezavantajları, Türkiye’de ve dünyada uygulanma yöntemleri ve e-öğrenme araçlarını incelemiştir. Sonuç olarak, uzaktan eğitim sistemlerinin yaşamımızda daha fazla yer edineceği öngörülmüş ve teknolojik alt yapılarımızın geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmanın, bir mühendislik bölümü öğrencilerinin uzaktan eğitime bakış açısının incelenmesi ve dijitalleşmenin mühendislik eğitime etkisinin analiz edilmesi konularında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **COVID-19 SÜRECİNİN KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Araştırmanın amacı, COVID-19 sürecinin Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencileri üzerindeki etkilerini tespit etmektir. Araştırmanın örneklemini, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde farklı sınıflarda öğrenim gören 170 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada toplanan veriler anket yöntemi ile elde edilmiş ve anket eğitimin uzaktan sürdürüldüğü Kasım 2020’de uygulanmıştır. Anket; öğrencilerin demografik özelliklerini, COVID-19 sürecinde ve COVID-19 sonrasında uzaktan eğitime bakış açılarını sorgulayan üç bölümden oluşmakta ve Kesinlikle Katılıyorum’dan Kesinlikle Katılmıyorum’a kadar beşli likert ölçeğinden oluşmaktadır. Veriler IBM SPSS Statistics 22.0 paket programıyla analiz edilmiştir. Verilerin güvenilirliği Cronbach’s Alpha katsayısı ile belirlenmiş ve bu değer 0,743 olarak hesaplandığından araştırmada kullanılan verilerin güvenilir olduğu kabul edilmiştir.

### **Bulgular**

Bu bölümde; ankete katılan öğrencilerin sorulara verdiği cevaplara dair frekans tabloları ve pasta grafikleri, faktör analizi, faktörlere göre oluşturulan hipotezler, hipotezlere uygun testlerin (t-testi ve tek yönlü ANOVA testi) uygulanması ve testlerin sonuçlarına yer verilmiştir.

Uzaktan eğitim sürecinde dersleri birebir takip edip etmemenin başarıyı etkileyeceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin dersleri birebir takip etmeme sebepleri araştırılmıştır. Çok cevaplı anket tekniği ile 170 katılımcıdan 230 cevap alınmıştır. Tablo 1’de görüldüğü üzere %43,47 gibi yüksek bir oranla öğrencilerin dersleri kayıt linkinden takip ettikleri tespit edilmiştir.

*Tablo 1. Katılımcuların online eğitim sürecinde dersleri eş zamanlı (senkron) takip etmemelerinin sebepleri*

<b>Dersleri birebir takip etmeme nedeni</b>	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
Derslerin kayıt linkinden takip edilmesi	100	43,47
Evde şartların uygun olmaması	51	22,17
İnternet sorunu yaşanması	34	14,78
Derslerin notlardan çalışılması	34	14,78
Cihaz sorunu yaşanması	11	4,8

Uzaktan eğitime bağlanılan cihaz Tablo 2’de gösterildiği gibi çok cevaplı anket tekniği ile araştırılmıştır. 170 katılımcının verdiği 212 cevaba göre öğrencilerin çoğunun derslere kendi cihazlarından bağlandığı tespit edilmiştir. Bu sonuç uzaktan eğitimin etkinliği bakımından olumludur.

*Tablo 2. Uzaktan eğitime bağlanmak için kullanılan cihaz*

<b>Uzaktan eğitime bağlanmak için kullanılan cihaz</b>	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
Bilgisayar	157	74,05
Cep telefonu	45	21,22
Tablet	5	2,35
Bir başkasının cihazı	4	1,89
Diğer	1	0,49

Uzaktan eğitimin olumsuz etkisinin sebeplerinin araştırıldığı soruya 170 katılımcı 376 cevap vermiştir. Sadece 7 katılımcı olumsuz etkilenmediğini bildirmiştir. Tablo 3’te gösterildiği üzere yanıtların %33,24’ü sanal ortamın kendisini işaret etmektedir. Bu cevabı %17,55 ile uzaktan eğitim altyapısı izlemektedir. Bu oran, üniversiteler için dijital dönüşümün önemini göstermektedir.

*Tablo 3. Uzaktan eğitimin olumsuz etkilerinin sebepleri*

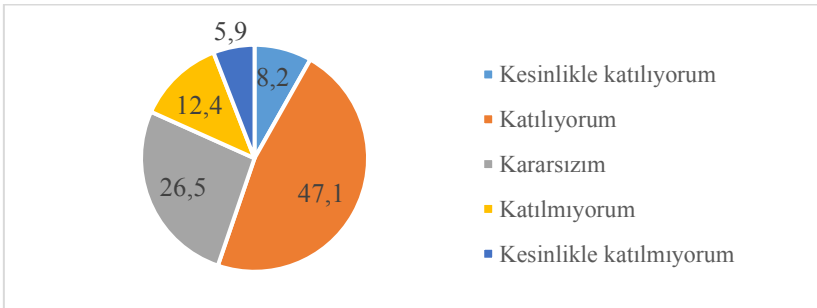
<b>Uzaktan eğitimin olumsuz etkilerinin sebepleri</b>	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde (%)</b>
Sanal ortam	125	33,24
Uzaktan eğitim sistemi altyapısı	66	17,55
Aile ile birlikte yaşamak	61	16,22
Gerekli materyal yetersizliği	61	16,22
Öğretim üyeleri	56	14,89
Olumsuz etkisi yok	7	1,88

Uzaktan eğitim sürecinde sınavlar haricinde ödev ve projelerin verilmesi ve kısa sınav yapılmasının öğrenciler üzerinde oluşturduğu stres araştırıldığında Tablo 4'te gösterildiği üzere öğrencilerin %38,8'inin kesinlikle katıldığı ve %34,1'inin de katıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Uzaktan eğitimde dönem sonu notunun sadece sınava bağlı kalmaması adil bir notlandırma için gereklidir. Bunun yanında, dönem içinde birçok ders alan öğrencilerin tüm bu etkinlikleri başarabilmesinin öğrenciler üzerinde baskı oluşturduğu göz ardı edilmemelidir.

Tablo 4. Uzaktan eğitimde ödev ve projelerin öğrenciler üzerindeki etkisi

Sınavların haricinde ödev, projelerin verilmesi ve kısa sınavların yapılması öğrenciler üzerinde büyük bir stres oluşturmuştur.	Frekans	Yüzde (%)
Kesinlikle katılıyorum	66	38,8
Katılıyorum	58	34,1
Kararsızım	30	17,6
Katılmıyorum	13	7,6
Kesinlikle katılmıyorum	3	1,8

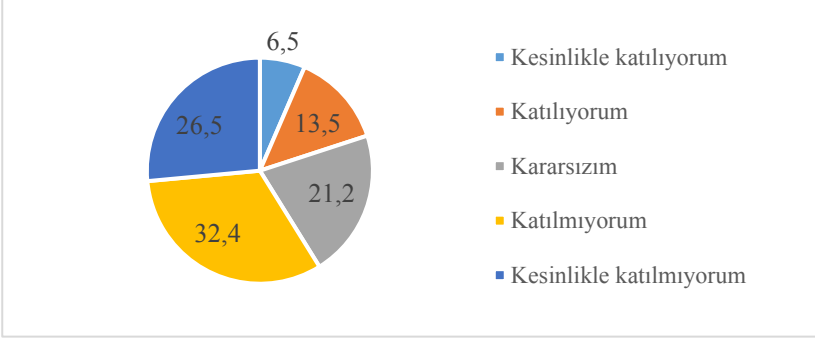
Anket formunda çeşitli sorularla endüstri mühendisliği programının uzaktan eğitime elverişliliği sorgulanmıştır. Şekil 1'e göre katılımcıların %55,3'ü endüstri mühendisliğinin diğer mühendisliklere göre uzaktan eğitime daha elverişli olduğu görüşünü bildirmiştir.



Şekil 1. Endüstri mühendisliğinin diğer mühendisliklere göre uzaktan eğitime elverişliliği

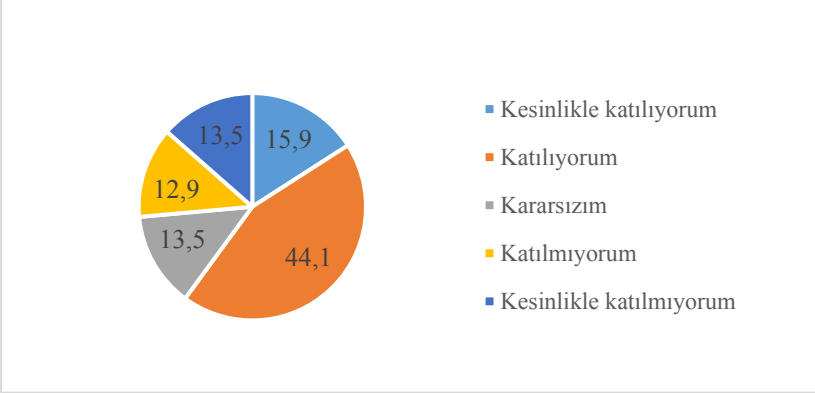
Şekil 2'ye göre katılımcıların %58,9'u endüstri mühendisliğinin COVID-19 süreci dışında uzaktan eğitime elverişli olmadığını ifade etmiştir. Buna göre, COVID-19 sürecinde endüstri mühendisliği

dersleri başarılı bir Ŗekilde devam etse de öğrencilerin örgün öğretimden yana oldukları söylenebilir.



*Şekil 2. Endüstri mühendisliğinin COVID-19 süreci dışında uzaktan eğitime elverişliliği*

Şekil 3'e göre katılımcıların %60'ının endüstri mühendisliğine özel bazı derslerinin uzaktan eğitim ile devam edebilir olduğunu ifade ettikleri sonucuna ulaşılmaktadır.



*Şekil 3. Endüstri mühendisliğine özel bazı derslerin uzaktan eğitime elverişliliği*

### **Faktör Analizi**

Faktör analizi, birbirleri ile ilişkisi olan veri gruplarını birbirinden bağımsız ve daha az sayıda yeni veri gruplarına dönüŖtürmek ve bir olayı açıklayabilecek değişkenleri bir araya getirmek amacıyla



kullanılan çok değişkenli istatistiksel bir analiz yöntemidir (Patır, 2009). Çalışmada elde edilen verilerin faktör analizi için uygunluğuna Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı ve Bartlett Sphericity testi sonuçları incelenerek karar verilmiştir. KMO değeri 0,834 olarak elde edilmiş ve Bartlett Sphericity ( $\chi^2 = 1210,130$ ;  $p < 0.001$ ) sonuçlarının anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre veriler faktör analizi için uygundur. Hipotez testleri oluşturabilmek için verilere faktör analizi uygulanmış ve öz değeri birden büyük olan beş faktör belirlenmiştir. Faktör analizi yapılırken sıkıştırma metodu olarak temel bileşenler analizi (Extraction Method: Principal Component Analysis), döndürme metodu olarak Oblimin yöntemi (Rotation Method: Oblimin with Kaiser Normalization) kullanılmıştır.

Faktörler aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır:

**Faktör 1:** Uzaktan eğitimin psikolojik etkisi

**Faktör 2:** Endüstri mühendisliği programının uzaktan eğitime elverişliliğine dair bakış açısı

**Faktör 3:** Uzaktan eğitimde ödev ve projelerin önemine dair bakış açısı

**Faktör 4:** Uzaktan eğitimin verimliliğine dair bakış açısı

**Faktör 5:** Uzaktan eğitimde alınan notların gerçekçi ve adaletli olmasına dair bakış açısı

Faktör analizi sonrasında verilerin normal dağılıma uygunluk durumları incelenmiştir. Örneklem büyüklüğü  $170 > 35$  olduğundan dolayı Kolmogrov Smirnov testi yapılarak verilerin normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle veri analizlerinde parametrik testlerden yararlanılmıştır. Bağımsız değişkenler; cinsiyet (I1), ikamet türü (I2), eğitimini sürdüren kardeş sayısı (I3), ikamet yeri (I4) ve öğrenim görülen sınıf (I5) olarak belirlenmiştir. Faktör analizinden elde edilen açıklayıcı veri grupları da bağımlı değişken olarak ele alınacaktır. I1 ve I2 bağımsız değişkenleri ile kurulan hipotezler, bağımsız örneklem t-testi; I3, I4 ve I5 bağımsız değişkenleri ile kurulan hipotezler ise tek yönlü ANOVA testi ile analiz edilmiştir. Tüm varsayımlar 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiştir.

Tablo 5'te gösterildiği üzere 0,05 anlamlılık düzeyinde ilk bağımsız değişken olan cinsiyetin öğrencilerin bakış açısında anlamlı bir fark yaratmadığı gözlenmiştir (sig.>0.05).

İkinci bağımsız değişken olan ikamet türü incelendiğinde, ikamet türünün 0,05 anlamlılık düzeyinde uzaktan eğitimin psikolojik etkisi (Faktör 1) ve endüstri mühendisliği programının uzaktan eğitime elverişliliğine bakış açısı (Faktör 2) (sig.=0,007; 0,003) üzerinde anlamlı bir fark yarattığı tespit edilmiştir. Tablo 6'ya göre Faktör 1 için aile ile yaşayanlar, Faktör 2 için ise ailesinden ayrı yaşayanlar daha olumlu görüş bildirmiştir. Buna göre, ailesinden ayrı yaşayanlar psikolojik olarak süreçten daha az olumsuz etkilenmiştir.

*Tablo 5. Cinsiyet için bağımsız örneklem t-testi*

Bağımlı Değişken	Cinsiyet	$\bar{X}$	t	Sig. (2-tailed)
Faktör 1	Kadın	1,845	-,528	,598
	Erkek	1,9268		
Faktör 2	Kadın	3,0853	,565	,573
	Erkek	2,9756		
Faktör 4	Kadın	3,2496	,006	,995
	Erkek	3,2488		
Faktör 5	Kadın	3,6279	,180	,857
	Erkek	3,5976		

*Tablo 6. İkamet türü için bağımsız örneklem t-testi*

Bağımlı Değişken	İkamet Türü	$\bar{X}$	t	Sig. (2-tailed)
Faktör 1	Aile ile	1,8013	-2,751	,007
	Aileden ayrı	2,3684		
Faktör 2	Aile ile	3,1457	3,025	,003
	Aileden ayrı	2,3684		
Faktör 4	Aile ile	3,2530	,162	,872
	Aileden ayrı	3,2211		
Faktör 5	Aile ile	3,6490	1,116	,266
	Aileden ayı	3,3947		

Üçüncü bağımsız değişken eğitimini sürdüren kardeş sayısıdır. Tablo 7'ye göre 0,05 anlamlılık düzeyinde (sig.> 0,05) bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Dördüncü bağımsız değişken olan ikamet yeri incelendiğinde Tablo 8'e göre 0,05 anlamlılık düzeyinde bağımlı değişkenler ile ikamet yeri arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (sig.> 0,05).

Tablo 7. Eğitimi sürdüren kardeş sayısı için tek yönlü ANOVA testi

Bağımlı Değişken	Eğitimi sürdüren kardeş sayısı	$\bar{X}$	F	Sig.
Faktör 1	0	1,9565	,702	,552
	1	1,8594		
	2	1,6897		
	3+	1,7500		
Faktör 2	0	3,1014	,527	,665
	1	3,0313		
	2	3,1379		
	3+	2,6250		
Faktör 4	0	3,2754	,113	,952
	1	3,2562		
	2	3,2069		
	3+	3,1250		
Faktör 5	0	3,6739	,539	,656
	1	3,5625		
	2	3,5345		
	3+	3,9375		

Tablo 8. İkamet yeri için tek yönlü ANOVA testi

Bağımlı Değişken	İkamet Yeri	$\bar{X}$	F	Sig.
Faktör 1	Köy	1,7778	,056	,982
	Kasaba	1,9231		
	Şehir	1,8810		
	Büyükşehir	1,8585		
Faktör 2	Köy	3,1111	,338	,798
	Kasaba	2,7692		
	Şehir	3,0952		
	Büyükşehir	3,0755		
Faktör 4	Köy	3,2000	,080	,971
	Kasaba	3,2462		
	Şehir	3,2048		
	Büyükşehir	3,2717		
Faktör 5	Köy	3,5556	,348	,791
	Kasaba	3,6923		
	Şehir	3,5000		
	Büyükşehir	3,6651		

BeŖinci ve son bağımsız deęiŖken öğrenim görülen sınıftır. Tablo 9'a göre 0,05 anlamlılık düzeyinde uzaktan eğitimin psikolojik etkisi (Faktör 1) (sig.=0,048) ile öğrenim görülen sınıf arasında anlamlı bir iliŖki olduğunu tespit edilmiŖtir.

*Tablo 9. Öğrenim görülen sınıf için tek yönlü ANOVA testi*

Bağımlı DeęiŖken	Öğrenim Görülen Sınıf	$\bar{X}$	F	Sig.
Faktör 1	1	1,8810	2,450	,048
	2	1,6765		
	3	1,8333		
	4	1,7273		
	4+	2,3200		
Faktör 2	1	3,0476	2,355	,056
	2	3,0882		
	3	3,0556		
	4	3,4242		
	4+	2,5600		
Faktör 4	1	3,1810	,945	,439
	2	3,3647		
	3	3,2778		
	4	3,3636		
	4+	3,0160		
Faktör 5	1	3,3690	2,417	,051
	2	3,8235		
	3	3,7500		
	4	3,8182		
	4+	3,3200		

## SONUÇ

Tüm dünyada etkisini gösteren COVID-19'la mücadele kapsamında alınan önlemler günlük hayatta bazı deęiŖiklikleri zorunlu kılmıŖtır. Eğitim sektöründe de ciddi önlemler alınmıŖ ve hızlı bir Ŗekilde uzaktan eğitime geçiŖ süreci yaŖanmıŖtır. Günümüzde dijital dönüŖüm hayatın her alanında devam ettiği halde üniversitelerin tümünde uzaktan eğitim için alt yapı yeterli düzeyde değildir. COVID-19 sürecinde de çevrimiçi eğitime hazırlık için yeterli sürenin olması, öğrenci sayılarının fazla olması ve öğrencilerin bireysel koŖulları uzaktan eğitimi olumsuz etkilemiŖtir. Bu çalışmada, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğrencilerinin COVID-19 sürecinden nasıl etkilendikleri ve endüstri mühendisliği programının

uzaktan eğitime elverişliliğine olan bakış açıları demografik özellikleri kapsamında incelenmiştir.

- Demografik verilerin incelenmesi ile katılımcıların %75,9'unun kadın olduğu, %88,8'inin ailesi ile yaşadığı, %40,6'sının eğitimini sürdüren kardeşinin bulunmadığı ve %62,4'ünün büyükşehirde yaşadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.
- Katılımcıların %43,47'sinin dersleri ders kayıt linkinden takip edebildiğinden derslere canlı olarak katılmadıkları, %74,05'inin dersleri kişisel bilgisayarları ile takip ettikleri, %33,24'ünün online ortamın doğasından kaynaklı olarak uzaktan eğitimin olumsuz etkisi olduğunu düşündüğü, %33,68'inin sosyalleşememekten kaynaklı olarak süreçten olumsuz etkiledikleri sonuçlarına ulaşılmıştır.
- COVID-19 sürecinde endüstri mühendisliği programının uzaktan eğitime elverişliliği sorgulandığında katılımcıların %35,9'unun elverişli bulmadığı ve %34,7'sinin ise elverişli bulunduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.
- COVID-19 süreci sonrasında endüstri mühendisliği programının uzaktan eğitime elverişliliği sorgulandığında katılımcıların %58,84'ünün elverişli bulmadığı ve %20,39'unun elverişli bulunduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.
- Öğrencilerin dersleri birebir takip etmeleri ile aldıkları notların gerçekçi olduğunu düşünmeleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.
- Ders materyallerinden yararlanabilme ve konsantrasyon faktörleri ile uzaktan eğitimden verim alma arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, COVID-19 süreci öğrencileri olumsuz etkilese de endüstri mühendisliği programında derslerin sürdürülebildiği söylenebilir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu dersleri kişisel cihazlarından takip edebilmektedirler. Derslere senkron bir şekilde katılmayanların dersleri kayıt linkinden takip ettikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin yalnızca %20'si endüstri mühendisliği programının COVID-19 sürecinden sonra da uzaktan eğitime elverişli olduğunu düşünse de %60'ı bazı derslerin uzaktan eğitime elverişli olduğu görüşündedir. Bu bağlamda eğitimde dijital dönüşüm tamamlandığında uygulamaya yönelik olmayan bazı derslerin çevrimiçi platformlarda verilerek hibrit eğitim sistemlerin

kurulmasının mümkün olduğu söylenebilir. Böylece teorik eğitimle birlikte iş yerlerinde uygulamalı eğitim de yaygınlaşabilir. Lisans döneminde uygulamalı eğitim yaz stajları ile sınırlı kalmayabilir. Kısa vadede ise üniversitelerin gerekli altyapıyı oluşturması, ders materyallerinin uzaktan eğitime uygun şekilde oluşturulması, öğrencilere ihtiyaçları olan teknolojik desteğin verilmesi, sınav güvenliğinin sağlanması ve öğretim üyelerine uzaktan eğitimi aktif şekilde sürdürebilmeleri için gereken teknik desteğin verilmesi sonucunda uzaktan eğitimin kalitesinin artacağı söylenebilir.

## KAYNAKÇA

Albayrak, G. ve Albayrak, M. (2016). Yeni Nesil E-Öğrenme Ortamları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, CİEP Özel Sayı, 1030-1037.

Genç, M.F. ve Gümrükçüoğlu, S. (2020). Koronavirüs (COVID-19) Sürecinde İlahiyat Fakültesi Öğrencilerinin Uzaktan Eğitime Bakışları. *Turkish Studies*, 15(4), 403-422.

Özer Kaya, D. ve Keskin, M. (2020). COVID-19 sürecinde Öğrencilerin Web Tabanlı Uzaktan Eğitime Yönelik Geri Bildirimlerin Değerlendirilmesi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 59-67.

Öztürk, S. ve İliş, B.E. (2020). Koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) küresel salgının, ortaya çıkmasından itibaren meydana gelen önemli olayların kronolojisi. [https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=COVID19\\_kronoloji\\_enformatik\\_by.pdf](https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=COVID19_kronoloji_enformatik_by.pdf) adresinden alınmıştır.

Patır, S. (2009). Faktör Analizi İle Öğretim Üyesi Değerleme Çalışması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 69-86.

Serçemeli, M. ve Kurnaz, E. (2020). COVID-19 Pandemi Döneminde Öğrencilerin Uzaktan Eğitim ve Uzaktan Muhasebe Eğitimine Yönelik Bakış Açıları Üzerinde Bir Araştırma. *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 40-53.

Taşkıran, A. (2017). Dijital Çağda Yükseköğretim. *Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 96-109.

Tekin, E. (2020). COVID-19 Kaygısının Motivasyon Üzerindeki Etkisi: Z Kuşağı Üzerine Bir Araştırma. *Turkish Studies*, 15(4), 1129-1145.

Temizyürek, F. ve Ünlü, N.A. (2015). Dil Öğretiminde Teknolojinin Materyal Olarak Kullanımına Bir Örnek: “Flipped Classroom”. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 64 – 72.

TÜBA, (2020). *Türkiye bilimler akademisi COVID-19 pandemi değerlendirme raporu*. Ankara/Türkiye, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No:34.

Zan, N. ve Zan, B.U. (2020). Koronavirüs ile Acil Durumda Eğitim: Türkiye'nin Farklı Bölgelerinden Uzaktan Eğitim Sistemine Dahil Olan Edebiyat Fakültesi Öğrencilerine Genel Bakış. *Turkish Studies*, 15(4), 1367-1394.

# **COVID-19 Vaka Sayılarının Twitter Verilerine Dayalı Tahmin Modeli**

**İbrahim Sabuncu**

*Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye*  
**(0000-0001-8625-9256)**

**Zeynep Yürek**

*Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye*  
**(0000-0002-0151-0112)**



## **GİRİŞ**

İnternete erişimin kolaylaşmasıyla ve yaygınlaşması ile birlikte sosyal medya pek çok kişinin hayatında önemli bir yer edinmiştir (Diamantini vd., 2019). Twitter, Facebook, Instagram gibi sosyal ağlar, çok sayıdaki kullanıcının gerçek zamanlı görüşlerini içermesi nedeniyle pazarlama zekâsı, tahmin analitiği ve fikir madenciliği araştırmaları için veri kaynağı haline gelmiştir. İnsanların gerçekleşen olaylara ve siyasi konulara verdiği tepki, kullanıcıların negatif, pozitif ruh hallerini içeren metinler, bir ürün hakkında yapılan değerlendirmelerin belirlenmesi ve incelenmesi gibi konular sosyal medya verileri kullanılabilir. Sosyal medya platformlardaki bu veri birikimi sebebiyle, sosyal medya analizi pek çok araştırmacı tarafından tercih edilen bir çalışma haline gelmiştir (Coban vd., 2015).

Sosyal medya analizi, belirlenen bir alan üzerinde gereksinimler dâhilinde veri toplamak, izlemek, analiz etmek ve yorumlamak için geliştirilen bir araştırma yöntemidir (Zeng vd., 2010). Twitter, 328 milyon aktif kullanıcısının olması ve günlük veri akışının hızlı olması sebebiyle, sosyal medya analizi araştırmalarında en çok tercih edilen mikroblog servislerinden birisidir (Williams vd., 2013). İnsanlar başlarından geçen olaylarla, güncel durumlarla veya satın aldıkları ürün, izledikleri film gibi pek çok farklı konuda düşüncelerini Twitter aracılığıyla paylaşmaktadırlar (Aravi ve Zontul, 2014). Bu gibi verilerin analiz edilmesi sayesinde hisse senedi tahmini ( Zhang vd., 2011), öngörülse suçlu tespiti (Mansour, 2018), seçim sonuçları tahmini (Toker vd., 2017), rekabet (He vd., 2015) ve ihtiyaç analizleri (Ragini vd., 2018) gibi çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sosyal medya analizi, yaşanan bir felaket sırasında acil yardım amacıyla kullanılırsa yetkililerin süreci daha etkili yönetebileceklerini savunulmuştur (Ragini vd., 2018). Ortaya atılan bu görüş, benzer şekilde sonuç doğurabilecek küresel salgınlar için sosyal medya analizinin kullanılacağı fikrini akıllara getirmiştir.

Kasım 2019'un ortalarında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan Korona virüs (COVID-19, SARS-CoV2 Enfeksiyonu) salgını tüm dünya ülkelerini etkisi altına almış bulunmakta ve hastalığın yarattığı etkiler halk tarafından endişe ile takip edilmektedir. Bu durum sosyal medya ve internet ortamında kritik düzeyde bilgi birikimi ortaya çıkmasına neden olmuştur ve üzerinde yoğun çalışmaların yapılmasına

gereksinim duyulmaktadır (Ankaralı vd., 2020). Nitekim, sosyal medya aracılığıyla salgın hastalıkların yayılımını izlemek mümkün olursa, salgının ilerlemesi durumunda hazırlıklı olunması ve hızlı karar verilmesi gibi konularda sağlık yetkililerine büyük bir avantaj sağlayabilir.

Bu çalışmada, COVID-19 salgını hakkında yazılan Türkçe tweetler metin madenciliği yöntemleri ile analiz edilip, analiz sonuçlarından faydalanarak makine öğrenmesi algoritmalarıyla gelecekteki vaka sayısının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, korona virüsünün Türkiye’de ortaya çıktığı ilk tarih olan 10 Mart 2020’den başlanarak, COVID-19 bahsi geçen tüm tweetler Twitter API aracılığıyla, RapidMiner Studio yazılımı kullanılarak toplanmıştır. Toplanan tweetlerin içeriğindeki kelimelere göre sınıflandırılması ve analizi yapılmıştır. Analiz edilen tweetler ve vaka sayısına etki etmesi muhtemel diğer verilerin kullanılmasıyla gelecekteki vaka sayıları, makine öğrenmesi algoritmalarıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda, bu verilerin vaka sayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Twitter verilerine ek olarak, pandemi tedbirleri, hava sıcaklığı gibi çeşitli değişkenlerin vaka sayıları üzerindeki etkilerinin incelenmesi bu çalışmayı literatürdeki diğer araştırmalardan farklılaştırmaktadır. Bu çalışmada, Pandemi süreci boyunca uygulanan tedbirlerin vaka sayıları üzerinde nasıl bir etkisi var? Twitter’da paylaşılan hastalık bulguları ile vaka sayıları arasında bir ilişki var mı? Sıcaklığın hastalığın üzerindeki etkisi nedir? sorularının cevapları aranmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda sosyal medya verilerinin kullanışlı olmasının yanı sıra, makine öğrenme algoritmalarının da salgının izlenmesinde faydalı bir araç olup olmadığının cevabı araştırılmıştır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Twitter verilerinin, salgın hastalıklarda vaka sayısını tahmin etmekte kullanılmasıyla ilgili çalışmalar metodolojiyi geliştirmek ve literatürdeki boşlukları tespit etmek amacıyla incelenmiştir. Yapılan araştırmalara bakıldığında, sosyal medya platformları ve özellikle twitter’ın, halk sağlığını ve grip yayılımını izleme çalışmalarında kullanıldığı görülmektedir.

Twitter verilerine dayalı vaka sayısı tahmin edilmesi konusunda tespit edilebilen yapılan ilk çalışma (Chew ve Eysenbach, 2010) 2009’da

gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada Twitter'dan, domuz gribi ile alakalı tweetler toplanarak, içerik analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı, süreç boyunca 'H1N1' ve 'swineflu' terimlerinin kullanımını izlemek, bu tweetlerden bir içerik analizi gerçekleştirerek yetkililere, halkın endişelerine cevap verebilecek bir veri kaynağını sunmak ve Twitter'ın insanların duygularını ve düşüncelerini, takip ettikleri trendleri ve daha fazlasını içeren gerçek zamanlı bir araç olduğunu doğrulamaktır. 'H1N1', 'swineflu' ve 'swine flu' anahtar kelimelerini içeren 2 milyona yakın tweet toplanmıştır. Toplanan veriler 6 farklı içerik olarak gruplandırılmıştır. Yapılan içerik analizi sayesinde paylaşılan tweetler'in çoğunluğu kaynak tabanlı doğru verileri, %5'lik bir kısmının ise yanlış anlaşılma ve uydurma bilgileri içerdiği anlaşılmıştır. Bu çalışma sonucunda, Tweet'lerin sentiment analizi için kullanılabilmesi ve yetkililere halk tarafından dile getirilen endişelerin farkında olunabileceği, hızlı yanıt verilebileceği belirtilmiştir.

Çin'de popüler olan Tencent Weibo adlı Twitter benzeri sosyal medya aracı, İnfluenza yayılımını tespit etmek için kullanılmıştır (Zhang vd., 2014). TencentWeibo platformundan toplanan veri setleri, Destek Vektör Makinesi ve Doğal Dil İşleme metotları kullanılarak sınıflandırılmıştır. Ortaya konan bu çalışma, İnfluenza salgınının ne zaman ve nerede meydana gelebileceğini ön görmek adına sosyal medya verilerinin kullanılabilmesini gösteren bir diğer uygulamadır.

Salgın yönetiminde Twitter verilerinin kullanıldığı bir diğer araştırmada, grip yayılımını izleyebilmek için bir tahmin modeli geliştirilmiştir (Alkouz vd., 2019). Bu model ile gribin yayılımını öngörebilmek için, eş zamanlı olarak Twitter'dan çekilen veriler analiz edilmiştir. Arapça ve İngilizce dilinde atılan tweetler 2 ay boyunca toplanmıştır ve Birleşik Arap Emirlikleri Sağlık Bakanlığında aynı 2 ay için, grip şikâyetiyle yapılan hastane ve sağlık merkezi ziyaret sayılarını içeren veriler alınmıştır. Lineer Regresyon modeli kullanılarak yakın gelecekteki grip şikâyetiyle yapılacak hastane ziyaret sayıları tahmin edilmiştir. Bu tahminlerin sağlık kurumlarına gelecekte oluşabilecek herhangi bir salgın için hazırlıklı olma konusunda fayda sağlayabileceği düşünülmektedir. Yazarlar, sağlık yetkililerine gelecekteki vaka sayılarını tahmin edebilmek için Twitter verilerini kullanmalarını önermiştir.

COVID-19 pandemisi yönetiminde sosyal medya verilerinden faydalanılması konusunda yapılan ilk çalışmalardan biri Kore’de gerçekleştirilmiştir (Park vd., 2020). Bu çalışmada sosyal medyanın COVID-19 pandemisi hakkındaki araştırmalar için kullanılabilecek önemli bir bilgi kaynağı olduğu savunmaktadırlar. Çalışma kapsamında, Twitter’da COVID-19 ile ilgili bilgi aktarım ağları ve haber paylaşım tutumları araştırılmıştır. COVID-19 ile ilişkili tweetler toplanarak şebeke analizi gerçekleştirilmiştir. Tweetler aracılığıyla en çok paylaşılan haberleri sınıflandırıp, farklı kalıplara ayrılan bu haberler ile içerik analizi yürütölmüştür. Dört farklı gruba ayrılan twitter veri seti içerisinde, en hızlı yayılan ve etkileşim alan grubun “coronavirus” ağı olduğu, tıbbi haber içeren tweetlerin tıbbi olmayan tweetlerden daha popöler olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak COVID-19 bahsi geçen herhangi tıbbi içerikli bir haberin, tıbbi olmayan tweet kalıbına göre daha hızlı yayıldığı görölmüştür. Araştırmacılar, sosyal medya şebeke analizinin sağlık yetkililerinin çalışmalarının yerini tutamayacağını, fakat hızlı kararlar almaları gereken durumlarda yardımcı olacağını savunmaktadır.

COVID-19 hakkındaki Twitter mesajlarının içeriklerinin analiz edildiği bir çalışmada (Ordun vd., 2020), tweetlerin bahsettiği konular, ilişkili anahtar kelimeler ve özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca bilgi yayılma hızı ve ağ davranışları incelenmiştir. Vaka yayılımının, sağlık çalışanlarının ve kişisel koruyucu ekipmanlarının (PPE) tartışıldığı 20 farklı konu üzerinden Latent Dirichlet Allocation (LDA) metodu ile konu modelleme çalışması ortaya konmuştur. COVID-19 içerikli bilgilerin twitter’da ne hızla yayıldığını anlayabilmek için retweet süreleri hesaplanmıştır. Son olarak retweet basamaklarını görselleştirerek, retweetleme süresi arttıka örneklerdeki bağlantıların yoğunlaştığı görölmüştür. Yazarlar, daha önce COVID-19 literatüründe bahsedilmeyen konulara makine öğrenimi metotlarıyla katkıda bulduklarını ifade etmişlerdir.

Durumsal bilgilerin halk tarafından dile getirilme şeklini, bu durumsal bilgilerin yetkililer tarafından önlem amaçlı kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek amacıyla, Weibo API kullanarak bir karakterizasyon çalışması ortaya koyulmuştur (Li, L. vd., 2020). Weibo API ile “new coronavirus” ve “unknown pneumonia” anahtar kelimelerini içeren gönderiler toplanmıştır. Veri seti ilk olarak durumsal bilgi içeren ve içermeyen olarak iki gruba, durumsal bilgi

içeren veriler ise yedi gruba ayrılmışlardır. Bunlar; 1) uyarı ve tavsiye, 2) duyurular ve alınan önlemler 3) maddi, ürün veya hizmet yardımları 4) duygusal destek 5) yardım çağrısı 6) endişeler ve eleştiriler 7) söylentileri yalanlamaktır. Bu sınıflandırma ve analiz sonucunda, Weibo gibi sosyal medya araçlarının pandemi yönetiminde önemli bir bilgi kaynağı olduğu gösterilmiştir.

Çeşitli ülkeler için sosyal medya verilerinden faydalanarak vaka sayısı tahmini yapılabildiği görülmüştür. Ancak Türkiye için sosyal medya verilerine dayalı vaka tahmin araştırmaları tespit edilememiştir.

COVID-19 vaka sayılarının tespit edilmesinde, sosyal medya verileri dışındaki verilerden faydalanan araştırmalar da mevcuttur. Örneğin, Türkiye'deki COVID-19 vaka sayılarının tahmini amacıyla istatistiksel yöntemlerden faydalanan araştırmadan bahsedilebilir (Ankaralı vd., 2020). Bu araştırmada, COVID-19 salgınının ülkeler üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak sunulması ve oluşturulan modeller yardımıyla hastalığın seyrinin incelenmesi amacıyla, Covid-19 vaka sayısı en fazla olan 9 ülke (19 Mart itibarıyla) seçilerek hastalığa dair ölçütlerin zamansal dağılımı incelenmiştir. Elde edilen sonuçların Türkiye için yaklaşık tahmin özelliği olacağı belirtilmiştir. Ayrıca belirlenen ölçütlerin (pozitif vaka, kümülatif ölüm sayıları) şehirleşme oranı ve yoğunluğu, yaş gibi faktörler açısından değerlendirilerek aralarındaki ilişki tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, Türkiye'nin 10 günlük süreç boyunca hızlı yayılım gösteren ülkelere benzediği ve 20 Mart tarihinde vaka sayılarının 550 civarında olabileceği tahmin edilmiştir.

Vaka sayılarının tahmini için istatistiksel yöntemlere ek olarak, makine öğrenmesinden de faydalanmak mümkündür. Örneğin, bir araştırmada (Özen vd., 2021) Amerika Birleşik Devletleri'ndeki vaka sayısını tahmin için makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Araştırmada Python ve R programlama dilleri kullanılarak 6 farklı model için tahminleme çalışması gerçekleştirilmiştir ve bu modellerin performansları MAPE, RMSE VE MAE değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Bu araştırmada kullanılan makine öğrenme algoritmaları Prophet, Polinom Regresyon, ARIMA, Doğrusal Regresyon ve Random Forest modelleridir. 21 Ocak 2020 ve 6 Aralık 2020 tarihleri arasında ABD'nin doğrulanmış vaka ve ölüm sayılarını içeren veri seti kullanılmıştır. ABD veri setine uygulanan algoritmalar

içinde belirli oranda kullanılmak üzere ayrılan vaka sayısı ile (test verisi) tahmin edilen vaka sayısının en çok uyum gösterdiği algoritma %1.86 MAPE oranıyla Polinom Regresyon olduğu ifade edilmiştir. Bunu sırasıyla ARIMA, Prophet, Random Forest ve Doğrusal Regresyon algoritmalarının takip ettiği belirtilmiştir.

Onur Seveli ve arkadaşları ortaya koydukları çalışmada zaman serisi verileri ve Prophet modeli yardımıyla dünya genelinde ortaya çıkması muhtemel vakaların sayılarını tahmin etmek için de makine öğrenmesi kullanılmıştır (Seveli ve Başer, 2020). Araştırmada üç ayrı veri grubu için tahminleme amaçlanmıştır. Bunlar; Dünya geneli 22 Ocak – 18 Mart 2020 tarih aralığındaki doğrulanmış COVID-19 vakaları, virüsün sebep olduğu hastalık kaynaklı ölümler ve hastalıktan kurtulan vakalardır. Makine öğrenmesi algoritmalarından Prophet modelinin Python dili modülleri kullanılmıştır. Tahminlenen üç ayrı grubun performansı MAPE üzerinden hesaplanmaktadır. Vaka sayıları tahmininde modelin başarısını değerlendirmek için gerçek ve tahminlenen değerlerin grafiği 15 eş döneme ayrılıp her kesitteki MAPE değeri hesaplanmıştır. Üç vaka türü için de gerçek değerler ile tahmin değerlerinin büyük oranda uyum gösterdiği ifade edilmiştir.

Literatürde tespit edilen çalışmalar, Twitter ve benzeri Tencent Weibo sosyal medya uygulamalarında toplanan verilerin, grip ve COVID-19 benzeri salgınlarda vaka sayısını tahmin etmek, bilgi yayılımını analiz etmek gibi amaçlarla çeşitli ülkelerde kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca makine öğrenmesi ve istatistiksel yöntemlerden faydalanarak gelecekteki vaka sayılarının tahmin edilebileceği görülmektedir. Ancak, hem sosyal medya verileri hem de mevcut vaka sayıları, yönetimin aldığı sokağa çıkma yasağı gibi pandemi tedbirleri veya hava sıcaklığı gibi farklı türde verileri bir arada kullanarak vaka tahmini yapmaya çalışan bir çalışma tespit edilememiştir. Bununla birlikte, Türkiye’deki için COVID-19 vaka sayısının tahmininde sosyal medya verilerinin kullanıldığı bir araştırma literatürde bulunamamıştır. Türkçe tweetler, Türkiye’deki halkın Twitter uygulamasını kullanma şekli diğer ülkelerden farklı olabileceği için, Türkiye’de Twitter verilerinin salgın yayılımını incelemede kullanılıp kullanılmayacağı halen merak konusudur. Ayrıca, Türkiye’de ‘salgınla mücadele kapsamında alınan tedbirler ne kadar etkilidir’ sorusunun da cevabı araştırılmalıdır. Bu çalışmada, belirtilen soruların yanıtlarını vermek, literatürdeki bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlanmak ve salgın

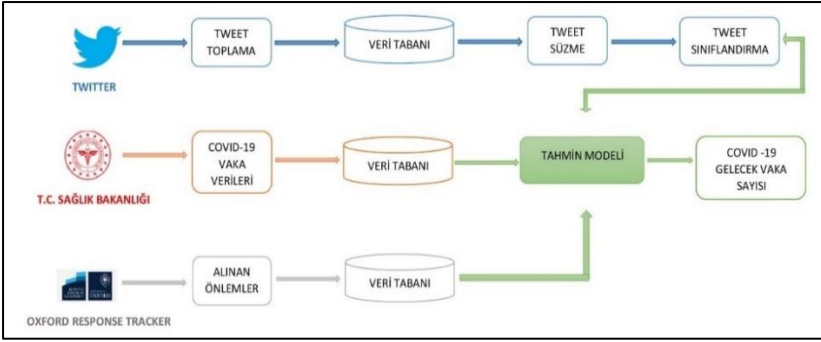
yönetiminden sorumlularına fayda sağlayacak bilgiler edinmek amacıyla, sosyal medya ve diğer ilgili verilerin toplanması ve analizi gerçekleştirilmiştir. Vaka tahmin modelinin başarı oranının artırılması amacıyla, Twitter verilerine ek olarak, geçmiş vaka verileri, sıcaklık değerleri ve karantina uygulamalarını içeren veriler de kullanılmıştır.

## **METODOLOJİ**

Bu çalışmada, sosyal medyadan metin madenciliği uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sosyal medyadan veri toplama işleminin sonunda elde edilen veri setleri makine öğrenme algoritmaları aracılığıyla analiz edilmiştir. Analizler sonucunda aşağıdaki soruların cevapları aranmıştır;

- Twitter Sosyal medya verileri ve pandemi önleme amaçlı tedbirlerin göstergeleri kullanılarak salgın hastalıkların yayılımına dair öngörülebilir mi?
- Twitter, Türkiye'deki sağlık yetkililerinin pandemi sürecini daha iyi yönetmelerini sağlayacak verileri barındırıyor mu?
- Pandemi önleme amaçlı uygulanan kısıtlama tedbirlerinin vaka sayısı üzerindeki etkisi nedir?

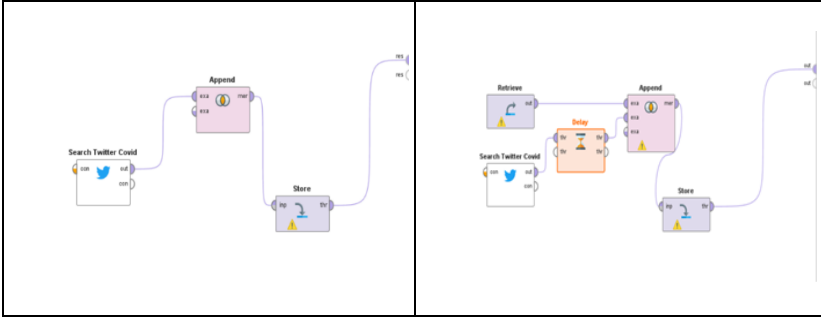
Literatürde, Twitter'ın halk sağlığına dair bilgileri içermesi nedeniyle kullanışlı olduğunu ve bu Twitter verilerinin toplanmasıyla trend olan hastalıkların izlenebileceğini gösteren pek çok çalışma ortaya konmuştur. Türkiye'de sağlık gözetimi yapmak ve hastalık yayılımını izlemek amacıyla sosyal medya çok fazla tercih edilmemiştir. Ayrıca Türk kullanıcıların sosyal medya platformlarını aktif olarak kullanması bu anlamda bir veri kaynağı oluşmasına neden olmuştur. Bu sebeple, 2019 yılının son aylarında ortaya çıkan korona virüs salgını hakkında atılan tweetler vaka sayısını tahmin etme amacıyla kullanılacaktır. Şekil 1'de çalışmanın aşamaları gösterilmektedir. Tweet hasadı süreci salgın boyunca devam ederken, T.C. Sağlık Bakanlığı'nın (T.C. Sağlık Bakanlığı 2020) paylaştığı korona virüsü vaka verileri günlük olarak kaydedilmektedir. Ayrıca, Türkiye Cumhuriyeti'nin pandemi süreci boyunca aldığı kararlar, kısıtlamalar veri tablosuna kaydedilmiştir. Bunlara ek olarak, veri setinde günlük sıcaklık değerlerine de yer verilmiştir. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, elde edilen veriler ile öngörülebilir metotlar kullanılarak vaka sayısı tahmini gerçekleştirilmiştir ve sosyal medya paylaşımlarının vaka sayıları ile ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır.



Şekil 1. Araştırma süreci

### Veri Toplama

Çalışmanın ilk aşaması, Twitter'dan gerçekleştirilen veri madenciliği uygulamasıdır. Twitter ile birlikte makine öğrenme algoritmaları, veri ve metin madenciliği uygulamaları, tahmin analitiği ve iş analizleri gibi çalışmaların gerçekleştirildiği bir program olan RapidMiner Studio kullanılmıştır.



Şekil 2. Veri Toplama Modeli

Twitter verilerine erişebilmek için ilk olarak Twitter API'a bağlanılmıştır. Erişim sağlandıktan sonraki aşamada ise tweet toplama prosesinin modele uygun olacak biçimde hazırlanmasıdır. Öncelikle kullanılan ilk proste 'SearchTwitter' operatörü ile 10 Mart tarihinden itibaren atılan tweetler elde edilmeye başlanmıştır. Tweet hasadı işleminin doğruluğu kesin olan verileri elde etmesi amacıyla anahtar kelimeler #kovid, #COVID, #korona ve #corona olarak belirlenmiştir. Oluşturulan tweet toplama modeli 17 Mart tarihinde çalışmaya başlamıştır, Twitter API tweet toplama sürecinde geçmiş aramalarda 1 haftalık geri tarihe ve her aramada 10,000 tweete izin vermektedir.



Bundan dolayı, Türkiye’de ilk vakanın görüldüğü 10 Mart tarihinden 17 Mart’a kadar günlük maksimum 10,000 veri sayısı mevcuttur. Bundan sonraki süreçte 24 saat çalışacak bir model oluşturulmuştur. Proseste yer alan “delay” operatörü aracılığıyla ile kaç dakikada bir tweet toplama işleminin gerçekleşeceği belirlenir. Modelde tweet toplama işlemi, her 20 dakikada bir 10,000 veri olacak şekilde planlanmıştır. “Retrive” operatörü ile toplanılan veri RapidMiner’in yerel hafızasına kaydedilmiştir. Bu veri tabanı sadece atılan tweetleri değil, tweetlerin atıldığı konum, tarih, kullanıcı adı gibi verileri de içermektedir. Veri setinde (Sabuncu ve Yurek, 2020), “Created-At”, “id number”, “user name”, “user id”, “language”, “source”, “geo-location”, “text”, “retweet counts” ve “tweet id number” sütunları bulunmaktadır. Araştırmada ihtiyaç duyulan “created-at”, “text” ve “tweet id” sütunlarıdır. Elde edilen bu veri seti RapidMiner TurboPrep aracılığıyla süzölmüştür. Süzme işleminin amacı, milyonlarca tweet içeren bu veri setinin tahmin modelinde ihtiyaç duyulacak metinlerin ayıklanmasını sağlamaktır. Her 20 dakikada muhtemelen 10,000 tweetten daha az atıldığı için Twitter API’nin her tweete özgü tayan ettiği ID numaralarına göre tekrar eden veriler temizlenmiştir. Bahsedilen bu model 6 Aralık 2020 tarihine kadar devam ettirilmiştir ve şu anda veri tabanında 10 milyondan fazla tweet bulunmaktadır.

Eş zamanlı olarak, T.C. Sağlık Bakanlığı’nın günlük açıkladığı korona virüsü vaka verileri Excel tablosuna kaydedilmiştir. Tabloda, toplam vaka, günlük vaka, toplam ölüm, toplam ve günlük iyileşen sayıları, toplam test, günlük test ve yoğun bakımda bulunan hasta sayıları mevcuttur. Ayrıca, 10 Mart tarihinden itibaren günlük sıcaklık değerleri, vaka sayısı üzerinde bir etkisi olup olmadığını araştırmak amacıyla tabloya eklenmiştir.

Son olarak, tahmin modelinde kullanılacak olan tabloya Türkiye’nin pandemi sürecinde aldığı kararlar ve uygulamaların sayısallaştırılmış verileri eklenmiştir. Bu veriler için Oxford COVID-19 Government Response Tracker (University of Oxford, 2020) kullanılmıştır. Bu veri setinde 180 farklı ülkenin, okulların kapanması, seyahat kısıtlamaları, toplu taşıma kuralları gibi hükümetlerin salgına yanıt vermek adına uyguladığı 18 farklı kısıtlama ve tarihleri yer almaktadır. Bu endeksteki kısıtlamalarla ilgili değerlerin ne anlama geldiği Tablo 1’de açıklanmıştır.

*Tablo 1. Oxford COVID-19 Index (University of Oxford, 2020)  
Kısıtlama Değerlerinin Anlamları*

<b>ALINAN ÖNLEM</b>	<b>ÖLÇÜM DEğERİ</b>
Okulların Kapatılması	0-önlem yok, 1-kapatılmasının önerilmesi, 2-belirlenen seviyeler için kapatılması, 3-okulların tamamen kapatılması
İşyerlerinin Kapatılması	0-önlem yok, 1-evden çalışma önerisi, 2-belirlenen sektörler için kapatılması, 3-tamamen kapatılması (market, fırın hariç)
Toplu Etkinliklerin İptali	0-önlem yok, 1-iptal önerisi, 2-tamamen iptal edilmesi
Toplu Taşımanın Kapatılması	0-önlem yok, 1-sefer sayılarının azaltılması, 2-toplu ulaşımın engellenmesi
Sokağa Çıkma Yasağı	0-önlem yok, 1-evden çıkmama önerisi, 2-ihyaç dışında sokağa çıkmama, 3-sokağa çıkma yasağı
Seyahat Kontrolleri	0-önlem yok, 1-gelişleri ayırmak, 2-karantina gelişleri, 3-belirli bölgelerden seyahat yasağı, 4-sınırların tamamen kapatılması
Test Politikaları	0-kural yok, 1- sadece semptom belirten belli grup çalışanlara, 2- semptomu olan kişilere, 3-test yaptırmak isteyen herkese

Oxford COVID-19 Government Response Tracker (University of Oxford, 2020) verileriyle, T.C.'nin karantina sürecinde gerçekleştirdiği kısıtlamaların; sokağa çıkma, toplu alanlarda buluşma, okula gitme gibi, günlük vaka sayısı üzerinde ne gibi bir etkisi olduğu araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler; okulların kapatılması, işyerlerinin ve toplu taşımanın kapatılması, sokağa çıkma yasağı, seyahat kontrolü, test politikaları, hükümet yanıt endeksi, ekonomik destek endeksi olmak üzere toplam 9 farklı gösterge olarak kaydedilmiştir.

### **Veri Filtreleme**

Twitter'dan elde edilen 10 milyonluk veri setini filtrelemek amacıyla TurboPrep modeli kullanılmıştır. Rapidminer TurboPrep operatörü ham verilerin işlenmesine, tahmin modelinde kullanılacak şekilde

hazırlanmasına olanak sağlar. Bu operatörün 5 farklı fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar; verilerin aralık veya filtre verilerek değiştirilebildiği Transform fonksiyonu, eksik olan tekrar eden verilerin temizlenmesini sağlayan Cleanse fonksiyonu, matematiksel işlemlere veya mantıksal bağlamlara göre yeni veri sütunlarının oluşturulabildiği Generate fonksiyonu, özet tabloların oluşturabildiği Pivot ve iki ayrı veri setinin birleştirilmesini sağlayan Merge Fonksiyonu olarak gruplandırılmıştır. Verilerin işlenmesi aşamasında “Cleanse”, “Generate”, “Merge” ve “Transform” fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Veri filtreleme aşamasında ilk olarak Cleanse fonksiyonu aracılığıyla, tekrar eden tweetlerin fazla sayıda bulunması nedeniyle, her tweete özgü “id number” seçilerek mükerrer tweetler elenmiştir. İlerleyen adımlarda tekrar eden tweetlerden temizlenmiş olan bu veri seti üzerinden diğer süzme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Sonraki aşamada, Twitter kullanıcılarının COVID-19 bahsi geçen gönderilerinde hastalıkla ilgili bulgulara ulaşabilmek adına metinlerden belirlenen anahtar kelimelerin süzülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, elde edilen veri seti RapidMiner TurboPrep’e yüklenerek filtreleme aşamasına başlanmıştır. Anahtar kelimelerin, kullanıcıların Twitter’da şikâyetlerinden veya belirtilerinden bahsetmiş olabileceği şekilde belirlenmesi bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Sarker ve arkadaşlarının (Sarker vd., 2020) çalışmasında COVID-19 belirtileri ile ilgili bahsi geçen Fever(ateş), Cough(öksürük), Dyspnea(nefes darlığı), Body ache(vücut ağrısı), Fatigue(yorgunluk), Headache(baş ağrısı), Ageusia(tat alamama) ve Anosmia(koku almama) semptomlarla ilgili kelimeleri içeren Türkçe tweetler filtrelenmiştir. Filtreleme işlemi için veri setindeki Text sütunu seçilip Generate fonksiyonu kullanılmıştır. Generate fonksiyonu aracılığıyla bir anahtar kelimeye ait diğer versiyonlar da eklenmiştir. Örneğin Tat alamama anahtar kelimesinin altında “tat alamıyorum, tat almadım, tadı gitti, tat yok” gibi farklı söylemler de filtrelemeye dahil edilmiştir. 8 ayrı anahtar kelime için anlatılan şekilde tweetler ayıklandıktan sonra “Symptom içerikli Tweetler” olarak veri tabanına ayrı bir sütun olarak kaydedilmiştir.

TurboPrep Generate modülünde yapılan bu tweet filtreleme aŖamasının sonucunda iki ayrı veri seti elde edilmiŖtir. Semptomların süzülmesinden önce veri tabanında yer alan COVID-19 bahisli tweetler “Tweet Sayısı” olarak tahmin modelinde kullanılmıŖtır. Semptomlar filtrelendikten sonra tahmin modelinde kullanmak için “semptom içerikli tweet sayıları” günlük olarak veri tablosuna kaydedilmiŖtir. Bu verilere ek olarak, sosyal medyada pandemi sürecine duyulan ilgiyi ve yoğunluğu inceleyebilmek için günlük RT sayıları tahmin modeline dâhil edilmiŖtir. RT sayılarının belirlenmesinde ise Cleanse fonksiyonu kullanılarak RT içermeyen tüm textler silinerek RT sayıları adında yeni bir veri seti oluŖturulmuŖtur. Özetle verilerin filtrelenmesi aŖamasında üç farklı veri seti Tweet Sayıları, Semptom Tweet Sayıları ve RT sayıları kaydedilmiŖtir.

### ***Analiz***

Analiz aŖamasında Rapidminer arabirim sağlayıcılarından biri olan Automodel kullanılmıŖtır. Analizde kullanılan veri seti yukarıda bahsedilen bilgileri içeren toplam 23 sütundan oluŖmaktadır. Günlük vaka sayıları bağımlı, toplam vaka, toplam ölüm, iyileŖen, tweet ve rt sayıları, günlük sıcaklık ve kısıtlamalar ise bağımsız deęiŖken olarak belirlenmiŖtir. RapidMiner veri madenciliği yazılımı AutoModel arayüzü kullanılarak altı farklı algoritma ile vaka sayısı tahmin modeli oluŖturulmaya çalıŖılmıŖtır. Bu algoritmalar, Generalized Linear Model (GLM), Deep Learning (DL), Decision Tree (DT), Random Forest (RF), Gradient Boosted Tree (GBT), Support Vector Machine (SVM) olarak belirlenmiŖtir. Belirlenen bu altı farklı tahmin modeli için, Ortalama Karekök Sapması, Ortalama Mutlak Hata, YaklaŖım Hatası, Ortalama Hata Karesi değerleri de karŖılaŖtırılmıŖtır.

### **BULGULAR**

ÇalıŖmanın amacı, Twitter üzerinden elde edilen sosyal medya verileri ile vaka sayısı öngörülebilir mi sorusuna cevap aramaktır. Bu anlamda toplanan tweetler ve sonuçlar üzerinde etkisi olduğu düşünölen hükümet tarafından konulan kısıtlamalar, ayrıca en önemlisi Sağlık Bakanlığının paylaŖtıęı geçmiŖ vaka sayıları tahmin modellerinde yer almıŖtır.

Veri setinde yer alan 23 sütundan, COVID-19 günlük vaka sayısı bağımlı değişken, diğerleri ise vaka sayısı üzerinde etkisi olduğu düşünülen bağımsız değişkenlerden oluştuğu dile getirilmiştir. Bu 23 değişkenin 10 Mart-12 Aralık 2020 tarihleri arasındaki değerleri yapay zekaya dayalı altı farklı tahmin modelinde öğrenme verisi olarak kullanılmıştır. Modellerin doğruluğunu test için ise 12 Aralık sonrasındaki 1 haftalık vaka sayıları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin sonuçları Tablo 2’de hata oranları ise Tablo 3’de verilmiştir.

*Tablo 2 Vaka Sayısı Tahminleri*

HAFTALIK TAHMİN SONUÇLARI							
TARİH	GBT	RF	DL	DT	GLM	SVM	Gerçek Vaka Sayıları
13 Aralık	5049	5002	4807	4343	5169	5048	5103
14 Aralık	5053	4988	5250	4343	5099	5133	5064
15 Aralık	5048	5049	4437	4343	4843	4505	5105
16 Aralık	5049	5030	4461	4343	4793	4488	4893
17 Aralık	5728	5462	5334	5920	5607	4241	4209
18 Aralık	5034	4993	5321	4343	4589	4159	4103
19 Aralık	5039	4984	5318	4343	4571	4156	4002

Rapidminer automodel uygulaması ile tahmin modelinde kullanılan algoritmaların, göreceli hata hesabı yapılmıştır. Göreceli hata hesabına göre başarılı olan modeldeki değişkenlerin sonuçlar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Tablo 3 Yüzde Hata Değerleri

Model	Göreceli Yüzde Hata	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
GLM	12,9	9,77
DL	16,0	17,24
DT	9,7	15,76
RF	7,7	11,91
GBT	6,9	12,89
SVM	11,2	4,06

Ek olarak, her modelin tahmin sonuçları kullanılarak Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) hesabı yapılmıştır. Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE), gerçek değerlerle tahmin edilmiş değerler arasındaki hatayı yüzdelik olarak temsil eden hata metrikidir. Regresyon ve zaman serileri modellerinde doğruluğu ölçmek için ortalama mutlak yüzde hata sıkça kullanılmaktadır. Gerçek değerler arasında “0” değerleri varsa, 0 ile bölünme olmayacağı için MAPE’nin hesaplanması mümkün değildir (Özen vd., 2021).

Bu yüzde hata hesabına göre gerçek vaka sayısına en yakın tahmin sonucunu veren Support Vector Machine (SVM) algoritmasıdır ve hata yüzde 4,06 değerindedir. SVM algoritması Rapidminer veri madenciliği yazılımında oluşturulan tahmin modelinde gelecekte vaka sayısını tahmin etmekte başarılı olmuştur.

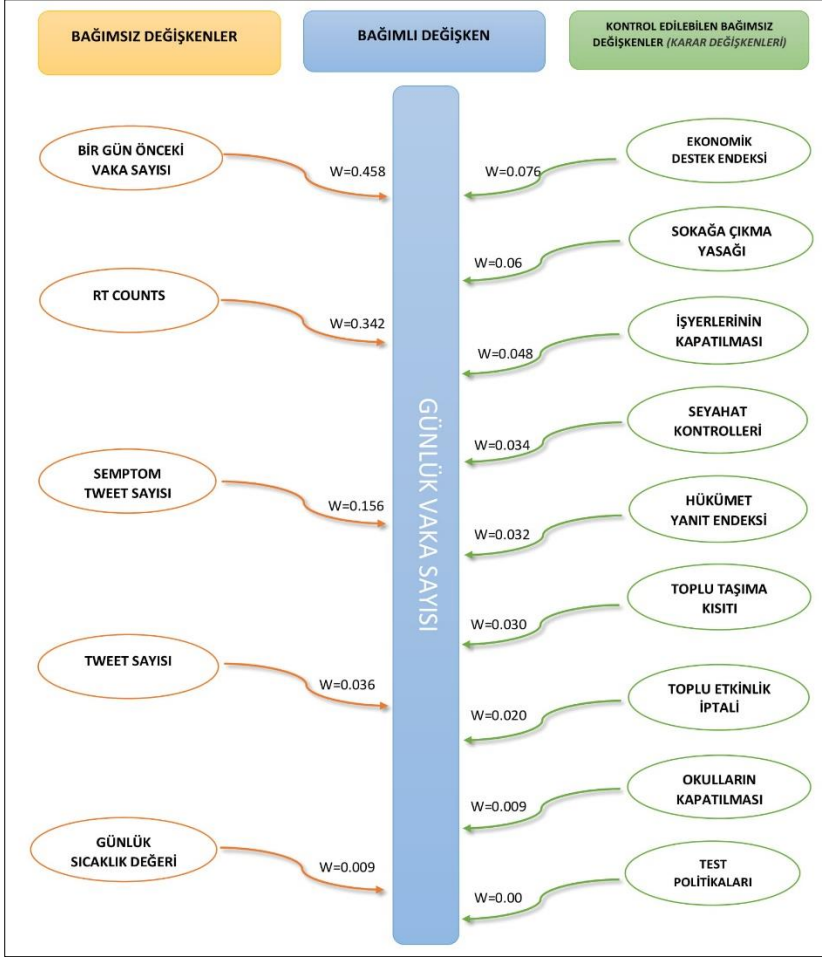
$$MAPE = 100 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y_i'| / y_i$$

$y_i$  : Gerçek değer ;  $y_i'$  :Tahmin edilen değer ;  $n$  : gözlem sayısı

Göreceli yüzde hata hesabına göre Gradient Boosted Trees (GBT) algoritması en iyi sonucu vermiştir. Bu sebeple değişkenlerin vaka sayısı üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi amacıyla bu modelden faydalanılmıştır. Şekil 3’de GBT modelindeki değişkenler ve ağırlıkları verilmiştir. Ağırlıklar, “W” sembolü ile gösterilmiş olup, iki değişken arasındaki bağlantının gücünü ifade eder. Başka bir deyişle, bir ağırlık girdinin çıktı üzerinde ne kadar etkisi olacağını gösterir.

GBT modelindeki değişkenlerin vaka sayısı üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi için RapidMiner Simulator operatörü kullanılmıştır. Bu operatör bir modeldeki girdileri değiştirerek sonucun nasıl değiştini

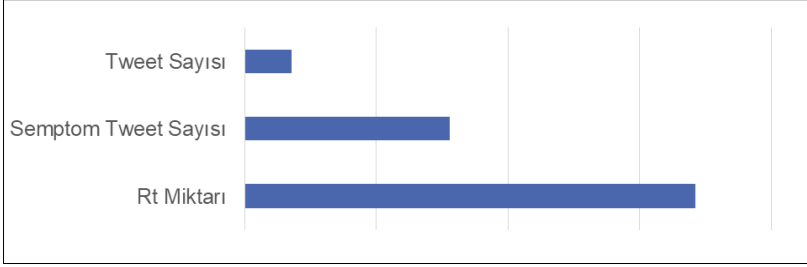
görmeyi sağlar. Kullanıcılar tüm bağımlı değişkenleri değiştirirken, bağımsız değişkenler gerçek zamanlı olarak hesaplanır ve görüntülenir.



Şekil 3. Araştırma değişkenleri ve ağırlıkları

İlk olarak, Twitter'dan elde edilen günlük tweet sayısı, semptom tweet sayısı ve rt sayılarının günlük tahmin sonuçlarıyla arasındaki ilişki kontrol edilmiştir. Şekil 4'de günlük vaka sayılarını ve tweet/rt sayılarını gösteren grafikler yer almaktadır. Şekillerde 10 Mart 2020 tarihinden 6 Aralık 2020 tarihine kadar olan veriler gösterilmektedir.

Semptom tweet sayısının modeldeki ağırlığı 0.156 olarak bulunmuŖtur, bu değer arttığında günlük vaka sayısında artıŖ olduğu gözlemlenmiŖtir. Günlük Tweet sayısının ağırlığı 0.036 olarak kaydedilmiŖtir ve veri değerinde yapılan deęiŖiklik, günlük vaka sayısı tahmin sonuçlarındaki az da olsa pozitif bir etki yaratmaktadır. RT sayılarının ağırlığı kontrol edildiğinde 0.342 sonucu grlmektedir ve rt sayısı maksimuma yaklaŖırken, sonuçlar da aynı yönde artmaktadır.



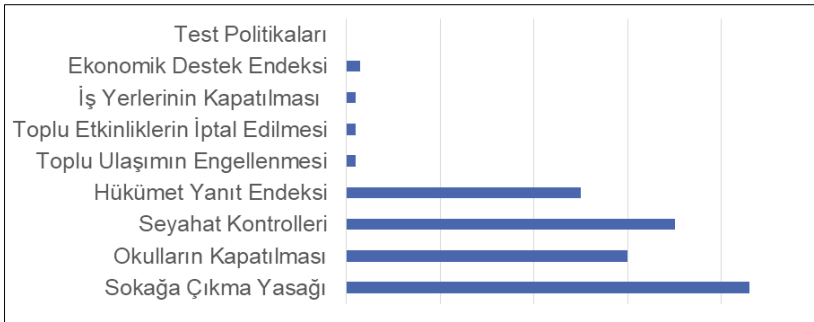
Ŗekil 4. Twitter verilerinin vaka sayıları üzerindeki etki seviyeleri

Vaka sayısı üzerindeki etkisi yoğun olarak tartıŖılan sıcaklık deęiŖkeni de incelenmiŖtir. Sıcaklık parametresinin modeldeki ağırlığı 0.009 değerindedir. Tahmin sonuçlarındaki etkisine bakıldığında, sıcaklık değeri dŖtęnde vaka sayısının arttığı, yükseldiği zamanlarda ise azaldığı grlmŖtir.

Oxford Index'den (University of Oxford, 2020) alınan nominal kısıtlama verileri için 0, 1, 2, 3, 4 rakamları kullanılmıŖtır. Bu rakamların ne anlama geldiği Tablo 1'de yer almaktadır. Kısıtlamaların vaka sayısı üzerindeki etki düzeyleri Ŗekil 5'de verilmiŖtir. Sokağa ıkma yasağının vaka sayısı tahmin sonuçlarındaki etkisi en yüksek olup, ağırlığı 0.06 olarak grlmŖtir ve kısıtlama değeri dŖrldęnde (yasak olmadığında) vaka sayısı tahmin sonucunda artıŖ gözlemlenmiŖtir. İkinci kısıtlama okulların kapanmasıdır ve ağırlığı 0.009'dur. Kısıtlama değeri üzerinde yapılan deęiŖiklik sonucunda, okullar açıkken tahminlenen vaka sayısı artmıŖtır. Uluslararası seyahat kontrolünün serbest olması halinde tahmin sonucunda artıŖ gözlenirken, tamamen yasak olması durumunda sonuçta dŖŖ gözlenmiŖtir. Bu kısıtlamanın ağırlığı 0.034



değerindedir. İncelenen diğer parametre Overall Government Response Index (Genel Hükümet Tepki Endeksi)'dir (University of Oxford, 2020) ve pandemi sürecinde hükümetin tüm göstergeler üzerinden nasıl değiştiğini, daha güçlü veya daha zayıf hale geldiğini kaydeder. Bu parametre değeri arttığında yani hükümet pozitif bir değişim gösterdiğinde, vaka sayısı tahmin sonuçlarında azalış görülmektedir. Bu parametrenin ağırlığı 0.032 olarak kaydedilmiştir. İşyerlerinin kapanması uygulamasının modeldeki ağırlığı 0.048 olarak bulunmuştur, fakat kısıtlama uygulandığında ve uygulanmadığında vaka sayısı sonucu üzerinde bir değişikliğe yol açmamıştır. Toplu taşıma kısıtı ağırlığının 0.030 olduğu görülmüştür. Toplu taşıma kullanımı ülkemizde tamamen yasaklanmamıştır, fakat pandemiye yönelik sefer sayılarıyla ilgili düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Alınan önlemler artırıldığında ise, vaka sayısı üzerinde herhangi bir etki yaratmamaktadır. Ekonomik yanıt endeksi parametresinin ağırlığı 0.076 olarak görülmesine rağmen sonuçlar üzerindeki etkisi çok düşüktür.



Şekil 5. Pandemi önleme tedbirlerinin vaka sayıları üzerindeki etki seviyeleri

## TARTIŞMA

Her gün sosyal medya aracılığıyla kullanıcıların COVID-19 pandemisi hakkındaki şikâyetlerinden bahsettiği ve insanların sağlıklarıyla ilgili araştırma yapmak için interneti giderek daha fazla kullandığı görülmektedir (Schmidt, 2012; Zhao ve Zhang, 2017). İnternetteki bu bilgi yayılımı insanların davranışlarını güçlü bir şekilde etkileyebilir ve hükümetler tarafından verilen pandemi karşıtı önlemlerin etkinliğini

değiŖtirebilir. Bu bağlamda, virüs yayılmasını tahmin eden modeller, halkın halk sağlığı müdahalelerinin ve içerik tüketiminin davranıŖsal tepkisini hesaba katmalıdır (Kim vd., 2019; Shaman vd., 2013). BulaŖıcı hastalıklarla ilgili erken bilgilerin sosyal medya aracılığıyla elde edilmesinin, hastalık kontrolü ve önleme ile ilgili kararlar alırken yararlı olacağı düşünölmektedir (Li, C. vd., 2020). Bu sebeplerden dolayı ortaya koyulan bu çalıŖmada insanların COVID-19 pandemisi hakkında paylaŖtıkları tweetlerden yararlanarak virüs yayılımını öngörölmeye çalıŖılmıŖtır. alıŖmada Twitter'dan elde edilen kullanıcıların kendi semptomlarından bahsettiği tweet sayıları, günlük RT sayıları ve günlük atılan toplam tweetlerin sayıları kullanılmıŖtır. GerekleŖtirilen model yardımıyla bu üç parametre ile günlük vaka sayıları arasında bir bağlantı olduğu görölmüŖtür. Elde edilen sonuçlar sayesinde, Türkiye'deki twitter kullanıcılarının vaka sayısındaki artış azalışlar doğrultusunda tepki verdiği ve kendi hastalık belirtilerini sosyal medya aracılığıyla paylaŖtıđı tespit edilmiŖtir. Bu veriler COVID-19 küresel salgınının hala halk tarafından yoğun bir ilgiye sahip olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Bu alıŖmanın bulguları, literatürdeki bulgular ile benzer sonuç göstermektedir. Nitekim Twitter veya farklı mikroblog servisler kullanılarak yapılan, sosyal medyanın küresel salgınlar hakkında yoğun bir bilgi içeriğine sahip olduğunu gösteren pek çok çalıŖma ortaya konmuŖtur. C. Li ve arkadaşları (2020), corona virüs salgını hakkında yaptıkları sosyal medya araŖtırması sayesinde, sosyal medyadaki gönderi ve arama sayılarının vaka sayıları ile iliŖkili olduğunu belirtmiŖtir. Ayrıca Lei Qin ve arkadaşlarının araŖtırmasında (Qin vd., 2020) grip mevsimi boyunca grip benzeri hastalıklarla ilgili tweet ve arama sayısının arttığı gözlemlenmiŖtir. Bu sonuçlar ışığında, sosyal medyanın sağlık, hastalık yayılımı ve hastalık izleme gibi konularda verimli bir veri kaynağı olduğu göröŖüne varılmıŖtır.

Ölkeler COVID-19 salgınının etkilerini yavaŖlatmak için sokağa çıkma yasağı, okullarda eğitime ara ve evden çalıŖma gibi sıkı kısıtlamalar almıŖlardır (Atalan, 2020). Bu alıŖmada konulan bu kısıtlamaların vaka sayısı üzerindeki etkileri de incelenmiŖtir. Elde edilen sonuçlarda, alınan önlemlerden bazılarının günlük vaka sayısı üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görölmüŖtür. Sokağa ıkma yasağı, okulların

kapatılması, uluslararası seyahat uçuşlarının engellenmesi önlemleri arttırıldığında vaka sayısı tahmininde azalma gerçekleşmiştir. Ayrıca, hükümetin salgına yanıt endeksi değeri arttırıldığında vaka sayısı miktarında azalış meydana gelmiştir. İş yerlerinin kapatılması kararının, modelde vaka sayısı üzerinde bir değişikliğe yol açmadığına değinilmiştir. Toplu etkinliklerin iptal edilmesi ve test politikaları, ekonomik yardım endeksi parametrelerinin de vakaları azaltmada anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı tespit edilmiştir.

Atalan (2020)'ın ortaya koyduğu çalışmada, karantina uygulanmasının vaka sayıları üzerinde güçlü bir korelasyona sahip olduğu vurgulanmaktadır. Diğer bir çalışmada (Ray vd., 2020) korona virüs vaka sayılarının karantina politikaları uygulanırken düşük, hiçbir müdahale yok iken daha yüksek olduğu görülmüştür. Tüm bu verilerden sonuçla, hükümetin aldığı kararların salgının yayılma hızını etkileyebileceği görülmüştür. Ayrıca, makine öğrenme algoritmalarının alınan kararların etkisini incelemekte başarılı sonuç verdiği ve salgın süresi boyunca yetkililer tarafından kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Sıcaklığın virüs üzerindeki etkileri pandeminin ilk günlerinden itibaren tartışılmaktadır. Sıcaklığın virüsün hayatta kalmasında önemli bir faktör olduğuna inanılmasına rağmen (Pawar vd., 2020) sıcaklık değişimi ile onaylanan vaka sayısı, iyileşen hasta veya onaylanan ölüm sayıları arasında önemli bir korelasyon görülemediği belirtilmiştir (Pawar vd., 2020). Ancak, bu çalışmayla sıcaklık faktörü ile vaka sayısı arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın amaçlarından biri de makine öğrenme algoritmaları ve sosyal medya verileri sayesinde vaka sayısı öngörülebilir mi sorusuna cevap aramaktı. Araştırma sonucunda Support Vector Machine algoritmasının %4 lük bir hata oranı ile bir haftalık vaka sayılarını öngördüğü belirlenmiştir.

## **SONUÇ**

Elde edilen bulgular, makine öğrenmesi metotlarının ve sosyal medya verilerinin salgının yayılımını öngörmede faydalı bir araç olduğunu kanıtlar niteliktedir. Sağlık yetkilileri, insanların sosyal medyada dile getirdiği düşünceleri ve endişelerini dikkate alarak halkın isteklerine ve ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verebilecektir. Ayrıca alınan

kararların etkilerinin makine öğrenmesi metotlarıyla incelenmesi pandemi sürecinin daha iyi yönetilebilmesi adına büyük bir avantaj sağlayabilir. Vaka sayısını öngörme adına gerçekleştirilen bu uygulamanın geliştirilerek, küresel salgınların daha iyi yönetilmesinde ve karar verme süreçlerinin hızlanmasında büyük bir rol oynayacağına inanılmaktadır.

## KAYNAKÇA

Alkouz, B., Aghbari, Z. Al ve Abawajy, J. H. (2019). Tweetluenza: Predicting flu trends from twitter data. *Big Data Mining and Analytics*, 2(4), 273–287. <https://doi.org/10.26599/bdma.2019.9020012>

Ankaralı, H., Ankaralı, S. ve Eraslan, N. (2020). COVID-19, Sars-Cov2, Infection: Current Epidemiological Analysis and Modeling Of Disease. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(Supplement 1), 1–22. <https://doi.org/10.21673/anadoluklin.707038>

Aravi, G. ve Zontul, M. (2014). *Metin Madenciliği ile Sosyal Medya Analizi Yüksek Lisans Tezi*. İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ.

Atalan, A. (2020). Is the lockdown important to prevent the COVID-19 pandemic? Effects on psychology, environment and economy-perspective. *Annals of Medicine and Surgery*, 56, 38–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.06.010>

Chew, C. ve Eysenbach, G. (2010). Pandemics in the age of Twitter: Content analysis of tweets during the 2009 H1N1 outbreak. *PLoS ONE*, 5(11), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014118>

Coban, O., Ozyer, B. ve Ozyer, G. T. (2015). Türkçe Twitter Mesajlarının Duygu Analizi. *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2015 - Proceedings, July*, 2388–2391. <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7130362>

Diamantini, C., Mircoli, A., Potena, D. ve Storti, E. (2019). Social information discovery enhanced by sentiment analysis techniques. *Future Generation Computer Systems*, 95, 816–828. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2018.01.051>

He, W., Wu, H., Yan, G., Akula, V. ve Shen, J. (2015). A novel social media competitive analytics framework with sentiment benchmarks. *Information & Management*, 52(7), 801–812. <https://doi.org/10.1016/J.IM.2015.04.006>

Kim, L., Fast, S. ve Markuzon, N. (2019). Incorporating media data into a model of infectious disease transmission. *PLoS ONE*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197646>

Li, C., Chen, L. J., Chen, X., Zhang, M., Pang, C. P. ve Chen, H. (2020). Retrospective analysis of the possibility of predicting the COVID-19 outbreak from Internet searches and social media data, China, 2020. *Eurosurveillance*, 25(10), 1–5. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.10.2000199>

Li, L., Zhang, Q., Wang, X., Zhang, J., Wang, T., Gao, T. L., Duan, W., Tsoi, K. K. F. ve Wang, F. Y. (2020). Characterizing the Propagation of Situational Information in Social Media during COVID-19 Epidemic: A Case Study on Weibo. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 7(2), 556–562. <https://doi.org/10.1109/TCSS.2020.2980007>

Mansour, S. (2018). Social media analysis of user's responses to terrorism using sentiment analysis and text mining. *Procedia Computer Science*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.297>

Ordun, C., Purushotham, S. ve Raff, E. (2020). Exploratory analysis of COVID-19 tweets using topic modeling, umap, and digraphs. *arXiv preprint arXiv:2005.03082*, March. <http://arxiv.org/abs/2005.03082>

Özen, N. S., Saraç, S. ve Koyuncu, M. (2021). COVID-19 Vakalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahmini: Amerika Birleşik Devletleri Örneği. *European Journal of Science and Technology*, 22, 134–139. <https://doi.org/10.31590/ejosat.855113>

Park, H. W., Park, S. ve Chong, M. (2020). Conversations and Medical News Frames on Twitter: Infodemiological Study on COVID-19 in South Korea. *Journal of Medical Internet Research*, 22(5), e18897. <https://doi.org/10.2196/18897>

Pawar, S., Stanam, A., Chaudhari, M. ve Rayudu, D. (2020). Effects of temperature on COVID-19 transmission. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20044461>

Qin, L., Sun, Q., Wang, Y., Wu, K. F., Chen, M., Shia, B. C. ve Wu, S. Y. (2020). Prediction of number of cases of 2019 novel coronavirus (COVID-19) using social media search index. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph17072365>

Ragini, J. R., Anand, P. M. R. ve Bhaskar, V. (2018). Big data analytics for disaster response and recovery through sentiment analysis. *International Journal of Information Management*, 42, 13–24. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2018.05.004>

Ray, D., Salvatore, M., Bhattacharyya, R., Wang, L., Mohammed, S., Purkayastha, S., Halder, A., Rix, A., Kleinsasser, M., Zhou, Y., Bose, D. ve

Song, P. (2020). Predictions, Role of Interventions and Effects of a Historic National Lockdown in India's Response to the the COVID-19 Pandemic: Data Science Call to Arms. *Harvard Data Science Review*, 2020(Suppl 1), 1–45. <https://doi.org/10.1162/99608f92.60e08ed5>

Sabuncu, I. ve Yurek, Z. (2020). *Corona Virus (COVID-19) Turkish Tweets Dataset*. IEEE Dataport. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21227/0wf0-0792>

Sarker, A., Lakamana, S., Hogg-bremer, W., Xie, A., Al-garadi, M. A. ve Yang, Y. (2020). Self-reported COVID-19 symptoms on Twitter: an analysis and a research resource. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(July), 1310–1315. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa116>

Schmidt, C. W. (2012). Trending Now: Using Social Media to Predict and Track Disease Outbreaks. *Environmental Health Perspectives*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1289/ehp.120-a30>

Sevli, O. ve BaŖer, V. G. (2020). COVID-19 Salgınına Yönelik Zaman Serisi Verileri ile Prophet Model Kullanarak Makine Öğrenmesi Temelli Vaka Tahminlemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 827–835.

Shaman, J., Karspeck, A., Yang, W., Tamerius, J. ve Lipsitch, M. (2013). Real-time influenza forecasts during the 2012–2013 season. *Nature Communications*.

T.C. Sağlık Bakanlığı COVID-19 Bilgilendirme Platformu(2020). (2020). <https://COVID19.Saglik.Gov.Tr/>. <https://COVID19.saglik.gov.tr/>

Toker, H., Erdem, S. ve ÖzŖarлак, P. (2017). 2015 Haziran ve Kasım Seçimlerinde Siyasal Eğilim: Yeni Bir Kamuoyu Ölçümleme Aracı Olarak Twitter. *Erciyes İletişim Dergisi*, 5(1), 96–116. <https://doi.org/10.17680/erciyesakademia.291888>

University of Oxford. (2020). *Coronavirus Government Response Tracker | Blavatnik School of Government*. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/coronavirus-government-response-tracker>

Williams, S. A., Terras, M. M. ve Warwick, C. (2013). What do people study when they study Twitter? Classifying Twitter related academic papers. *Journal of documentation*.

Zeng, D., Chen, H., Lusch, R. ve Li, S. H. (2010). Social media analytics and intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 25(6), 13–16. <https://doi.org/10.1109/MIS.2010.151>

Zhang, F., Luo, J., Li, C., Wang, X. ve Zhao, Z. (2014). Detecting and analyzing influenza epidemics with social media in China. İçinde V. S. Tseng,

T. B. Ho, Z.-H. Zhou, A. L. P. Chen ve H.-Y. Kao (Ed.), *Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (ss. 90–101). Springer.

Zhang, X., Fuehres, H. ve Gloor, P. A. (2011). Predicting Stock Market Indicators Through Twitter “I hope it is not as bad as I fear”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 26(2007), 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.562>

Zhao, Y. ve Zhang, J. (2017). Consumer health information seeking in social media: a literature review. *Health Information and Libraries Journal*, 34(4), 268–283. <https://doi.org/10.1111/hir.12192>

# **Sürdürülebilir Beslenmenin Yönetilmesi, Örnek Uygulama: Pazar Atığından Sofraya**

**Funda Şensoy**

*Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6880-410X)**

**Ayşe Merve Koca Uyar**

*Bağımsız Araştırmacı, Iskenderun-Hatay, Türkiye*  
**(0000-0002-2589-4405)**

**Ebru Güzel**

*Fenerbahçe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-7029-1761)**



## GİRİŞ

Son yıllarda ulusal ve uluslararası platformlarda sıkça değinilen ve önlenmesi için uyarılarda bulunulan en önemli sorunların başında küresel ısınma, iklim değışikliği, susuzluk, kuraklık, açlık ve gıda israfı gibi konular gelmektedir. İnsan beslenmesinde kullanılan yenilebilir gıdalar, gıda zincirinin tüm aşamalarında çeşitli nedenlerle israf edilmektedir.

Dünyada aşırı kilolu insanların sayısı hızla artarken bir yandan da 820 milyon insanın açlık çektiği ve yeterli beslenmeden mahrum olduğu tahmin edilmektedir. Bu sebeple de birçok ülkenin açlıkla mücadele ettiği bilinmektedir. Uluslararası yoksulluk sınırına göre dünya nüfusunun hala beşte biri, günde 2 doların altında gelire yaşamaktadır. İyileşmelere rağmen Asya-Pasifik, Sahra Altı Afrika, Latin Amerika ve Karayipler’de açlık önemli boyuttadır. Açlıkla mücadele eden nüfus sayısının ABD, Kanada ve AB’nin toplam nüfusuna eşit olduğu belirtilmektedir (Dölekoğlu, 2017).

Bugün küresel gıda talebinin 2050 yılına kadar %70 oranında artacağı öngörüsü, gıda krizinin bir kıyamete dönüşme tehlikesini içermektedir (Odegard ve Voet, 2014). BM Gıda ve Tarım Örgütü (*The Food and Agriculture Organization -FAO*) tahminlerine göre dünya gıda üretiminin üçte biri israf olmakta ve bu savurganlığın yine üçte biri gıda tedarik zincirinde ortaya çıkmaktadır (Gustavsson vd., 2011). “COVID-19 bir yana, her sene dünyadaki gıdanın %14’ü satış aşamasına ulaşmadan kaybolurken yaşanan gıda kaybı yıllık 400 milyar dolara mal olmaktadır” (BM, 2020). Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 10 milyara ulaşacağı beklentisi gerçekleştiği takdirde gıda üretimi ne düzeyde artacak? Artan nüfus ve değışen beslenme tarzlarını desteklemek için öngörülen tahminler, gıda üretiminin yılda 4.8 tondan 13.5 tona çıkacağı yönündedir (Searchinger vd., 2018).

Güvenilir gıda ihtiyacını karşılamak için kullanılan su ve enerji kaynakları da hızla tükenmektedir. Eğer kaynaklar akıllıca kullanılmazsa sürdürülebilir beslenme olanağı da mümkün olmayacaktır. Sürdürülebilir beslenme veya sürdürülebilir diyet, besin kayıpları ve israfını da azaltmayı hedefleyen, gıda güvenliğine ve sağlığa katkıda bulunan ve düşük çevresel etkileri olan bir beslenme

modelidir. Bu anlamda da gıda krizlerine yönelik çözüm için gereklidir.

Dünyanın bir kısmının açlık ile mücadele ederken diğerk kısmının besinlerini çöpe atması ikircikli bir küresel sorun yaratmaktadır. Açlığın da israfın engellenmesiyle son bulacağı düşünöldüğünde, bu çalışma kapsamında semt pazarlarındaki atık gıdalara odaklanılmıştır. Ekolojik bilincin kazanılmasında ve mutfak ekonomisinin yönetiminde ihtiyaç duyulan kadınların en fazla uğrak yeri olan semt pazarları bir yıl boyunca gözlenmiş, tonlarca atık gıdanın değerkendirilmediğı görölmüşür. Keza 2021 Birleşmiş Milletler Gıda İsrافی Endeksi Raporuna göre; her yıl kişi başına 93 kilogram yiyeceğı çöpe atan Türkiye dünya genelinde en çok gıda israf eden ölkeler arasındadır (BBC News, 2021). Belediyelerle işbirliğı ile mutfak uygulamasının yapıldığı bu çalışmada, atık sebze ve meyvelerden çeşitli yemekler yapılmış ve tezgahlarda sunulmuş, pazar atığından sofraya, komposttan toprağı giden döngüsel süreçte sıfır atık farkındalığı yaratılmaya çalışılmıştır.

## PAZAR ATIĞINDAN SOFRAYA

Birleşmiş Milletlerin küresel çaptaki ekoloji politikasında gıda israfının sıfıra indirilmesi hedefi koyulmuştur. Avrupa Parlamentosu tarafından gıda israfının 2025 yılında yarıya indirilmesi doğrultusunda 2014 yılı “Avrupa Gıda İsrafına Karşı Aksiyon Yılı” olarak ilan edilmiştir (EU, 2014). 2017 yılında yayınlanan “Gıda ve Tarımın Geleceğı-Trendler ve Zorluklar” raporunda; her yıl yüksek gelirli ölkelerde yaklaşık 670 milyon ton, düşük ve orta gelirli ölkelerde ise toplam 1.3 milyar ton gıdanın israf edildiğı bildirilmiştir (FAO, 2017). Avrupa Birliğı Komisyonu 2019 yılında yayınladığı Yeşil Mutabakat (*European Green Deal*) ile 2050 yılında sıfır karbon salınımına ulaşma hedefi planlamış, bu amaçla bir milyon Avroluk fon oluşturarak Avrupa Yeşil Düzeni Çağrısı (*European Green Deal Call*) yapmıştır (T.C. Dışişleri Bakanlığı AB Başkanlığı, 2020).

Tarımsal üretim küresel sera gazı emisyonlarının tahmini olarak %13,5’sinden sorumludur (IPCC, 2007). Gıda kaybı ve israfı, yılda yaklaşık 173 milyar metreküp su tüketimiyle ilişkilidir; bu, tarım için kullanılan tüm suyun %24’ünü temsil etmektedir (Lipinski vd., 2013). Üretimde kullanılan gıda kayıpları, toprak, su, enerji ve girdiler kaynak

israfını temsil ederken tüketilmeyen gıdaların üretilmesi, üretilen gıdaların ekonomik değerinin kayboluşuna ve gereksiz CO<sub>2</sub> emisyonlarına yol açmaktadır (FAO, 2013).

Tüketici Ürünleri Forumunda, WRI (*World Resources Institute*) ve ortakları tarafından geliştirilen yeni “Gıda Kaybı ve Atık Protokolü”ne uygun olarak 2025 yılına kadar gıda atıklarının yarıya indirilmesi taahhüt edilmiştir. WRI araştırmasına göre de dünya bugün mevcut olan ve 2050 yılına kadar ihtiyaç duyulan gıda miktarı arasında oluşan %70’lik bir boşluğu kapatmak zorunda kalacaktır (WRI, 2016). Ayrıca atıkla mücadelenin önemine yer verilen Yeşil Mutabakat ve döngüsel ekonomi modeli kapsamında, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı da iklim değişikliğiyle ilgili mücadele çağrısında bulunmuştur.

Sözün özü tarladan sofraya gelinceye kadar bin bir emek ve değerle üretilen gıdaların semt pazarında atığa dönüşmeden değerlendirilmesi önemlidir. Kaldı ki restoranlar, şirketler, okullar ya da kamu kurumlarındaki gıda atıkları düşünüldüğünde israfın büyüklüğü şaşkınlık yaratmaktadır. Alanyazının başında da değinilen açıklıkla mücadele eden ülkelerin varlığı, gıda farkındalığı oluşturmak için geç bile kalınmış olunabileceğini sorgulatmaktadır. İklim krizinin iklim acil çağrısı olarak güncellendiği uluslararası basında, sıfır atıkla kurulmuş sofraların değeri daha da çok öne çıkıyor. Dolayısıyla semt pazarlarındaki bir lahananın sert kısımlarından bir elmanın koçanına değin gıdaların çöpe gitmemesi için ülkemizde sıfır atık farkındalığının yükselmesi gerekmektedir.

## **SÜRDÜRÜLEBİLİR, EKONOMİK VE SAĞLIKLI BESLENME**

Sürdürülebilir beslenme kavramı ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan “Ortak Geleceğimiz” (*Our Common Future*) isimli rapor ile ortaya çıkmıştır. Çağımızda çok uluslu şirketlerin artık sürdürülemez hedefleriyle çelişkili olarak “İnsanlık, doğanın gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılayabilme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçları sağlayabilme ve kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahip” olduğu anlayışı savunulmaktadır (Brundtland Report, 1987).

Sürdürülebilir sağlıklı diyetlerin amacı, günümüzün ve gelecek nesillerin iyilik halini geliştirmek, her türlü besin eksikliğine ve obeziteye engel olmak, beslenmeye bağlı hastalıkları önlemek,

ekosistemin korunmasını ve sürekliliğini sağlamaktır (FAO, 2019). Sürdürülebilir beslenme, besleyici, sağlıklı, güvenli aynı zamanda düşük ekolojik etkiye sahiptir. Ayrıca bu beslenme Ŗekli kültürel olarak kabul edilebilir, ulaŖılabilir, adil, ekonomik olarak karŖılanabilir, gıda güvenliğine katkı sağlamakta ve Ŗimdiki ve gelecek nesiller için bir yaŖam biçimi oluŖturmaktadır (Duran, 2020).

Sürdürülebilir besin tüketimi sadece daha az besin tüketimi değil, beraberinde daha çeŖitli ve etkin tüketim anlamına da gelmektedir (Çabuk, 2010). Biyo-çeŖitliliğin azalması, mono-kültürel uygulamalar, tarım ilaçları, kimyasal gübreler gibi faktörlerin yanında gıda atıklarının da dehŖet verici boyutlara ulaŖması dünyanın sürdürülemezlik çıkmazında olduğunun kanıtlarıdır. “Sürekli yenilik, inovasyon, geliŖim ve giriŖimcilik söylemleri ile teknoloji, verimlilik, yüksek rekolte ve maksimum kar anlayıŖına güdümlü bir sürdürülebilirlik anlayıŖı mümkün görünmemektedir” (Güzel, 2020). Tam da bu yüzden güvenilir, sağlıklı ve ekonomik bir sürdürülebilir beslenme anlayıŖının yeniden iŖlerlik kazanması gerekmektedir.

## **GIDA KAYBI, GIDA ATIğI VE GIDA İSRAFI**

Besinlerin tarladan sofraya ulaŖıncaya kadar geçen süreç içinde miktar ve kalite bakımından kayba uğramasına gıda israfı ve gıda kaybı denilmektedir. Gıdada üretim sürecindeki hatalar ve tüketici davranıŖlarından kaynaklanan kayıplar olduğu gibi hem ekonomik değer hem de gıda güvenilirliğinden dolayı yetersiz teknoloji sebebiyle de kayıplar yaŖanmaktadır. Gıda kayıpları gıdaya yönelik ihtiyacın daha belirgin olmasıyla daha da çok önem kazanmaya baŖlamıŖtır. Ancak bu kayıpların nasıl tanımlanacağı görüŖü hala tartıŖılmaktadır. Günümüzde gıda kaybı (*food loss*), gıda atığı (*food waste*) ve gıda israfı terimleri birbirleriyle karıŖtırılmaktadır (Dölekoğlu, 2017).

Gıda kaybı; özellikle insanın tüketimine yönelik ihtiyacı karŖılamak üzere endüstride üretilen gıdalarda oluŖan kayıptır. Tedarik zinciri boyunca tüm süreçlerde oluŖan gıda kaybından farklı olarak gıda israfı, genellikle bilinçli olarak gıda zincirinin tüketim ya da satıŖ aŖamasında görölmektedir (Parfitt vd., 2010). Gıda kaybı, tarımsal iŖlem veya depolamada teknik sınırlama, altyapı, paketleme veya pazarlama aŖamalarında istenmeyen bir durum; gıda atığı ise kaliteli ve insan için

uygun yiyeceklerin bozulmadan önce veya sonra ihmal veya bilinçli bir kararla atılmasıyla oluşmaktadır (Lipinski vd. 2013).

Gıda kaybı, başlangıçta insan tüketimi için amaçlanan yiyeceklerin veya besin değerinin azalmasına karşılık gelmektedir. Bu zararlar temel olarak, zayıf tedarik ve lojistik, teknoloji eksikliği, yetersiz beceri, tedarik zinciri aktörlerinin bilgi ve yönetim kapasitesi ve piyasaya erişim eksikliği gibi gıda tedarik zincirlerindeki verimsizliklerden kaynaklanmaktadır. Buna doğal afetler de etkili olmaktadır (FAO, 2013).

Hasat sonrası gıda kaybının bir parçası olarak perakende ya da tüketici seviyelerinde tüketilebilecek ancak herhangi bir nedenle tüketilmeyen gıdalar da gıda israfı çerçevesinde değerlendirilmiştir (Buzby vd., 2011). On üç ülkeden üniversite, bilgi enstitüleri, tüketici örgütleri ve işletmeleri bir araya getirilmesiyle 21 proje ortağından oluşan FUSIONS (*Food Use for Social Innovation by Optimizing Waste Prevention Strategies*) ile gıda israfında sosyal inovasyonu teşvik eden uygulamalar, yayınlar ve etkinlikler düzenlemiştir (EU-Fusions, 2016).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, ABD için gıda atıklarını “konutlardan ve marketlerden, restoranlardan, stantlardan, kurumsal kafeteryalar/mutfaklardan ve endüstriyel kuruluşlardan çıkan yiyecek ve içecek atıkları” olarak tanımlamaktadır. Doğal Kaynakları Koruma Konseyine göre; Amerikalılar yiyeceklerinin %40'ını çöpe atmaktadır (Gunders, 2012).

Bir diğer açıdan gıda güvenliği, günümüzün en büyük endişe kaynağıdır. Gıda dengesizliği ile mücadele ederken, tüketimdeki hızlı artışa karşın üretimdeki zorunlu artışı dengelemek yoluyla aradaki gerilimi azaltmak gerekmektedir. Bu amaçla, gıda zincirinin etkinliğini arttırırken gıda kaybını da azaltma yoluna gidilmelidir. Toprak, su, enerji, gübre gibi sınırlı doğal kaynaklara sahip bir dünyada, herkese yetecek ölçüde gıda üretmek için uygun maliyetli çözümler bulunmalı ve gıda kayıpları azaltılmalıdır (Gustavsson vd., 2011).

Evlerde yılda 17 milyar kilodan fazla yaş meyve ve sebze israf edilmektedir. AB ülkelerinde evlerde oluşan gıda atıklarının yaklaşık %50'sini yaş meyve ve sebze atıkları oluşturmaktadır. Türkiye’de yaş sebze ve meyve zincir sisteminde; hasat, muhafaza, taşıma, pazarlama ve tüketim aşamalarında görülen hatalı uygulamalar, %25-40'lara

kadar çıkan ürün kayıplarına neden olmaktadır. Yaş sebze ve meyvenin nihai bedelinin ortalama 1 dolar olduğu kabul edilirse bunun Türkiye ekonomisine maliyeti (2015 yılı verilerine) göre yılda yaklaşık 9-10 milyar dolardır. Türkiye’de kişi başına yılda 125 kg yaş sebze ve meyve israf olmakta ve bunlar çöp depolama alanlarına gitmektedir. Sadece bu atıklardan dolayı oluşan sera gazı CO<sub>2</sub> ve eşdeğeri salınım miktarı yıllık 23-25,4 milyon tondur. Türkiye’de yılda oluşan 34 milyon ton çöpün, %40-60’sı biyobozunur atık içermekte, bunların da yarısından fazlasını yaş sebze ve meyve oluşturmaktadır (Öztürk, 2019).

Tatlıdil ve arkadaşlarının Türkiye’de 2013 yılında bazı tahıllar, bitkiler, yağlı tohumlar ve baklagiller, meyve ve sebzeler, et, balık, deniz ürünleri, süt ve süt ürünleri ve yumurta özelinde yürüttükleri çalışmasında gıda kaybının en fazla gıda zincirinin ilk halkası olan üretim aşamasında yaşandığı sonucu bulgulanmıştır. Buna göre, meyve ve sebzede %20, yağlı tohum ve baklagillerde ise %15 kayıp yaşanmaktadır. Hasat sonrası olan gıda israfı olarak kabul edilen kayıplar da yine meyve ve sebzede (%33), yağlı tohum ve baklagillerde (%17), en düşük israf ise balık ve deniz ürünleri (%2) ile yumurta (%4) olduğu açıklanmıştır (Tatlıdil vd., 2013; Dölekoğlu, 2017).

## **YÖNTEM**

Çoğunlukla kadınlar tarafından kullanılan semt pazarları ne yazık ki yaş sebze ve meyve atığı bakımından oldukça zengin yerlerdir. Bir yıl boyunca sürekli gözlemlenen çeşitli semt pazarlarında, pazarcılarla yapılan görüşmelerin sonucunda atıkların değerlendirilmediği görölmüş ve bu konuda “ne yapılabilir” sorusuna yanıt aramak için 2019 yılında “Eko-Kadın Projesi” hayata geçirilmiştir. İlk olarak Erenköy Semt Pazarından alınan atıklarla yemeklerin yapılabilirliği denenmiş, daha sonra Üsküdar Belediyesi işbirliğiyle Çengelköy Semt Pazarında atık yiyeceklerden oluşan tezgahta tadım etkinliği düzenlenmiştir. Lahananın sert kısımlarında turşu, ezik mandalina ve elmalardan reçel, kabuklarından temizlik sirkesi, sebze saplarından ot dible yemeği, kereviz saplarından çorba ve balkabağından yapılan tatlı alışverişe gelen kadınların dikkatine sunulmuştur. Daha sonra taşımaya uygun olan kavanozdaki gıdalar I. Uluslararası Sürdürülebilir Yaşam Kongresinde açılan stantta sergilenmiş, burada bir bildiri içinde

sunulmuş ve kongrenin açtığı yarışmada Eko-Kadın Projesi ödüle layık görülmüştür. Aynı yıl Bodrum Acı Ot Festivali, Caferli Güz ve Çevre Şenliği, Göbeklitepe Minik Şeflerle Gastronomi Festivali ve Bingöl Kiğı Gastronomi Şenliğinde uygulamalı sunumlar yapılmış ve 2020 yılında Ataşehir Belediyesinin işbirliğiyle Fetih Mahallesi Semt Pazarında “Gıdanı Korumaya Sahip Çık” kampanyası kapsamında proje, yeniden hayata geçirilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada; Eko-Kadın Projesi kapsamı altında gerçekleştirilen tüm bu faaliyetlerde elde edilen kazanımların bilimsel bir çerçevede değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Eko-Kadın Projesi, ilk olarak Beslenme ve Diyetetik programı öğrencisi Ayşe Merve Koca'nın, “Sıfır Atıkla Yemek Tarifleri-Sürdürülebilir, Ekonomik ve Sağlıklı Beslenme” başlıklı yüksek lisans tezinde geliştirdiği sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı yemek tarifleri semt pazarındaki atıklara uyarlanmış ve iletişim alanında öğretim üyesi bir akademisyen ve öğrencisi tarafından da proje haline getirilmiştir (Koca, 2019). Çalışmada, tariflerin gıdaya dönüştürülmesi aşamasında “uygulama mutfağı” ndan yararlanılmış, bu yolla çalışmanın projeye dahil olan yeni öğrencileri de eğitici bir yönü olmuştur.

Yaşamın temel taşlarından beslenmede atığa yer yoktur, çünkü doğada hiçbir şey çöp değildir, bir şeyin atığı bir diğerinin kaynağıdır. Bu temel ilkeden hareketle sıfır atık farkındalığının oluşturulması amaçlanan bu çalışmada sürdürülebilir beslenme için gıdaların bütünüyle “pazardan sofraya” dönüş yolculuğu, sahadaki uygulama ve pratiklerin kavramsal ve kuramsal bağlamda sunulması yoluyla gerçekleştirilmiştir.

## **BULGULAR**

Gıdanın doğrudan son tüketiciyle buluştuğu ve arz zincirinde önemli bir etkiye sahip olan semt pazarları yaş sebze ve meyvelerin sunum aşamasındaki koşulların en canlı örneğidir. 31 Ocak 2019 tarihinde Erenköy Semt Pazarında gerçekleştirilen ilk uygulamada; tarladan satış için hale, oradan da pazara getirilen gıdaların tüketiciye güzel görünümle sunulmak amacıyla, pazarda hasar gören yenilebilir veya beklenen kaliteye bağlı olarak ayıklanmış kısımlarının tezgah altına atıldığı görülmüştür. İlk olarak çöp olarak atılan sebzelerin sapları, yaprakları ve kökleri toplanmış, toplanan tüm bu malzemelerden

sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı yemekler yapılarak bir akŖam yemeğinde servis edilmiŖtir (Ŗekil 1). Bu bölümde; çalıŖmada elde edilen bulgular, yemek tarifleri, soğuk kompost, uygulama mutfağı ve etkinlikler konu baŖlıklarına ayrılarak tasniflenmiŖtir.



*Ŗekil 1. Pazardan toplanan atık sebze ve meyvelerden yapılan yemekler*

### **Pazar Atıkları ve Yemek Tarifleri**

Projenin bir sonraki aŖamasında semt pazarlarındaki atıklardan oluŖturulan menü bir yemek tarifleri kitapçığına dönüŖtürülmüŖtür. Bu bağlamda yemeklerin tat, koku ve görünüŖ açısından kabul görür ve besin değerlerini yitirmemiŖ olmasına dikkat edilmiŖtir. Her bir tarif, araŖtırmacılar tarafından kayda alınmıŖ ve fotoğrafları çekilmiŖtir. Pazardan toplanan pazar atıkları ile yapılan yemekler Ŗekil 2'de verilmiŖtir. Her yemekten çıkan ve çalıŖma boyunca oluŖan ve tüketime uygun olmayan organik atıklar soğuk kompost yapımı (organik gübre) için ayrılmıŖtır.

Projede yapılan yemekler herkes tarafından bilinen ve mutfaklarda piŖirilen yemeklerdir. Örneğin ot dible için, beyaz lahana, kara lahana, karnabahar, pırasa, brokolinin atılmıŖ dıŖ yaprakları, maydanoz, dereotu, roka, tere ve kerevizin atılmıŖ sap ve yaprakları kullanılmıŖtır. Böylece tek bir aroma yerine karıŖık malzeme ile farklı bir lezzet oluŖturulmuŖtur. İçine pirinç, havuç, kuru soğan, tuz ve zeytinyağı eklenmiŖtir. Tüm bunlar yapılırken gıdanın turŖu ve sirke olarak kullanılamayan bozuk ya da hasarlı yerleri de kompost ile deđerlendirilmiŖtir.



<p><b>PATATES KABUĞU ÇİPSİ</b> 75 gr patates kabuğu, 20 gr zeytinyağı, 2 gr kırmızı pul biber, 2 gr karabiber, 7 gr kekik, 2 gr tuz, 6 gr sarımsak. <b>Hazırlanışı:</b> Patatesleri baskı bir tarifi için kullandırmak üzere iyice yıkanır ve fırçalanır. Kabukları soyulur. Soyulan kabuklar baharatlar, sarımsak ve yağ ile karıştırılarak pişirme kağıdı üzerine bükülürken üzerine gümnecek şekilde yerleştirilir. 200 derece ısıtmış fırında 15 dakika pişirilir.</p>		<p><b>ATK SEBZELERDEN TURŞU</b> Aşağı mısır, salatalık, lahan, brokoli, korniz lahanası, kereviz sapları ve dip yerleri, 1 lt sirke, 1/2 kg tuz, 1/2 kg kuru kava tuzu, kıyılmış, defne ya da asma yaprağı. <b>Hazırlanışı:</b> Mısırın sebzelemleri sert ve ham yerleri cam kavanoza konur. Bir litre sirke, brom ile kesiklikten sonra (sarımsak) peynir altı suyu (soğuk) kavanoza boşaltılır. Kavanozun yarısına bir kaşık kava tuzu ile içine suyu ve 3 diş sarımsak eklenir. Probolytik açıldan çok zengin olan turşu kapalıktan önce kirliyi tahmini, defne ya da asma yaprağı ile edilir. Kağıdı sıkıca kapalı olan kavanozlar 1/2 ay boyunca bir yerde 3 hafta bekletildikten sonra buzdolabına alınarak alıyete yerir.</p>	
<p><b>ATK PIRASA YAPRAKLARINDAN MÜCVER</b> 300 gr pirasa yaprağı, 3 adet yumurta, 150 gr yoğurt, 140 gr for peyniri, 75 gr yulaf, 30 gr zeytinyağı, 5 gr tuz. <b>Hazırlanışı:</b> Pirsanın kök ve soğan kısmını başka bir yemek için kullanılır. Yaprakları ise iyice yıkanır ve ince ince doğranır. Yulaf emilir, yoğurt, yumurta, for peyniri, zeytinyağı ve tuz ile geniş bir kase karıştırılır. Yulaf püresi için 10 dakika bekletilir. 200 derece ısıtmış fırında pişirme kağıdının üstüne sererek 35 dakika pişirilir.</p>		<p><b>SEKERSİZ İHLAMUR MARMELADI</b> Birer kilo olgun ve ezik portakal, elma, bir su bardağı kuru üzün, ihlamur ve 2 şeker tozu. <b>Hazırlanışı:</b> Pazardan alınan ezik, çürük ve olgun elma ve portakallar küçük küçük doğranır. (Kabukları ilacı olduğu için kullanılmıyor, önce yumurta için saklıyoruz). Bir kapta diğdilerde öğütür ihlamurun çiçek kısmını 2 kat su ile kaynatılır. Tencereye konan meyvelerin üstüne kaynarın ihlamur, öğütlü bitki tozları, kuru üzüm ilave edilerek pişirilir. Meyveler ezilince karıştırılan peçniler neçler kavanozlara alınır. Ters çevilen kavanozlar soğuduktunda buzdolabına konular.</p>	
<p><b>SAP DİBLE</b> 200 gr mısırın sapı, 330 gr dereotu sapı, 300 gr kuru soğan, 200 gr pirinç, 60 gr zeytinyağı, 10 gr tereyağ, 10 gr tuz, 200 ml su. <b>Hazırlanışı:</b> Kuru soğanlar ince ince doğranır ve dadıdık tencereye konular. Saplar doğranır ve pirinç eklenir, pirinç miktarı kadar su konular. Son olarak tuz eklenir ve dadıdık tencerede, hava çıkıncı engellemeden 15 dakika pişirir.</p>		<p><b>DETERJAN SIRKE YAPIMI</b> Birer kilo portakal, mandalina ve elma kabukları. <b>Hazırlanışı:</b> Reçel yapımında yada çiğ yenildikten sonra meyvelerden çıkan kabuklar (özellikle portakal ve mandalina) atılmaz bir kase içinde buzdolabında bekletir. Bir leğene ağma kadar dolu çeme suyu, bir kaşık kava tuzu (ekşi tatlı de olabılır) konur. Üzeri bezle örtülen sike bir hafta boyunca her gün karıştırılarak sonra bekletmeye alınır. Üzeri sirke anası kaplayınca yerleri silmek, setze-meyeye yıkamak ya da yıkamak için kullanılır.</p>	
<p><b>ATK KEREVİZ YAPRAĞI ÇORBASI</b> 400 gr kereviz yaprağı, 250 gr kuru soğan, 60 gr zeytinyağı, 1/2 gr mısır unu, 1200 ml taze su, 4 gr tuz. <b>Hazırlanışı:</b> Soğanlar ince ince doğranır ve zeytinyağı ile soğutülür. 1 litre sıcak su karıştırma eklenir. Temizlenen kereviz yaprakları ince ince doğranır ve tencereye eklenir. Kaynamaya başlandıında 200 ml soğuk su içinde 60 g mısır unu homojenize edilene kadar karıştırılır. Mısır unlu karışım yavaş yavaş karıştırılarak çorbaya eklenir. Son olarak tuz ekler edilir.</p>		<p><b>KOMPOST YAPIMI</b> Et ve etrafından ve yumurta kabuğu hariç her türlü gıda, bonuzca kağıt, 2 kaşık yoğurt ve geri dönüştürme uygun poşet. <b>Hazırlanışı:</b> Farklı kompost yapımları olmuştaki birlikler en pratik sebze ve meyveleri toprağa gümnebilir. Bakırda ya da bahçede bir bidonda ve geri dönüştürme uygun bir poşet içinde toplanan gıda atıkları, renksiz kağıt parçaları ve 1-2 kaşık yoğurt eklenerek bekletir. Bu şekilde kurutulmuş ve kolu olmayan engellenen kompost en az iki hafta bekletildikten sonra toprağa gümnebilir.</p>	
<p><b>ATK SEBZELİ KEDI MAMASI</b> 4 paket tavuk çifeti, yarım bardak kırık bulgur, 3-4 yaprak lahanası, kereviz yaprağı, 1 patates, havuç ya da az kambar. <b>Hazırlanışı:</b> Bütün malzemeler bir tencereye konur (üzrenine olabilecek kadar su ilave edilir. Bir miktar zeytinyağı ve bulgur ile pişiren mamma atışten alınarak mikser ile karıştırılır. Çam kavanozlara konan mammalara tadelin (buzdolabında en fazla 1 hafta bekletildiğinden) döndürülmeye konur. Kuru mamma yapımı için tepsiye döşölül fırınlamak yerelidir.</p>			

Şekil 2. Pazardan Toplanan Pazar Atıkları ile Yapılan Yemekler

## Pazar Atıkları ve Soğuk Kompost

Atık ya da ölü olarak kabul edilen canlıların ayrışarak mineral ve besin değeri zengin bir toprağa dönüşmesine kompost, her türlü bitkisel ve hayvansal atıkların çürüyerek bir çeşit toprağı iyileştirici ürün haline gelmesi de kompostlaşma olarak tanımlanmaktadır. Kompost ve humus arasındaki fark şöyle açıklanmaktadır:

“Humus, kompostun alabileceği son durumu, yani içinde çürüme sürecini devam ettirecek azot, fosfor bileşikler kalmamıştır. Kompost ise, etrafındaki bitkilerle çeşitli vadelere farklı besin maddeleri sunan, bu nedenle bol miktarda canlıya ev sahipliği yapan, dolayısıyla çürüme işlemi az da olsa hâlâ devam eden “canlı” bir oluşumdur. Toprağı serdikten sonra toprak ekosistemine karışır, topraktaki biyolojik süreçleri destekleyerek çeşitliliği artırır ve zamanla humusa dönüşür.” (Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği, 2016).

Kompostun bilinen faydaları; toprağı iyileştirmeyi ve değerlerini korumayı sağlamakta, toprağın boşluk hacmini ve su tutma kapasitesini arttırmakta, toprağın işlenmesini, havalandırılmasını kolaylaştırmakta, bitki köklerinin büyümesini teşvik etmekte, sağlıklı, hastalıklara ve

zararlılara karŖı daha dayanıklı bitkiler yoluyla tarımsal üretimi artırmaktadır (Topal, 2014).

YaŖ sebze ve meyve kabukları, kompost olarak kullanılan önemli bir geri dönüŖüm hammaddesidir (Öztürk, 2019). Dolayısıyla sebze ve meyve atıkları bir apartmanın bahçesinde kompost olarak deęerlendirilmiŖtir. Bu anlamda toprağa açılan çukurdaki atık yığınının yeterince hava almasını sağlayarak en kolay ve az riskli, soğuk kompost yöntemi kullanılmıŖtır. YeŖil ve kahverengi olarak ayrılan atıklar üst üste yerleŖtirilerek, doğru Ŗekilde çürümeleri saęlanmıŖtır. Kısacası bu çalıŖmada hiçbir organik atık çöpe atılmamıŖ ve sıfır atığın mümkün olduğu gösterilmiŖtir (Ŗekil 3).



*Ŗekil 3. Yemek olarak değerlendirilemeyen atıklarla kompost yapımı*

### **Uygulama Mutfağı ve Eko-Kadın Etkinlikleri**

Her yıl doğal kaynaklarını diğer ÷lkelerden önde tüketerek limit aŖımına uğrayan Türkiye'nin bir an önce "üret-kullan-at" prensibine dayanan doğrusal ekonomi modelinden, "üret-kullan-geri dönüŖtüyeni kullan" anlayıŖına dayalı döngüsel ekonomi modeline geçmesi gerekmektedir. YeŖil Mutabakatta da geçen döngüsel ekonomi modeline uyumlu olan bu çalıŖmada atıklar, öğrencilerle birlikte belediyelerin mutfaklarında yemeğe dönüŖtürülmüŖtür. Bu bakımdan üniversitelerin uygulama mutfağında da ders kapsamına dönüŖtürülmesi ve bu yolla daha çok öğrenciye ulaŖılması hedeflenmektedir. Kadınlar ve öğrencilerle yapılan bu uygulamaların sonucunda, daha geniŖ bir kitlenin gıda sürdürülebilirliğine yönelik farkındalığının sağlanabileceği de öngörülmektedir.

Daha çok kesimden kadına ulaŖmak amacıyla ilk olarak semt pazarlarında bir tezgah açılarak atık gıdalardan yapılan ürünler

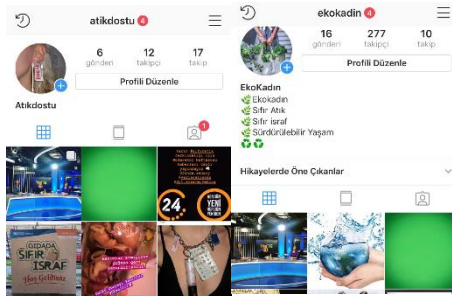
sergilenmiştir. Basit tarifler uygulanmış, tadımlar yapılmış ve bilgi/tarif kitapçıkları dağıtılmıştır. 11 Şubat 2019 tarihinde Üsküdar Belediyesi ile gerçekleştirilen Çengelköy Semt Pazarı ilk sergi ve uygulama alanıdır. “Gıdada Sıfır İsrâf” sloganıyla gerçekleştirilen projenin görselleri Şekil 4’de, medyaya yansıyanlar Şekil 5’de, EkoKadın sosyal medya hesapları Şekil 6’da, 18 Kasım 2020 yılında Ataşehir Belediyesi Fetih Mahallesi Semt Pazarı görselleri Şekil 7’de, SUYADER Konferansı ve Eko-Çocuk görselleri de Şekil 8’de yer almaktadır.



Şekil 4. Çengelköy Semt Pazarı tezgahı (11. 02. 2019).



Şekil 5. Kanal D Ana Haber Bülteni (13-03.2019) ve Kanal 24 Haber (28.02.2019).



Şekil 6. “Ekokadın” ve “atıkdostu” Instagram hesapları.



Şekil 7. Ataşehir Belediyesi Fetih Mahallesi Semt Pazarı standı, belediye mutfağı ve gazete haberi (18 Kasım 2020).



Şekil 8. Sürdürülebilir Yaşam Konferansı Eko-Kadın Standı (15-16 Mart 2019) ve Minik Şefler Yarışıyor "Eko-Çocuk" etkinliği (4 Mayıs 2019).

## SONUÇ

Bu çalışma ile; çeşitli sebeplerle satıcılar tarafından tezgah altına çöp olarak atılan sebzelerin sapları, yaprakları ve köklerinden, sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı yemekler yapılması yoluyla sıfır atık farkındalığı hedeflenmiştir. Böylece yaşamın devamlılığı için gerekli olan beslenme aktivitesinin aynı zamanda ekolojik bir sorumluluk barındırdığı da gösterilmektedir. Ayrıca tüketime dair olumlu bir bilinç oluşturulması, alışveriş yaparken hem ekolojik hem de ekonomik kazanç sağlanması, sürdürülebilir beslenme, sağlıklı

yemek hazırlama, pişirme, saklama teknikleri ile ilgili pratik uygulamaların yaygınlaşması, oluşan organik atıkları evde değerlendirme yöntemlerinin bir rutin haline getirilmesi (kompost ve çapraz kullanım), gıda atığını azaltmaya yönelik pratik bilgi ve davranış değişiklikleri ve ekolojik bilinç kazandırılması gibi temel konular amaçlanmıştır.

Aynı zamanda bir toplumsal sorumluluk projesine dönüşmesi hedeflenen Eko-Kadın Projesi ile, bulgularda ayrıntılarıyla yer verildiği üzere, 2019-2020 yılları arasında Fenerbahçe Üniversitesi ve belediyelerle işbirliği kapsamında hem kurumsal, hem de kongre, festival ve şenliklerde bireysel nitelikte faaliyetler gerçekleştirilmiştir. Benzer çalışmaların sivil toplum kuruluşları, özel şirketler ve medya işbirlikleri ile devamlılığının sağlanması temel sorumluluktur.

Semt pazarlarının Türkiye genelindeki yaygınlığı düşünüldüğünde projenin sürdürülebilir bir uygulama olduğu da görülmektedir. Ekoloji ve kadın bağının gücünden de yararlanarak alışverişin en çok kadınlar tarafından yapıldığı semt pazarlarında açılan Eko-Kadın tezgahlarında bir sebzenin bütününden nasıl faydalanılacağına uygulamalı olarak gösterilmesi dikkat çekici, eğlenceli ve interaktif bir farkındalık oluşturmaktadır. Semt pazarlarının her yerde olması bağlamında bu alanlar sıfır atık bilincinin yaygınlaşmasında önem teşkil etmekte, ayrıca her pazarda farklı ve yeni bir deneyim kazanılmaktadır.

Özellikle büyük şehirlerdeki semt pazarlarında tonlarca sebze-meyve atığının çöpe dönüşmeden değerlendirilmesi için Eko-Kadın Projesinin farklı illerde, farklı belediye, kamu kuruluşları ve üniversitelerle birlikte devam etmesi gerekmektedir. Atık gıdaların, üniversite ve uygulama mutfaklarında öğrenci ve kadınlarla yemeğe dönüştürülmesi yoluyla eğitici olduğu kadar işbirliği, dayanışma ve paylaşım gibi değerler de yaşatılmakta, böylelikle çok yönlü toplumsal bir fayda sağlamaktadır. Tamamen sosyal sorumluluk bilinciyle insan emeği dışında bütçesi çok az olan (kavanoz, tencere, su, şeker ve ocak vb.) Eko-Kadın Projesinin, pazarlarla eşzamanlı olarak şirketler, restoranlar, kamu ve özel kurum ve kuruluşlarında da sürdürülmesi gerekmektedir. Türkiye gibi doğal kaynakların tüketilmesinde her yıl limit aşımı yaşayan bir ülkede bu gibi projelerin çoğaltılması, medyada öne çıkarılması ve desteklenmesi gerekmektedir.

Yaş sebze ve meyve atıklarının çöp olmadığı, mutlaka geri kazanılması gereken değerli bir hammadde olduğu unutulmamalıdır. Sıfır açlığın olduğu bir dünya için sürdürülebilir beslenme anlayışıyla israfa son verilmesi gerekmektedir. Sıfır yaş sebze ve meyve atığı hedefinin, iklim değişikliğinden ekolojik ayak izine varıncaya kadar pek çok sorunla ilişkili olduğundan ekolojik, ekonomik ve toplumsal fayda yaratacağı yadsınmamalıdır.

## TEŞEKKÜR

Eko-Kadın Projesinde Fenerbahçe Üniversitesi yönetimiyle işbirliği yapan Üsküdar Belediyesi ve Özel Kalem Müdürü Gülsüm Hasbal İsmailoğlu'na, Ataşehir Belediyesi ve Çevre Koruma ve Kontrol Müdürü Ayten Bağdatlıoğlu Kartal'a, Gastronomi Kültür ve Turizm Derneği Başkanı Gülşen Çoşanoz'e desteklerinden dolayı teşekkür ediyoruz.

## KAYNAKÇA

BBC News. (2021). <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-56291957> adresinden alındı.

BM. (2020). “Daha güçlü bir gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik için gıda kaybı ve israfı azaltılmalı”. *BM Türkiye*. <https://turkey.un.org/tr/94183-daha-guclu-bir-gida-guvenligi-ve-cevresel-surdurulebilirlik-icin-gida-kaybi-ve-israfi/> adresinden alındı.

Brundtland Report. (1987). *Our Common Future. United Nations World Commission on Environment and Development*. International: United Nations.

Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği (2016). *Kompost Rehberi*. GEF Küçük Destek Programı. Ed. Oya A. [http://www.bugday.org/portal/galeri/dosyalar/KompostRehber\\_SON.pdf](http://www.bugday.org/portal/galeri/dosyalar/KompostRehber_SON.pdf) adresinden alındı

Buzby, J., Hyman, J., Steward, W. ve Kuyusu, H. (2011). “The Value of Retail and Consumer-Level Fruit and Vegetable Losses in the United States”. *The Journal of Consumer Affairs*, 45(3):492-515

Çabuk, S. İ. (2010). *Gıda Perakendecilerinin Çevre Duyarlılığı Üzerine Bir İnceleme*. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.

Dölekoğlu, C. (2017). Gıda Kayıpları, İsrar ve Toplumsal Çabalar. *Toplumsal, Tarım Ekonomisi Dergisi*. 23(2).

Duran, S. (2020). Sürdürülebilir Beslenme Nedir? *Besinler.net*.  
<https://besinler.net/surdurulebilir-beslenme-nedir/> adresinden alındı.

EU. (2014). <https://www.parliament.uk/documents/lords-committees/eu-sub-comd/food-waste-prevention/154.pdf>, adresinden alındı

EU-Fusions. (2016). <https://www.eu-fusions.org> adresinden alındı

FAO. (2013). *Food Wastage Footprint Impacts On Natural Resources*. Summary Report. , Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2017). *The Future of Food and Agriculture – Trends And Challenges*.

FAO. (2019). *Sustainable healthy diets: Guiding principles*. Rome.

Gunders, D. (2012). Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food from Farm to Fork to Land II. Issue Paper, *Natural Resources Defense Council*. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/wasted-food-IP.pdf> adresinden alındı.

Gustavsson, J. Christel, C. ve Sonesson, (2011). Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. *Study Conducted For The International Congress Save Food*. FAO, <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf> adresinden alındı.

Güzel, E. (2020). Bir Ekofeminist Çılgık Çifte Sömürü Sürdürülemezlik ve Ekolojik Kıyamet . Marmara Üniversitesi Kadın ve Toplumsal Cinsiyet Araştırmaları Dergisi, 4(2), 67–84.

IPCC (2007). Summary for Policymakers. *A report of Working Group I of the Inter Governmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.

Koca, A. M. (2019). “Sıfır Atıkla Yemek Tarifleri – Sürdürülebilir, Ekonomik ve Sağlıklı Beslenme”. *Yayınlanmamış YL Tezi*. Sağlık Bilimleri Fakültesi. Beslenme ve Diyetetik. Okan Üniversitesi.

Lipinski, B. Craig. H., Iomax, J., Kitinoja, L. Waite, R. ve Searchinger, T. (2013). Reducing Food Loss and Waste, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future. *World Research Institute Working Paper*. Washington DC, [https://pdf.wri.org/reducing\\_food\\_loss\\_and\\_waste.pdf](https://pdf.wri.org/reducing_food_loss_and_waste.pdf) adresinden alındı.

Odegard, I. ve Voet, E. (2014). The Future of Food—Scenarios and The Effect on Natural Resource Use in Agriculture in 2050. *Ecological Economics* 97, 51-59.

Öztürk, M. (2019). “Yaş sebze ve meyveler çöp oluyor”. *Independent*.<https://www.indyurk.com/node/82766/t%C3%BCrkiyeden-sesler/ya%C5%9F-sebze-ve-meyveler-%C3%A7%C3%B6p-oluyor> adresinden alındı.

Parfitt J., Barthel, M. ve Macnaughton, S. (2010). Food Waste Within Food Supply Chains: Quantification And Potential For Change to 2050. *Phil. Trans. R. Soc. The Royal Society*.

Searchinger, T. Richard W., Hanson, C., Ranganathan, J. ve Matthews E. (2018). *Creating A Sustainable Food Future: Synthesis Report*. Sentez, World Resource Institute, [https://www.researchgate.net/publication/334806111\\_World\\_Resources\\_Report\\_Creating\\_a\\_Sustainable\\_Food\\_Future\\_Final\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/334806111_World_Resources_Report_Creating_a_Sustainable_Food_Future_Final_Report) adresinden alındı.

Tatlıdil, F., Dellal, İ. ve Bayramoğlu, Z. (2013). *Food Losses and Waste in Turkey Country Report*. FAO, <http://www.fao.org/3/au824e/au824e.pdf> adresinden alındı.

T.C.DıŖiŖleri Bakanlığı. AB.Başkanlığı (2020) :[https://www.ab.gov.tr/yesil-mutabakat-green-deal-teklif-cagrisi-yayimlandi\\_52146.html](https://www.ab.gov.tr/yesil-mutabakat-green-deal-teklif-cagrisi-yayimlandi_52146.html) adresinden alındı

Times, N. (2008). *A Good Samaritan*. <https://www.nytimes.com/1957/06/09/archives/the-good-samaritan.html> adresinden alındı

Topal, M. (2014). Kompost Standartları Üzerine Bir Derleme. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (2), [https://www.researchgate.net/publication/312479147\\_Kompost\\_Standartlari\\_Uzerine\\_Bir\\_Derleme](https://www.researchgate.net/publication/312479147_Kompost_Standartlari_Uzerine_Bir_Derleme) adresinden alındı.

WRI (2016.). *Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard* . FAO, EU FUSIONS, UNEP, WRAP. World Resource Institute.



# **Ekonomik, Sağlıklı ve Sürdürülebilir Beslenmede Maliyet Yönetimi**

**Ayşe Merve Koca Uyar**

*Bağımsız Araştırmacı, İskenderun-Hatay, Türkiye*  
**(0000-0002-2589-4405)**

**Funda Şensoy**

*Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6880-410X)**

## GİRİŖ

En temel ihtiyaçlarımızdan olan beslenme eylemi ve deęiŖen beslenme davranıŖlarımız her geçen gün dünyada geri döndürülemez bir etki yaratmaktadır. Ekolojik sorunların temel nedeni, dünya nüfusunun hızla artışı ve bununla birlikte artan gıda arzını karŖılamak için devleŖen gıda endüstrisidir.

Dünya'nın 2050 yılına kadar 10 milyara yaklaŖan bir nüfusu beslemesi gerekmektedir. EAT-Lancet Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Sağlıklı Diyetler Komisyonu'nun EAT LANCET yakın tarihli raporunda, artan küresel nüfus için sürdürülebilir, sağlıklı ve besleyici diyet koŖullarının ancak akut ve küresel gıda sistemlerindeki büyük deęiŖiklik ile mümkün olduğu belirtilmektedir (Willett, 2019).

Bir yanda artan nüfusu beslemek için büyüyen bir endüstri, diğer yanda ise gıdaları çöpe atıran beslenme davranıŖlarımız büyük bir ikilem oluŖurmaktadır. Bu ikilemi olumluya çevirmek için yapmamız gerekenler, mutfağımızda birkaç deęiŖiklik ve köklü bir davranıŖ deęiŖiklięidir.

Dünyada üretilen fakat tüketilemeyen yiyecekler önemli çevresel ve ekonomik maliyetlere sahiptir.

İnsan tüketimi için üretilen gıdaların tüketime girmeden-girdikten sonra birçok aŖamada kayba uğradığı bilinmektedir. Bu kayıp hem bireysel hem de ulusal olarak büyük bir mali gideri temsil etmektedir.

## GENEL BİLGİLER

### ***Sürdürülebilir Sağlıklı Beslenme***

Sürdürülebilir beslenme, “çevresel etkisi çok az olan, biyolojik çeŖitlilięe, ekosistemlere karŖı koruyucu, saygılı, beslenme açasından yeterli, güvenli, sağlıklı, kültürel olarak kabul edilebilir ve ekonomik olarak üretim süreçleriyle piyasaya sunulan gıdalardan oluŖan bir beslenme Ŗekli olarak tanımlanabilir (Pimentel, 2003; Aleksandrowicz vd., 2016; Chai, 2019).

“Sürdürülebilir beslenme”, çevremiz ve vücudumuz için sağlıklı besinlerle beslenmektir. 2019 EAT-Lancet'in “Sürdürülebilir gıda sistemleri sağlıklı beslenme komisyonuna göre, daha fazla bitki bazlı

gıdalara doğru küresel bir geçiş, dünyanın büyüyen nüfusunu besleyen, sürdürülebilir bir beslenme şekli olacaktır” sonucuna varılmıştır.

Bitki temelli beslenme tarzı daha fazla baklagil (fasulye, bezelye, mercimek, yer fıstığı), tam tahıllar, sebzeler, meyveler ve kabuklu yemişler ve özellikle kırmızı et ve işlenmiş et olmak üzere daha az hayvansal gıdayı içerir. Rafine tahılların ve ilave şekerlerin de sınırlandırılması teşvik edilmektedir (Willett, 2019).

Gıda ürünlerinin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkileri arttığından, tüketici seviyesindeki gıda atıkları en büyük yükü oluşturmaktadır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2019'da 690 milyon insanın aç olduğunu tahmin etmektedir. Bu rakamın COVID-19 sırasında ve sonrasında keskin bir şekilde artması beklenmektedir. Çeşitli nedenlerle sağlıklı beslenemeyen üç milyar insan olduğunu belirten bu raporun mesajı açıktır: “Vatandaşların evdeki gıda israfını azaltmak için yardıma ihtiyacı vardır” (United Nations Enviroment Programme, 2021).

Şu anda dünya çapında kaybedilen veya israf edilen gıdanın sadece dördte biri kurtarılsa bile, 870 milyon aç insanı doyurmak için yeterli olacaktır (Gustavsson vd., 2011).

### ***Gıda Atığı, Gıda Kaybı ve Gıda İsrafı***

Günümüzde gıda kaybı, gıda atığı ve gıda israfı terimleri birbirleriyle karıştırılmaktadır. Her bir kavramı iyi anlamak ve yorumlamak, problem çözümünde yol gösterici olacaktır.

Gıda kaybı; özellikle insan tüketimi için endüstride üretilen gıdalarda oluşan kayıptır. Tedarik zinciri boyunca yenilebilir gıda miktarındaki azalmayı işaret eder. Gıda kayıpları, gıda tedarik zincirindeki üretim, hasat, işleme ve nakliye aşamalarında gerçekleşir (Parfitt vd., 2010). Birleşmiş Milletlerin (BM) tanımına göre; gıda kaybı, miktar veya gıda kalitesindeki azalmadır. World Resource Institute (WRI)'ın tanımına göre ise; “Gıda Kaybı”, hasar görmüş, dökülmüş, rengi-kokusu değişmiş gibi kalite standartlarına uymayan, tüketiciye ulaşmadan önce kaybolmuş gıdalar anlamına gelir (Lipinski vd., 2013)

Gıda kaybı, başlangıçta insan tüketimi için amaçlanan gıdaların (kuru madde) veya kalitesinin azalmasına karşılık gelir. Bu zararlar temel olarak, zayıf tedarik ve lojistik, teknoloji eksikliği, beceri eksikliği,

tedarik zinciri aktörlerinin bilgi ve yönetim kapasitesi ve piyasaya erişim eksikliği gibi gıda tedarik zincirlerindeki verimsizliklerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca doğal afetler de rol oynamaktadır (FAO, 2013).

Gıda atığı; gıda zincirinin sonunda ortaya çıkan gıda kayıpları (perakende ve nihai tüketim), perakendecilerin ve tüketicilerin davranışlarıyla ilgili olarak “gıda atığı” olarak adlandırılmaktadır.

Birleşmiş Milletlerin (BM) tanımına göre; gıda atığı (gıda kaybının bir parçası olan), gıda tüketim zincirinden insan tüketimine uygun olan ya da bir dereceye kadar olan, esas olarak ekonomik davranış, zayıf stok yönetimi veya ihmal nedeni ile oluşan atıktır (Lipinski vd., 2013).

World Resource Institute (WRI) tanımına göre ise; “Gıda Atıkları” iyi kalitede ve tüketim amaçlı olan gıdaların tüketilmediği için kaybolmasına denir. Gıda kaybı ve atığı tüm besin zincirinde gerçekleşir (Lipinski, 2013). Gıda atığı, son tüketim tarihinin geçip-geçmediği veya bozulmaya bırakıp-bırakılmadığına bakılmaksızın, insan tüketimine uygun gıdaları çöpe atmak olarak tanımlanır. Bunun nedeni çoğu zaman tüketici alışveriş ve yeme alışkanlıkları nedeniyle aşırı arz veya tüketim seçiciliğidir (FAO, 2013).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı, ABD için gıda atıklarını “Konutlardan, marketlerden, restoranlardan, standlardan, kurumsal kafeteryalar-mutfaklardan ve endüstriyel kuruluşlardan çıkan yiyecek ve içecek atıkları” olarak tanımlar. Doğal Kaynakları Koruma Konseyi'ne göre, Amerikalılar yiyeceklerinin %40'ını çöpe atmaktadır (Gunders, 2012). Gıda atığı da gıda kaybının bir parçasıdır, ancak ikisi arasındaki ayırım açıkça tanımlanmamıştır. Gıda dışı zincirlere yönlendirilen gıdalar (hayvan yemi, kompost veya biyoenerjiye dönüş gibi) gıda kaybı veya atığı olarak sayılır. Gıda için üretilen bitkiler ve hayvanlar, “gıda kaybı ve atık” kapsamına girmeyen gıda olmayan bileşenler içerirler. Bu tüketilemeyen parçalar bazen “önlenebilir gıda atıklarına neden olur (Gustavsson vd., 2011). Gıda güvenliği geliŖmekte olan dünyanın en büyük endişe kaynağıdır. Gıda üretimi, artan nüfusun gelecekteki taleplerini karşılamak için belirgin bir şekilde artmalıdır. Gıda dengesizliği ile mücadele eden dünyada, tüketimdeki hızlı artış ile üretimdeki zorlu artış arasındaki gerilimi azaltmak son derece önemlidir. Bunun için ilk olarak, gıda zincirinin etkinliğini arttırmak ve önemli bir potansiyele sahip olan gıda kaybını

azaltma uygulamaları teşvik edilmelidir. Sınırlı doğal kaynaklara (toprak, su, enerji, gübre) sahip bir dünyada, herkese yeterli güvenli ve besleyici gıda üretmek için uygun maliyetli çözümlerin bulunabileceği, gıda kayıplarının azaltılabileceği unutulmamalıdır (Gustavsson vd., 2011).

Gıda israfı, bozulma veya atık ile kaybedilen herhangi bir gıdayı ifade eder. Böylelikle “israf” terimi hem gıda kaybını hem de gıda atıklarının kapsar ve en çok kullanılan kapsayıcı bir kavramdır.

Birleşmiş Milletler' in 2013 yılında yayınladığı “Gıda Atığı-Ayak izi: Doğal Kaynaklar Üzerindeki Etkileri” raporuna göre, gezegenin ürettiği ve 2 milyar insanı besleyebilecek olan gıdaların üçte birinin çöpe gittiği belirtilmektedir (FAO, 2013).

Avrupa Birliği'nde her yıl kişi başı 173 kiloya eşdeğer olan 88 milyon ton gıda israf edilmektedir (FAO, 2017).

2014 yılında Türkiye’de yapılan bir çalışmada gıda kaybının en yüksek olduğu aşamanın üretim aşaması olduğu belirtilmiştir. Hasattan sonra meydana gelen en yüksek israf oranının meyve sebze %33, en düşük oranın ise deniz ürünlerinde %2 olduğu görülmüştür (Tatlıdil vd., 2013).

### ***Gıda İsrafının Ekonomik Mâliyeti***

Birleşmiş Milletler tarafından 2021 yılında yapılan araştırmada yer alan verilere göre 2019 yılında tüketime sunulan gıdaların %17’si (931 milyon ton) israf edilmiştir. Bu yapılan israf 40 tonluk kamyonlara yüklenip peş peşe eklendiğinde dünyanın etrafını 7 kez dolaşabilecek kadar büyüktür (United Nations Environment Programme, 2021).

Gıda kayıpları ve atıkları, sanayileşmiş ülkelerde ortalama 680 milyar ABD doları ve gelişmekte olan ülkelerde 310 milyar ABD dolarıdır (Gustavsson vd., 2011).

Gıda israfı kaynak, zaman ve para israfıdır. Gıda atığı, insanlara hiçbir fayda beslemeden gıda üretiminin tüm çevresel etkileri anlamına gelir. Dünya çapında yüz milyonlarca insan için yaygın gıda güvensizliği nedeniyle, gıda atıklarının ele alınması, düşük etkili, sağlıklı ve dayanıklı gıda sistemleri oluşturmak için kritik bir konudur.

Gıda Atık Endeksindeki küresel tahminler, küresel tüketici gıda atığının önceki tahminlerin yaklaşık iki katı büyüklüğünde olabileceğini öne sürüyor. Bu, dünya çapında tüketici için gıda atığı konusunda eyleme ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Dünya nüfusunun tamamına gıda temin etmek için 2050 yılına kadar üretimin %60 oranında artırılması gerektiği öngörülmektedir. Eğer gıda israfı ve kaybına yönelik gerekli önlemler alınabilirse bu oranın %25 olması yeterli hale gelecektir (Koester, 2014).

### ***Gıda İsrafının Ekolojik Etkileri***

Perakende gıda hizmeti ve tüketici düzeyinde mevcut gıdanın %17'si çöpe atılarak, gıda sistemlerinin iklim, doğa ve kirlilik üzerindeki etkileri giderek artmaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarının tahminen % 8-10'u tüketilmeyen gıdalarla ilişkilidir (Mbow, 2019).

Gıda atığı sorununun boyutu henüz tam olarak anlaşılacakla birlikte Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2011 yılında hazırlanan bir raporda, küresel olarak üretilen gıdanın yaklaşık üçte birinin ve her yıl toplam 1,3 milyar ton gıdanın kaybedildiği veya israf edildiği tahmin edilmektedir (Gustavsson vd., 2011). Gıda kaybı ve israfı tanımlarındaki farklılıklar ve kullanılan çeşitli kantifikasyon yöntemleri, veri belirsizliğine neden olmaktadır (Xue, 2017). Ulusal gıda kaybı ve israf tahminlerinde hala büyük boşluklar olduğu belirtilmektedir (United Nations Environment Programme, 2021).

Yayınlanan bir raporda (EAT-Lancet) küresel gıda sistemlerinin, iklim değişiklikleri de dahil olmak üzere dünya ekosistemlerindeki değişikliklerin ana nedeni olduğu ortaya konmuştur. Tarım; arazi kullanımının %40'undan (Foley vd., 2005), sera emisyonlarının %30'undan (Vermeulen vd., 2012) ve tatlı su kullanımının %70'inden (Steffen, 2015) sorumludur. Balıkçılık yüzünden, yabani hayvanların %60'ı istismar edilmekte, %30 daha fazla avlanılmakta ve küresel avlanma son yıllarda azalmaktadır. Bu tür gıda üretiminin maliyeti, biyolojik çeşitlilikte büyük bir kayba neden olmaktadır. Tüm ekosistemlere verilen zararın yanı sıra besin kaynaklı karbon ve sera gazı emisyonu artmaktadır. Ek olarak, çok önemli olan küresel karbon, fosfor ve nitrojen döngüleri bozulmuştur. Aynı zamanda, üretimden-tüketime kadar gıda israfı ise hızla artmaya devam etmektedir. Bununla birlikte diğer tarafta 820 milyon insan açlık ile mücadele ediyor ve şu anda 2 milyar insan beslenme yetersizliği ile ilgili hastalıklardan

mustarıptir. Mevcut küresel gıda sistemlerinin ne sürdürülebilir ne de sağlıklı olduğu açıktır (Harland, 2015; Searchinger, 2018; Willett, 2019).

Küresel sera gazı emisyonlarının tahminen %8-10'u ise tüketilmeyen gıdalarla ilişkilidir (Mbow, 2019).

Dünya nüfusunun tamamına gıda temin etmek için 2050 yılına kadar üretimin %60 oranında artırılması gerektiği öngörülmektedir (Alexandratos, 2012). Eğer gıda israfı ve kaybına yönelik gerekli önlemler alınabilirse bu oranın %25 olması yeterli hale gelecektir (Koester, 2014).

## **YÖNTEM**

Bu araştırma; sıfır atıkla yemek tarifleri geliştirilerek, sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı beslenmeyi sağlamak amacıyla planlanmış bir uygulama mutfağı çalışmasıdır.

Araştırma Eylül 2018 ile Ocak 2019 tarihleri arasında İstanbul'da yapılmıştır. Beslenme ve Diyetetik alanlarında uzman araştırmacılar ile yürütülen çalışmada 25 adet sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı yemek tarifi geliştirilmiştir. Bu tarifler geliştirilirken; kullanılan gıdaların atıkları, kullanılabilir kısımları hassas mutfak tartısı ile ölçülmüştür ve tarife formlarına kaydedilmiştir. Gıdaların kullanım sırasında kaybını önlemek için ince soyabilen soyacak kullanılmış ve ayrıca mevsiminde ve taze ürünler semt pazarlarından alınmıştır.

Sürdürülebilir, ekonomik ve sağlıklı yemek tariflerinin geliştirilmesinde mutfakta en çok oluşan atık nedenleri gözlemlenmiş ve üç grupta değerlendirilmiştir. Birinci grupta; artan yemeği değerlendirmeye yönelik, ikinci grupta bayat ve olgun gıdaların tekrar kullanılmasına yönelik, üçüncü grupta ise atık değerlendirmeye yönelik yemek tarifleri kullanılmıştır.

Çalışmada her tariften çıkan organik atık miktarı (Tablo 1) ve yemeklerin maliyetleri hesaplanmıştır.

Tablo 1. GeliŖtirilen Yemek Tarifleri ve Organik Atık Miktarları

GeliŖtirilen Tarifler	Kompost Atık Miktarı (g)
Artan Nohut Yemeğinden Falafel	8
Artan Bulgur Pilavından Lahana Sarması	116
Artan Nohut Yemeğinden Kraker	24
Kaygana Balık Köftesi	22
Artan Nohut Yemeğinden Etsiz Köfte	106
Bayat Ekmek Krakeri	7
Olgun Muzlardan Yulaflı Kurabiye	226
Olgun Meyvelerden Marmelat	97
Elmalı Bayat Ekmek Tatlısı	168
Bayat KuruyemiŖlerden Granola	0
Bayat Peynirlerden Kraker	33
Bayat Ekmek ve Bayat Peynirden Pesto Sos	0
YeŖil Sap Kısır	141
Saplardan Sebze Suyu	151
Mantar Köklerinden Sote	7
Saplardan Minestrone Çorba	137
Sap Mücver	44
Sebze Kabuğundan Noodle	18
Patates Kabuğu Cipsi	1
Sap Dible	9
Pırasa Yapraklarından Mücver	63
Badem Posasından Kraker	0
YeŖil Omlet	20
Artıktan Balık Çorbası	114
Kereviz ve Brokoli Saplarından Zeytinyağlı	20
<b>Toplam</b>	<b>1532</b>

Yemeklerin maliyetini hesaplamak için 11 Ocak 2019 tarihinde bir firmanın internet alışveriŖ sayfasından yararlanılmıŖ ve günlük fiyat deęiŖimleri ve semt pazarı, manav, market vb. farklılıkları ortadan kaldırmak amaçlanmıŖtır. İstanbul’da semtlere göre deęiŖen gıda fiyatları sebebi ile maliyet hesabı için çevrimiçi de hizmet veren bir market zincirini tercih etmek kafa karıŖıklığını önlemiŖtir. Kullanılan her gıdanın kilogram fiyatı kullanılacak adet veya grama bölünerek tek tek hesaplanmıŖtır. Maliyeti 0,001 KuruŖ’un altında olan gıdalar, artan



yemekler, bayat gıdalar ve sebzelerin normalde tüketilmeyen kısımları maliyet hesabına dahil edilmemiştir. Pişirme maliyeti (elektrik\doğal gaz) toplam maliyete eklenmemiş, göz ardı edilmiştir.

Yapılan yemeklerin toplum tarafından tat, koku ve görünüş açısından kabul görür olmasına ve besin değerlerini yitirmemiş olmasına dikkat edilmiştir.

## **BULGULAR**

Çalışmada geliştirilen 25 adet tarifin yanında geleneksel tariflerde ekonomik olarak ulaşılabilirlik göz önünde bulundurulmuştur. Bu sayede gıda fiyatlarındaki değişikliklerin yarattığı maliyet farklılıkları göz ardı edilmiştir. Böylece aynı yemeği sürdürülebilir bir bakış açısı ile yaptığımızda ne kadar kâr elde edeceğimiz araştırılmıştır. Tablo 2’de geleneksel tarifler ile değişiklik yapılan geleneksel formların karşılaştırması gösterilmiştir. Çalışmada sadece 12 adet tarifin geleneksel tarifine ulaşıldığı için sadece bu tariflerde maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Yapılan tariflerde mevsiminde sebze ve meyveler kullanılmıştır, bu sayede ekonomik yarar sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmada yapılan tarifler ile yemeklerin maliyetinde %65,89’luk bir tasarruf sağlanmıştır.

## **TARTIŞMA**

Gıda israfının ve bunun ekonomik, ekolojik sonuçlarının tam olarak ölçülenmesinin küresel ölçekte oldukça zor olduğu belirtilmektedir. Birleşmiş Milletlerin (BM) 2021’de yayımladığı “Food Waste Index” (Koester, 2014) raporunda bazı ülkelerden veri akışının olmadığı ve bazı ülkelerin verilerinin de güvenilir olmadığı ifade edilmiştir.

Ayrıntılı hesaplamalara ve tahminlere dayanarak, EAT-Lancet raporu; sürdürülebilir, besleyici ve sağlıklı olduğu iddia edilen ve bizi 2050’ye güvenle götürebilecek bir diyet önermektedir. Bu diyet temel olarak bitki bazlıdır. Sebze, meyve, tam tahıl, baklagiller, kabuklu yemişler

*Tablo 2. Geleneksel Tarifler ile GeliŖtirilen Tariflerin Maliyet KarşılaŖtırması*

<b>Geleneksel Tarifler</b>	<b>Porsiyon Maliyet (TL)</b>	<b>GeliŖtirilen Tarifler</b>	<b>Porsiyon Maliyet (TL)</b>	<b>Fark (%)</b>
Kısır	3,22	YeŖil Sap Kısır	1,38	42,85
Mücver	3,72	Sap Mücver	1,27	34,13
Lahana Sarması	3,12	Artan Bulgur Pilavından Lahana Sarması	0,39	12,5
Minestrone Çorba	2,39	Minestrone Çorba	1,58	66,1
Mantar Sote	2,03	Mantar Köklerinden Sote	1,54	75,86
Falafel	2,39	Artan Nohut Yemeğinden Falafel	1,25	52,3
Balık Çorba	9,17	Balık Çorba	1,65	17,99
Hamsili Kaygana	5,22	Kaygana Balık Köftesi	3,25	62,26
Meyve Marmelatı	2,31	Olgun Meyvelerden Marmelat	0,01	0,43
Otlı Omlet	2,73	YeŖil Sap Omlet	1,38	50,54
Dible	4,58	Sap Dible	0,8	17,46
Noodle	4,22	Sebze Kabuğundan Noodle	0,88	20,85
Toplam	45,1	Toplam	15,38	65,89

ve doymamıŖ yağlardan oluŖmakla birlikte, orta veya az miktarda balık, kümes hayvanı ve hiç veya çok az kırmızı et, iŖlenmiŖ et, ilave Ŗeker, rafine tahıllar ve niŖastalı sebzeler içermektedir. Bu tavsiye ile BirleŖmiŖ Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (BirleŖmiŖ Milletler (BM), 2019) ulaŖmanın mümkün olacağı belirtilmiŖtir. Bununla birlikte, çözümlerin kırılganlığı ve kırmızı et veya süt ürünleri tüketimindeki küçük bir artışı, yıkıcı etkilere neden olabileceğı belirtilmektedir (Willett, 2019).

## **SONUÇ**

ÇalıŖmada sürdürülebilir, ekonomik ve sağıklı yemek tarifi geliŖtirilmiŖ ve yapılan yemeklerin toplum tarafından tat, koku ve görünüş açısından kabul görür olmasına ve besin değerlerini yitirmemiŖ olmasına dikkat edilmiŖtir. Yapılan tariflerin maliyetleri ve gıda atıklarının azaltılması için organik atık miktarları hesaplanmıŖtır.

Bu sayede mutfak giderlerinde tasarruf edilirken aynı zamanda kent çöplüğüne giden gıda atığı ortadan kaldırılmıştır.

Sürdürülebilir ve ekonomik beslenme konusu önceliklendirilerek getirilebilecek çeşitli projeler desteklenmelidir. Bu konuda araştırma yapmak isteyen kişiler teşvik edilmelidir. Diyetisyenlerin bu konu hakkında bilgi birikiminin artması için lisans eğitime dersler eklenmeli, çeşitli sempozyumlar, kongreler ile desteklenmelidir. Mutfaklarımızda uygulayacağımız değişiklikler artmalı ve bu uygulama ile yapılan çalışmalar paylaşılmalıdır.

Dünyada giderek artan gıda israfı hem ekolojik hem de ekonomik bir kayıptır. Bununla birlikte dünya nüfusu hızla artmaya devam etmektedir ve artan nüfusu beslemek günden güne zorlaşmaktadır. Kişisel mutfaklarda yapılabilecek bazı değişiklikler hem ekolojiyi korumaya hem de ekonomimizi korumaya yardım edebilir.

- Toplumsal olarak beslenme “Sürdürülebilir Sorumluluk” barındırmalıdır.
- Değişken gıda enflasyonundan en az şekilde etkilenmek için mutfakta değişiklikler yapılmalıdır.
- Hane halkı ve ulusal gıda harcamasının azaltılması gıdaya bakış açımızın değişmesi ile mümkündür. Bu bakış açısını değiştirecek uygulamalar yapılmalıdır.
- Gıdanın tarladan-çatala gelene kadarki macerasını öğrenmek tüketicilerin davranışlarını değiştirmede etkili olacaktır. Tarladan- çatala gıda macerasının medya ve sosyal medya bilgilendirme kampanyaları ile bilinirliği artırılmalıdır.
- Okullarda ve okul öncesi dönemdeki çocuklara bu konuda farkındalıklarını arttıracak eğitimler verilmelidir.
- Ekolojik sorumluluk toplumun tüm kesimlerine yayılmalı ve buna yönelik kampanyalar düzenlenmelidir.
- Kişilerin beslenmeleri ekolojik olarak ‘Karbon Ayak İzi’ en az olacak şekilde planlanmalıdır.
- Diyetisyenlerin bu konuda bilgi birikimi artırılmalı ve uygulamalarına bu bakış açısını katmaları sağlanmalıdır.
- Karbon ayak izi en fazla olan kırmızı et ve süt ürünlerinin kullanımı azaltılmalı, alternatif besinler üzerine çalışılmalıdır.

- Lokal beslenmeye özen gösterilmeli ve ithal ve mevsim dışı ürün tüketimi azaltılmalıdır.
- Sürdürülebilir ve ekonomik beslenme farkındalığı için konunun uzmanı sağlık profesyonelleri olan diyetisyenlerin aktif rolü ile uygulamalı mutfak projeleri geliŖtirilmelidir.
- Ulusal beslenme rehberlerinde gıdaların karbon ayak izi ve atıksız yemek tarifleri gibi konularda bilgiler verilmelidir.
- Yerel yönetimler ile iş birliği yapılarak toplumun tüm kesimlerindeki mutfaklara ulaŖılmalı ve farkındalıklarını arttıracak çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKÇA

Aleksandrowicz L., YeŖili B., Sevinç E. JM., Smith. P. ve Haines A. (2016). The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. 2016 Nov 3;11(11): e0165797. doi: 10.1371/journal.pone.0165797. eCollection 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27812156/>

Alexandratos, N. B. (2012). World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 Revision, FAO. Roma: ESA Working Paper, 2012. 12-03.

Chai B.C. (2019). Which diet has the least environmental impact on our planet? A systematic review of vegan, vegetarian and omnivorous diets. *Sustainability*, 11, 15, 4110; <https://doi.org/10.3390/su11154110>

FAO. (2013). Food Wastage Footprint Impacts On Natural Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). s. 7-9-11-14, Summary Report. 978-92-5-107752-8.

FAO. (2017). Food waste: the problem in the EU in numbers [infographic]. European Parliament. NEWS: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20170505STO73528/food-waste-the-problem-in-the-eu-in-numbers-infographic> adresinden alındı.

Foley J.A., Defries, R.S., Asner G.P. ve Barford C.C. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309, 570. DOI:10.1126/science.1111772

Gunders D. (2012). Wasted: How America Is Losing Up to 40 Percent of Its Food from Farm to Fork to Land II. Natural Resources Defense Council. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/wasted-food-IP.pdf> adresinden alındı.

Gustavsson J., Christel, C. ve Sonesson, (2011). Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Study Conducted for The International Congress Save Food. FAO, [http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e .pdf](http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf) adresinden alındı.

Harland J., G. L. (2015). The Plant-Based Plan. 10 Scientific Reasons for More Plant-Based Eating. Leuven: Alpro Foundation, Gent. <https://www.alprofoundation.org/news-events/10-scientific-reasons-for-more-plant-based-eating/>

Koester U. E. (2014). Food losses and waste in Europe and Central Asia. Draft Synthesis Report, FAO.

Lipinski, B., Hanson, C., Waite, R., Searchinger, T., Lomax, J. ve Kitinoja, L. (2013). Reducing Food Loss and Waste. “Creating a Sustainable Food Future”. World Resources Institute and UNEP, Washington. [https://pdf.wri.org/reducing\\_food\\_loss\\_and\\_waste.pdf](https://pdf.wri.org/reducing_food_loss_and_waste.pdf) adresinden alındı.

Mbow C. R.F. (2019). Food security. In Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/02/08\\_Chapter-5\\_3.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/02/08_Chapter-5_3.pdf) adresinden alındı

Parfitt J., B. M. (2010). “Food Waste Within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050”. Phil. Trans. R. Soc. The Royal Society.

Pimentel D., P. M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment The American Journal of Clinical Nutrition, 78, 3, September 2003, 660S–663S, <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660S>

Searchinger T., W. R. (2018). Creating A Sustainable Food Future: Synthesis Report. World Resources Institute [https://www.researchgate.net/publication/334806111\\_World\\_Resources\\_Report\\_Creating\\_a\\_Sustainable\\_Food\\_Future\\_Final\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/334806111_World_Resources_Report_Creating_a_Sustainable_Food_Future_Final_Report) adresinden alındı.

Steffen W, R. K. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223).

Tatlidil, F., Dellal, İ. ve Bayramoğlu, Z. (2013). Food Losses and Waste in Turkey Country Report. FAO, <http://www.fao.org/3/au824e/au824e.pdf> adresinden alındı.

United Nations Environment Programme (2021). Food Waste Index Report-2021. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>

Vermeulen S. J., Bruce M. Campbell, (2012). Climate change and food systems. *Annual review of environment and resources* 37 (2012): 195-222.

Willett W, J. R. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT– Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. THE LANCET COMMISSIONS. *Lancet*.2019 Feb 2;393(10170):447-492. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4. Epub 2019 Jan 16.

Xue L. L. (2017). Missing Food, Missing Data? A Critical Review of Global Food Losses and Food Waste Data. *Environmental Science & Technology. Environ. Sci. Technol.* 2017, 51, 12, 6618–6633

# **Dijitalleşmenin Salgın Hastalık Gölgesinde Jenerasyon Farkıyla Değerlendirilmesi**

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-1997-2005)**

**Gülşen Akman**

*Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-5696-2423)**

## GİRİŖ

Dijital ortamdaki bilginin taşınabilir hale gelmesi için 1970’li yıllarda disketler, 1980’li yıllarda 1,44 mb’lık disketler (Floppy Disk) kullanılıyordu. Sonrasında 1990’lı yıllarda 700 mb’lık CD’ler ve ardından 4,7 GB’lık DVD’ler ile süreç devam etti. 2000’li yıllarda daha yüksek kapasiteli taşınabilir bellekler ve sonunda Terebayt düzeyindeki kapasiteleri ile harici hard disklerle devam etti. Bugün geldiğimiz noktada bulut teknolojisi ile kapasite kısıtını aşarak bilgi taşınabilir ve stoklanabilir hale geldi.

Sadece bilgiyi taşınabilir hale getiren teknolojinin geçirdiği değişim sürecinin bile 30 sene sürdüğünü düşündüğümüzde, Korona virüsün etkisiyle pek çok alanda yaşadığımız dijitalleşme çok hızlı gerçekleşmektedir.

Çalışmamızda; insanoğlunun hayatında değişimlere sebep veren sanayi devrimlerinin tarihçesi, Endüstri 4.0 ve dijitalleşmeye dönük bir literatür çalışması yapılmıştır. Sonrasında, içinde bulunduğumuz salgın hastalığa bağlı bu dönüşüm sürecinde, dijitalleşmenin iş ve özel hayatlarımızdaki mevcut durumu jenerasyon boyutu ile analiz edilerek, korona virüsünün dijitalleşmeye etkisinin değerlendirileceği bir anket çalışması ve anketin analizi ile çalışma sonlandırılmıştır.

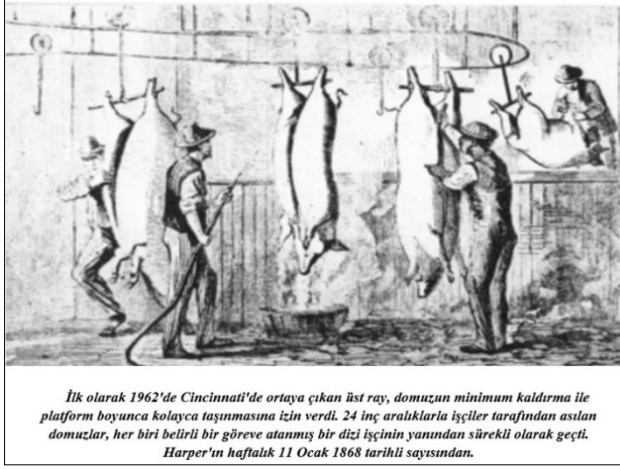
## LİTERATÜR TARAMASI

Yaşam tarzımızdaki ilk büyük değişim, hayvanların ehlilleştirilerek sürece katkı vermesiyle, avcılık ve toplayıcılıktan tarım toplumuna geçişle 10.000 yıl önce meydana gelmiş, tarım devrimine bağlı gıda üretiminde iyileşmeye bağlı nüfus artışı ve daha geniş yerleşimlere geçiş ve kentleşme ile gelişim devam etmiştir (Schwab, 2017). XVIII. yüzyılın sonlarında James Watt’ın buhar gücünü makinalarda kullanması ve sonrasında Edmund Cartwright’ın 1784 yılında, icat etmiş olduğu mekanik dokuma tezgahı ile Birinci Endüstri Devrimi; insan gücünün yerini makinelerin almasıyla gerçekleşmiştir. Birinci sanayi devriminin belirgin ayırıcısı insan gücünün yerini mekanikleşmenin alması olmuştur.

1856’da İngiliz madencisi Henry Bessemer’in bulduğu üretim yöntemiyle çeliğin maliyetinin ciddi oranda düşmesiyle İkinci Sanayi Devriminin başladığı değerlendirilir (Koçak, 2019). 1870 yılında Cincinnati’de bir mezbahada, Şekil 1’de gözüken, ilk seri işleme



elverecek fabrika içi montaj hattı kurulmuştur. İkinci sanayi devrimini elektriğin etkin kullanılması, 1879'da Thomas Edison'un ince filamanlı ampülü geliştirip pazara sürmesi ve 1880'lerde ilk elektrik santrallerinin kurulması sağlamış ve birçok endüstride seri üretime geçilmiştir. Henry Ford ve Alfred Sloan; fabrikaların üretimi, tedarikçilerin koordinasyonu, tüm kuruluşun yönetimi, yeni bir dağıtım ve pazarlama sisteminin geliştirilmesi ile kitlesel üretimi otomotiv endüstrisinde örnek hale getirmiş ve 1920'li yıllarda süratle ilk önce Amerika'da, sonradan da tüm dünyada uygulanır olmuştur (Yalçın, 2006).



Şekil 1. 1862 senesinde Cincinnati'de bir mezbananın resmi  
Kaynak: Gordon, 1990

1969'da üretimde bilgisayar teknolojileri vasıtası ile programlanabilir mantıksal denetleyicilerin (PLC) endüstride otomasyonu mümkün kılması ile Üçüncü sanayi devriminin başladığı değerlendirilir. Önceki sanayi devrimlerinde mekanik olarak yer alan makineler Üçüncü Sanayi devrimi ile beraber işin kontrol ve görece yönetim kısmında da yer almaya başlamıştır (Arkan, 2018).

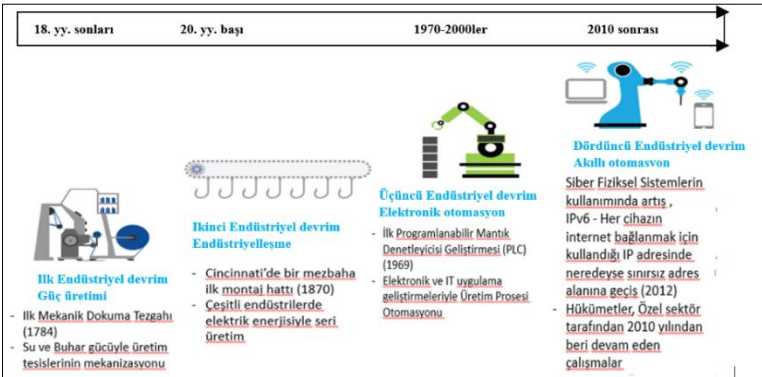
Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı 2011'de, gelecekte ülkenin kalkınmasını güçlendirecek 10 ana projeyi duyurmuştur. Projelerden biri de, Almanca "Industrie 4.0" olarak adlandırılmış ve ilk olarak 2011 Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir (Siemens, 2019). Daha sonrasında 2013 yılında BITKOM (Bilgi Teknolojileri,

Telekomünikasyon ve Yeni Medya Birliği), VDMA (Almanya Mühendisler Federasyonu) ve ZVEI (Elektrik ve Elektronik Üreticiler Birliği) adlı üç kuruluş “Endüstri 4.0 Platformu”nu (www.plattform-i40.de) hayata geçirmiş ve bu kurum Endüstri 4.0 ile ilgili olarak şirketler, çalışan temsilcileri, bilim ve politika dünyası için merkezi konumda çalışmalarına devam etmiştir (Kagermann ve Whalster, 2014).

Endüstri 4.0; CPS-Siber-Fiziksel Sistemler (Fiziksel ve sanal dünyanın birleşimi), IoT (Nesnelerin İnterneti), IoS (Servislerin İnterneti)’nin topluca yapacağı yıkıcı değişimle, üretim şirketlerinin her yönünü etkileyecek bir değişimdir (Almada-Lobo, 2015). Endüstri 4.0’ın bileşenleri olarak aşağıdaki teknolojiler sayılmaktadır (Tansan vd., 2016):

- Büyük veri ve analizi,
- Akıllı robotlar,
- Simülasyon,
- Dikey ve yatay sistem entegrasyonu,
- Nesnelerin interneti,
- Siber güvenlik,
- Bulut teknolojisi,
- Eklemeli üretim – 3D Baskı,
- Zenginleştirilmiş (artırılmış) gerçeklik.

Dört sanayi devrimi Şekil 2 üzerinde özetlenmektedir.



Şekil 2. Önemli gelişmeler ışığında Sanayi Devrimleri Tarihçesi

Kaynak: Sniderman vd., 2016

Endüstri 4.0'ın daha önceki sanayi devrimlerinden; doğrusal değil üstel ilerleme hızı, dijital devrim üzerinde yükselerek toplumun tüm katmanlarında değişime sebep olacak teknolojileri bir araya getirmesi ve ülkeler, şirketler, sektörler arasında bütünsel sistem değişimine etki etmesi olarak üç yönden farklı olduğu değerlendirilmiştir (Schwab, 2017). Endüstri 4.0'ın temel dayanağı olarak aşağıdaki 6 prensip sıralanmıştır (Lasi vd., 2014).

- *Birlikte Çalışabilirlik*: Nesnelerin interneti ile insan-makina, makina-makina, makina-insan arası iletişim ve yönetim vardır.
- *Sanallaştırma*: Fiziksel süreçlerden sensörler vasıtası ile gelen bilgiler ile akıllı fabrikaların sanal kopyaları üzerinde çalışabilmektedir.
- *Sorumluluğun Dağıtılması*: Siber fiziksel sistemlerin karar alma yeteneği vardır.
- *Gerçek Zaman Yeteneği*: Gerçek zamanlı veriler toplanıp analiz edilmektedir.
- *Servis Yönelimi*: Servis hizmeti internet üzerinden sağlanmaktadır.
- *Modülerlik*: Akıllık fabrikalar tek başına ve modüler olarak esnek çalışma yeteneklidir.

## DİJİTALLEŞME

Digitization (Sayısallaştırma) analog bilginin dijital bilgiye dönüşümü olarak tanımlanmakta, Digitalization (Dijitalleşme) ise sayısallaştırılmış bu bilginin dijital teknolojilerin kullanımıyla değer yaratımı olarak ifade edilmektedir (Gobble, 2019). Dijitalleşme, birbirine sensörler ile nesnelerin interneti olarak bağlanan cihazların veri alışverişiyle oluşturduğu dijital verinin, bilgiye dönüşerek anlam kazanmasıdır diyebiliriz. Dijitalleşmenin artıcı etkileri olarak; verim, gelirler, müşteri memnuniyeti, kalite, hız, karlılık, iş güvenliği, çalışan memnuniyeti başlıkları belirtilmiştir (Aksu, 2018). Sayısallaştırma sürecinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sarna, 2016):

- Süreçlerin düzenlenmesi (kağıt bazlı süreçlerden dijital süreçlere geçiş),
- Belgelerin yönetimi (depolama, kontrol ve koruma),

- Veri yönetimi (Basılı kaynaklar, multimedya ve dijital kaynaklardan veri toplayabilme),
- Sürekli EriŖilebilirlik,
- Kağıt kullanımının azalması ve buna bağı fiziksel depolamayı en aza indirme ve depolama giderlerinden tasarruf,
- Elektronik dokümantasyonla gelişmiş/verimli arama yöntemleri,
- Artırılmış bilgi güvenliğı,
- Müşteri memnuniyetinde artış.

Dijital dönüŖüm, dijital teknolojilerin insan hayatının tüm yönlerini etkileyerek değıŖtirmesidir (Stolterman ve Fors, 2004). Dijitalleşme teknoloji değıŖimini izlemekten öte akıllı cihazlar ve nesnelerin interneti ile insan hayatının tamamında belirleyici olmaktadır. İnsan hayatının dijitalleşmesini aŖağıdaki başlıklarda özetlemek mümkündür.

- *Akıllı Telefon Kullanımı:* Tüm bu sürecin belki de temelini akıllı telefonunun hayatımıza giriŖi olarak belirlemek mümkündür. Akıllı telefona yüklenebilen uygulamalar ile birçok işlemin telefon üzerinden yapılabilmesi olanaklı hale gelmiştir. Korona virus etkisiyle görüntülü görüşme özelliğinin de eskiye nazaran kullanımının arttığı değıerlendirilebilir.
- *Diğer Akıllı Cihazlar:* Esasında cep telefonunu da içeren akıllı cihaz tanımı, Bluetooth veya internet teknolojileri ile diğer cihazlara bağlanabilen cihazı kastetmektedir. Nesnelerin interneti olarak ifade edilen kavramı belki de en iyi aŖağıda gözüken Şekil 3 anlatmaktadır.
- *E-Devlet Uygulaması:* E-Devlet internet üzerinden hizmet veren bir resmi devlet uygulamasıdır. Sitenin sıkça sorulan sorular kısmında; “e-Devlet, vatandaşlara devlet tarafından verilen hizmetlerin elektronik ortamda sunulması demektir” olarak tanımlanmıştır. Çok kullanılan uygulamalar kısmında; askerlik durum belgesi, Sigorta hizmet dökümü, dava dosyası sorgulama, vergi borcu, araç plakasına yazılı ceza sorgulama, hava tahmini, icra dosyası, tapu bilgileri vb. birçok hizmet alınabilmektedir.
- *Elektronik Ticaret:* Korona salgın hastalığı öncesinde, fiziki alışveriş için, vakit ayırarak ve görerek alışveriş yapma alışkanlığının korona virüs sonrası, evdekal mottoosu etkisiyle de mecburi olarak ağırlık kazandığı söylenebilir.



Şekil 3. Akıllı Cihazların resmi  
Kaynak: Altınoluk, 2017

- **Elektronik Eğitim:** Şirketlerin, eğitim kurumlarının ve bireylerin daha ekonomik olması ve ulaşım ile konaklama için harcanacak zaman ve maliyetten de kazanç olması sebebiyle uzaktan eğitim uygulaması hayatlarımızda yer edinmişti. Bugün salgın hastalık etkisi ile resmi olarak eğitim-öğretim faaliyetleri uzaktan devam etmektedir. Salgın hastalık sonrasında eğitim-öğretim belki yeniden eski haline dönebilir, belki de hibrit bir model olarak şirket eğitimlerinin bir kısmı ve resmi eğitim-öğretim faaliyetlerinin teorik, etüd vb. kısımları uzaktan eğitim olarak devam edebilir.
- **Bankacılık Uygulamaları:** Bugün bir banka şubesi ya da bir bankamatiğe gitmeden neredeyse tüm işlemler internet bankacılığı üzerinden yapılabilmektedir. Telefon, elektrik, su, doğalgaz vb. fatura ödemelerinden, tüm yatırım işlemlerine, para transferine, kentkart ulaşım kartı para yüklemesine kadar pek çok hizmet alınabiliyor.
- **İş Hayatı:** Dijitalleşmenin işyerlerine etkisi olarak, iş süreçlerinin yeniden organize edilmesiyle beraber şirket içi verimlilik artışı; yeni müşteri, yeni servis vb. ile yeni iş fırsatları ve organizasyonda komple yıkıcı değişim olarak bahsedilebilir (Parviainen vd., 2017). Korona virüs sonrasında mekan bağımsız çalışma (uzaktan çalışma) ile beraber dijital ortamda toplantıların önem kazandığı görülmektedir.

- *Sosyal Medya Kullanımı*: Genellikle Facebook, Instagram, Twitter ve/veya LinkedIn kullanımı olarak karŖımıza çıkmaktadır.

## DİJİTALLEŖME ANKETİ

Günümüz insanının dijitalleşmesi, zorunlu kullanım olan E-Devlet gibi uygulamalar hariç, Ŗimdiye kadar bir tercih olarak değerdendirilebilirdi. Ancak bugün bir salgın hastalık gölgesinde çok net olarak hissedildi ki, bazı konularda dijital alternatif istenilmese de kullanılmak zorundadır. Bu çerçevede, dijitalleşmenin neresinde bulunduğunu ölçebileceğimiz ve jenerasyon farklılığının da önemli bir faktör olup olmadığının değerdendirilmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Literatürde 5 farklı jenerasyon tanımlandığı görülmektedir; Sessiz Kuşak (1925-1945), Baby Boomers (1946-1964), X Kuşacağı (1965-1979), Y Kuşacağı (1980-2000) ve Z Kuşacağı (2000-2020) (Adıgüzel vd., 2014). Dijital gösterge olabilecek sorular dört ana başlık olarak; Sosyal Dijitalleşme, Resmi ve Finansal Konularda Dijitalleşme, Alışverişte Dijitalleşme ve İşyerinde Dijitalleşme olarak toplanmış ve google anket üzerinden katılımcılarca doldurulmuştur. Anket sonuçları SPSS programı üzerinden analiz edilmiştir.

### **Anket Tanımlayıcı İstatistik Bilgileri**

Anket 22.04.2020-16.05.2020 tarihleri arasında 449 katılımcı tarafından doldurulmuştur. Z kuşacağı olarak sadece 2 anket doldurulduğundan bu anketler ve tutarsız gözükten anketler göz ardı edilerek, sonuçlar 444 anket üzerinden değerdendirilmiştir. Croanbach's Alpha güvenilirlik testi sonuçları 0,9 çıkmıştır. Ankete katılım gösterenlerin cinsiyet dağılımı Tablo 1'de, jenerasyon dağılımı Tablo 2'de gözükmektedir.

*Tablo 1. Cinsiyet dağılımı*

		Cinsiyet			
		Sıklık	%	Geçerli %	Kümülatif %
Kırılım	Kadın	238	53,6	53,6	53,6
	Erkek	206	46,4	46,4	100,0
	Toplam	444	100,0	100,0	

Tablo 2. Jenerasyon dağılımı

		Kuşak			
		Sıklık	%	Geçerli %	Kümülatif %
Kırılım	Baby Boomers	17	3,8	3,8	3,8
	X Kuşağı	157	35,4	35,4	39,2
	Y Kuşağı	270	60,8	60,8	100,0
	Toplam	444	100,0	100,0	

Anketi oluşturan 4 ana başlığın normallik değerlendirmesi yapılmıştır. Her başlığa ait değerler incelendiğinde; çarpıklık (skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerlerinin  $\pm 1,5$  aralığında değiştiği durumlar normal kabul edilmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013). Bu çerçevede Sosyal Dijitalleşme ile Resmi ve Finansal Konularda Dijitalleşme'ye verilen cevapların normal dağılmadığı, Alışverişte Dijitalleşme ve İşyerinde Dijitalleşme başlıklarına verilen cevapların normal dağıldığı görülmektedir.

### **Sosyal Dijitalleşme**

Normal dağılım sergilemeyen Sosyal Dijitalleşme sorularına verilen cevaplar, Kruskal Wallis ile aşağıdaki hipotez ile incelenmiştir.

**Hipotez 1:** Sosyal Dijitalleşme boyutunda jenerasyon farklılığı yoktur.

Tablo 3'de anket soruları ve verilen cevapların anlamlılığı yer almaktadır. Sadece Dijital Film-Dizi Platformu Aboneliği sorusuna verilen cevapların, jenerasyon boyutunda farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılığın hangi kuşaklardan kaynaklandığını tespit edebilmek için cevaplar Mann Whitney testine tabi tutulmuştur. Baby Boomers ve Y Kuşağı arasında farklılık olduğu Tablo 4'de gözükten test sonuçlarıyla tespit edilmiştir. Baby Boomers'dan Y kuşağına doğru gidildikçe kullanmıyorum oranı azalmaktadır.

*Tablo 3. Sosyal dijitalleşme sorularına verilen cevapların farklılık değerlendirmesi*

Soru Başlığı	Anlamlılık Derecesi
Akıllı Telefon Kullanımı	0,381
Telefondan Görüntülü Görüşme Yapma	0,138
Telefonun Fotoğraf Makinası Olarak Kullanılması	0,546
Sosyal Medya Uyg. En Az Birinin Kullanımı	0,149
Kitap, Müzik vb.nin Elektronik Ortamda Kullanımı	0,104
Dijital Film-Dizi Platformu Aboneliği	0,008
Dijital Ortamda Müze, Konser vb. Etkinliğine Katılım	0,325

*Tablo 4. Baby Boomers ile Y kuşaağı dijital film platformu aboneliği farklılığı Mann Whitney testi sonucu*

Ranks				
	Kuşak	Örnek	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı
Dijital Film-Dizi Platformu Aboneliği	Baby Boomers	16	97,69	1563,00
	Y Kuşaağı	267	144,66	38623,00
	Toplam	283		

### **Resmi ve Finansal Konularda Dijitalleşme**

Resmi ve Finansal Konularda dijitalleşme sorularına verilen cevaplar, normal dağılım sergilemediğinden, aŖağıdaki hipotez ile Kruskal Wallis yöntemiyle incelenmiştir.

**Hipotez 2:** Resmi ve Finansal Konularda dijitalleşme boyutunda jenerasyon farklılığı yoktur.

Tablo 5’de anket soruları ve verilen cevapların anlamlılığı yer almaktadır. Sadece Telefon QR Barkod ile Para Çekme/Para Yatırma sorusuna verilen cevapların jenerasyon boyutunda farklı olduğu Tablo 6’da görüldüğu üzere belirlenmiş ve Baby Boomers’dan Y kuşaağına doğru gidildikçe kullanmıyorum oranı azalmaktadır.



Tablo 5. Resmi ve finansal konularda dijitalleşme sorularına verilen cevapların farklılık değerlendirmesi

Soru Başlığı	Anlamlılık Derecesi
E-Devlet Uygulaması Kullanımı	0,720
E-Belediye vd. Resmi Kurum Uygulamaları Kullanımı	0,104
Sağlık Bakanlığı Uygulaması E-Nabız Kullanımı	0,109
Yatırım İşlemlerinin Elektronik Ortamda Yapılması	0,649
Banka İnternet Şubesi Kullanımı	0,235
İnternet Bankacılığıyla Havale, EFT vb. İşlemleri Yapma	0,584
Telefon QR Barkod ile Para Çekme/Para Yatırma	0,000
Dijital Para (Bitcoin) Sahipliği	0,176
Sanal Kredi Kartı Kullanımı	0,239
Kredi Kartı Yerine Mobil Temassız Ödeme	0,774

Tablo 6. QR barkod ile para çekme/yatırma jenerasyon farklılığı

Test İstatistiği		
	X – Y Jenerasyonları	Baby Boomers - Y Kuşağı Jenerasyonları
Mann-Whitney U Testi	17212,000	1580,000
Wilcoxon W Testi	29615,000	1716,000
Z Değeri	-3,632	-2,076
Anlamlılık Derecesi	,000	,038
Kuşak farkı gruplamasıyla değerlendirme.		

### **İnternet Ortamında Alışveriş Konusunda Dijitalleşme**

Normal dağılım sergileyen internet ortamında alışveriş kısmı ANOVA analizi ile aşağıdaki hipotez üzerinden incelenmiştir.

**Hipotez 3:** İnternet ortamında alışveriş konusunda dijitalleşme boyutunda jenerasyon farklılığı yoktur.

Farklılıklar gösteren alanlar Tablo7’de + ile belirtilmiştir. Jenerasyon farkının özellikle Baby Boomers ile X ve Y kuşakları arasında önemli olduğu gözlenmiştir.

Tablo 7. QR barkod ile para çekme/para yatırma jenerasyon farklılığı

Soru	Baby Boomers - X Jenerasyon	Baby Boomers - Y Jenerasyon	X - Y Jenerasyon
İnternet Ortamında Giyim AlışveriŖi Yapma	+	+	+
İnternet Ortamında Kitap AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Yapı Market AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Turizm AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Elektronik AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Gıda AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Diğ er-Gıda Dışı AlışveriŖi Yapma	+	+	
İnternet Ortamında Yemek SipariŖi Verme		+	+

### ***İŖyerinde Dijitalleşme***

Normal dağılım sergileyen İŖyerinde Dijitalleşme kısmı aŖağıdaki hipotezle ANOVA analizi ile incelenmiştir.

**Hipotez 4:** İŖyerinde dijitalleşme konusunda jenerasyon farklılığı yoktur.

Tablo 8’de anket soruları ve verilen cevapların anlamlılığı yer almaktadır. Bu soru kapsamında sadece X ve Y jenerasyonlarında, İŖyerinizde uzaktan (evden) çalışma yapılıyor mu? ve İŖyerinizde dijital ortamda toplantı yapılıyor mu? sorularında farklılaştığı görülmektedir. Bu iki soruda X kuşağının Korona virüs öncesinde de kullanıyordum ile öne çıktığı, Y kuşağında Bilgim Yok ve Kullanılmıyor’un daha fazla seçildiği gözükmektedir. Bunun kariyer yılı ve pozisyona bağılı bir sonuç olduğı değerlendirilebilir.

Tablo 8. İşyerinde dijitalleşme sorularına verilen cevapların farklılık değerlendirmesi

Soru Başlığı	Anlamlılık Derecesi
İşyerinizin dijital dönüşüm planı var mı?	0,480
İşyerinizde uzaktan (evden) çalışma yapılıyor mu?	0,015
İşyerinizde dijital ortamda toplantı yapılıyor mu?	0,018
İşlerinizi dijital ortamda tamamlayabiliyor musunuz?	0,624
Diğer departmanlar ile süreçleriniz dijital ortamda mı?	0,392
İş ortaklarınız ile iş süreçleriniz Dijital ortamda entegre mi?	0,252
E-Eğitim yapılıyor mu?	0,268

### **Dijitalleşmede Gelişime Açık Alanlar**

Anket sorularına verilen cevaplar analiz edildiğinde, aşağıdaki sorularda ilk üç seçeneğin (Bilgi Yok/Kullanmıyorum/Güvenilir Bulmuyorum/Ekonomik Bulmuyorum) işaretlenme oranının %30 ve üstünde olduğu görülmektedir. Tablo 9’da yer alan bu 15 başlık dijitalleşmede ileriye dönük geliştirilebilir alanlar olarak kabul edilebilir. Özellikle Dijital Para sahipliği konusu, kullanımı %14 seviyesiyle, gelişime en açık alan olarak gözükmektedir.

Tablo 9. Dijitalleşmede Gelişime Açık Alanlar

Sorular	1 - 2 - 3 Seçeneği Toplam Oranı
Dijital ortamda müze, konser vb. etkinliklere katılım	37%
Sağlık Bakanlığı E-Nabız Kullanımı	34%
Yatırım İşlemlerinin Elektronik Ortamda Yapılması	36%
Telefon QR Barkod ile Para Çekme/Yatırma	42%
Dijital Para (Bitcoin) Sahipliği	86%
Sanal Kredi Kartı Kullanımı	43%
Kredi Kartı Yerine Mobil Temassız Ödeme	40%
İnternet ortamında Yapı Market Alışverişi Yapma	35%
İnternet ortamında Turizm alışverişi yapma	30%
İnternet ortamında Gıda Alışverişi Yapma	35%
İşyerinizin dijital dönüşüm planı var mı	47%
İşlerinizi dijital ortamda tamamlayabiliyor musunuz	41%
İş süreçleriniz tamamen dijital ortamda mı	55%
İş süreçlerinizi Dijital ortam üzerinde entegre mi	50%
E-Eğitim yapılıyor mu	42%

## SONUÇ

Dijital dönüŖüm (dijitalleşme) ihtiyaçlar çerçevesinde gelişim gösteren bir değişim iken korona virüs etkisi ile bu dönüŖümün hızlandığı görölmüştür. Jenerasyon boyutu ile incelendiğinde en belirgin farklılığın alışverişte olduğu, diğer başlıklarda bir veya iki soruda jenerasyon ayrışması olduğu görölmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden biri yeni kuşakların dijital teknolojilerle daha iç içe yetişmesi ve alışkanlığının bu yönde olması olarak değerlendirilebilir. Korona virüs sonrası artış gösteren cevaplar incelendiğinde en önemli ayrışma işyeri konusunda gözlenmektedir. İşyerinde Dijitalleşme başlığında yer alan 7 sorunun tamamında Korona virüs etkisi ile değişim olduğu tespit edilmektedir. Bu çerçevede işyerinde dijitalleşmenin önümüzdeki dönemde ivme kazanacağı söylenebilir. Bir atasözümüzün dediği gibi “bin nasihatten bir musibet yeğdir”. Korona virüsün kötü etkilerinin en kısa sürede atlatılacağı ama sebep olduğu iyi değişimlerin kalıcı yönde veya melez çözümlerle hayatlarımızda yer alacağı gelecekte dijitalleşme, gelişime açıklığıyla, önemli bir yer tutacaktır.

## KAYNAKÇA

Adıgüzel, O., Batur, H. Z. ve Ekşili, N. (2014). Kuşakların Değişen Yüzü ve Y Kuşağı ile Ortaya Çıkan Yeni Çalışma Tarzı: Mobil Yakalılar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(19), 165-182.

Aksu, H. (2018). *Dijitopya – Dijital DönüŖüm Yolculuk Rehberi*. Türkiye, Pusula Yayıncılık.

Almada-Lobo, F. (2015). The industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES), *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21.

Altınoluk, M. (2017). *Nesnelerin İnterneti (IoT) Hayatımızın Neresinde Yer Alıyor?* <http://www.maintenancenews.org/nesnelerin-interneti-iot-hayatimizin-neresinde-yer-aliyor> adresinden alınmıştır.

Arkan, Ö. (2018). *Endüstri 4.0 Kavramı ve Endüstri 4.0 DönüŖümünün Üretim Maliyetlerine Etkisi Üzerine Bir Vaka Çalışması: Bebek Bezi Üretim*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Arel Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Gobble, M. (2019). Defining the Tipping Point. *Research Technology Management*, 6(62), 53-56.

Gordon, S. C. (1990). From Slaughterhouse to Soap-Boiler: Cincinnati's Meat Packing Industry, Changing Technologies, and the Rise of Mass Production. *The Journal of the Society for Industrial Archeology*, 1(16), 55-67.

Kagermann, H. ve Wahlster, W. (2014). Industrie 4.0 – Smart Manufacturing for the Future. <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view> adresinden alınmıştır.

Koçak, C. (2019). *Dördüncü Sanayi Devrimi: “Endüstri 4.0” ve Bir Cam Ambalaj Fabrikasında Uygulanması*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi. Gebze, Kocaeli.

Lasi, H., Kemper, H-G, Fettke, P., Feld, T. ve Hoffman, M. (2014). Industry 4.0, *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239-242.

Parviainen, P., Kääriäinen, J., Tihinen, M. ve Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 1(5), 63-77.

Sarna, S. K. (2016). *Digitization Process*. <https://www.ispatguru.com/digitization-process/> adresinden alınmıştır.

Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. İstanbul/Türkiye, Optimist Yayım Dağıtım,

Siemens. (2019). 4. *Yeni Devrim: Endüstri 4.0*. <http://siemens-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/assets/common/downloads/page0010.pdf> adresinden alınmıştır.

Sniderman, B., Mahto, M. ve Cotteleer, M., 2016. *Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the World of connected enterprises*. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf> adresinden alınmıştır.

Stolterman, E. ve Fors, A. C. (2004). Information technology and the good life, *Information System Research*, 143, 687-692.

Tabachnick, B.G. ve Fidell, L.S. (2013). *Using Multivariate Statistics (sixth ed.)*. Boston, Pearson.

Tansan, B., Gökbulut, A., Targotay, Ç. ve Eren, T. (2016). Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 – Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi. <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu> adresinden alınmıştır.

Yalçın, İ. (2006). *Kitlesel ve Yalın Üretim Sistemleri Arasında Bir Karşılaştırma*. <https://lean.org.tr/kitlesel-ve-yalin-uretim-sistemleri-arasinda-bir-karsilastirma/> adresinden alınmıştır.

# **BÖLÜM 3**

## **MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI**

# Elektrik Enerjisinin Kablosuz Aktarımının İncelenmesi

**Yıldırım Özüpak**  
*Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye*  
**(0000-0001-8461-8702)**

## **GİRİŖ**

Kablosuz güç aktarımı (KGA), elektrik enerjisinin iletkensiz aktarılmasıdır. KGA zamanla değişen elektrik, manyetik veya elektromanyetik alanlar kullanan teknolojilere dayanır. Bu teknoloji sensörler, aktüatörler ve iletişim cihazlarında olduğu gibi uygunsuz veya mümkün olmayan elektrikli cihazlara güç sağlamak için kullanılırdır. Güç, kısa mesafelerde, alternatif manyetik alanlar ve bobinler arasındaki endüktif kuplaj veya alternatif elektrik alanları ve metal elektrotlar arasındaki kapasitif kuplaj ile aktarılabilir. Kablosuz güç aktarımı, birçok alanda çok çeşitli konuları kapsamaktadır. Aynı zamanda günlük hayatımıza yeni teknoloji sağlama potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda özellikle araştırmacılar ve bilim insanları için oldukça aktif bir araştırma alanı haline gelmiştir. Kablosuz güç iletimi, geleceğin teknolojsinin vazgeçilmezi olarak görölmektedir. Çünkü KGA, elektrik enerjisinin elektrik yüküne herhangi bir iletken bağlı olmadan bir güç kaynağından hava boşluğu boyunca iletilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, mevcut kablosuz güç aktarımı teknolojileri, KGA'nın son teknolojik özellikleri ve geleceği hakkında incelemeler yapılmıştır. Ayrıca kablosuz enerji iletiminin uygulamaları da etraflıca araştırılarak sunulmuştur.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Kablosuz güç aktarımı, geleneksel bakır bobinlere (veya tellere) ihtiyaç duyulmadan bir yerden başka bir yere transfer edilen elektriksel güçtür. Enerji, meta-malzemeler ve rektenna teknolojisi kullanılarak uzun mesafelerde elektromanyetik dalgalar yoluyla iletilir. Elektrik enerjisi, enerjinin dağıtımı için kordon ile taşınacaktır. Bu tür güç iletimindeki en büyük sorun, elektrik gücünün iletimi ve dağıtımı sürecinde, kablodaki enerji kaybından dolayı meydana gelen kayıplardır. Günlük hayatta elektrik üretimi ve güç kaybı da artmaktadır (Tianjia vd., 2012). Elektrik üretimi nedeniyle elektrik maliyeti artmaktadır (Rahul vd., 2020). İletim kaybını azaltmak çok önemlidir, çünkü tasarruf edilen güç, maliyeti en aza indirmek için bir alternatif olarak kullanılabilir. Kablosuz güç aktarımı kullanılarak güç dağıtım ağındaki güç kayıplarının en aza indirildiği elektrik dağıtım şebekesini temizlediği bilinmektedir.

Kablosuz güç aktarımının en iyi örneği bataryaların kablosuz olarak şarj edilmesidir. Kablosuz güç aktarımı kavramı yeni bir fikir değildir.



Uzun zamandır araştırmacılar tarafından araştırılıp incelenmektedir. Ancak yaygın olarak kullanılmamaktadır. KGA, elektrik iletim sisteminde yeni bir devrimdir. Bu yeni devrim, bir güç kaynağını herhangi bir kablo olmadan bir elektrik yüküne entegre ederek milyonlarca elektronik cihazın güvenilir ve verimli kablosuz şarjını mümkün kılmaktadır.

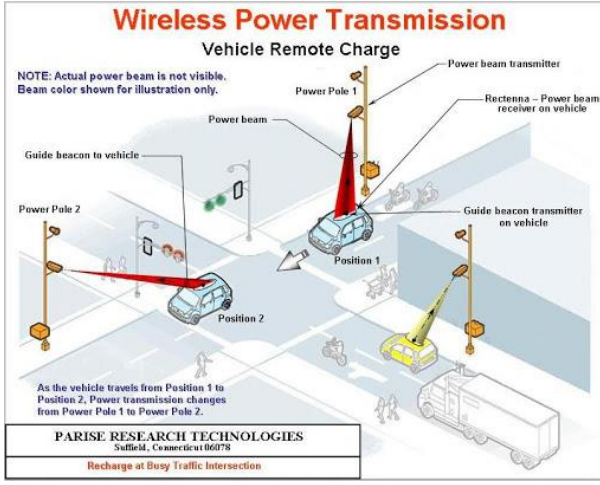
Kablosuz güç aktarımı, uzun bir zamandır önemli bir araştırma alanı olmuştur. Son zamanlarda, geleneksel güç modlarına oranla güç aktarımında daha verimli olduğu düşünöldüğünden, kablosuz güç aktarımı alanındaki ilerlemeleri gerçekleştirmek için bu alana çok fazla ağırlık verilmiştir (Tesla, 1905). Dolayısıyla, teknoloji ilerledikçe KGA tabanlı uygulamalar için talepler ciddi anlamda artmaktadır. İlk zamanlarda farklı birçok bilim insanı, KGA'nın farklı kullanım alanları üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalar, kaynak ile yük arasında iletken bir bağlantı olmadan elektrik gücünün aktarılmasını kapsamaktadır. Her tür KGA'nin kendi geçmişleri, son teknolojileri ve gelecekteki kapsamı vardır. Bu çalışmada, KGA fikrini yeni araştırmacılarla tanıştırmak için yapılan araştırmalar ve incelemeler sunulmuştur.

## **ELEKTRİK GÜCÜNÜN KABLOSUZ İLETİMİ**

Kablosuz güç aktarımının bir adı endüktif güç aktarımıdır. Enerji, kısa mesafelere ve uzun mesafelere kablosuz olarak aktarılabilir. Bu KGA teknolojisi, diğer teknolojilere oranla daha verimli, daha hızlı, bakım maliyeti de daha düşüktür. Ayrıca, taşınabilir elektronik cihazların evrensel güç kablosuna hiç takılmadan kendilerini şarj etmelerini sağlar. KGA teknolojisinin güç kaybı, kablolu elektrik iletimine kıyasla çok daha azdır. Bu teknolojinin ortak işlevi, taşınabilir aygıtların sürekli olarak şarj edilmesine ve bir güç kablosunun kullanılmadan enerji iletilmesine olanak sağlamaktır. Şekil 1'de kablosuz güç iletiminin bir örneği sunulmuştur.

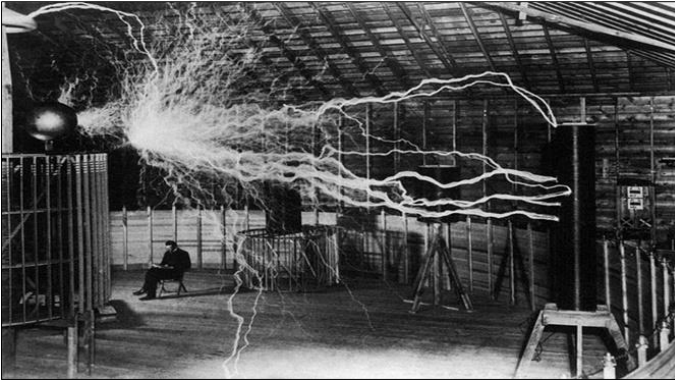
KGA'da üç ana sistem vardır:

- Mikrodalgalar
- Rezonans
- Güneş pilleri



Ŗekil 1. Kablosuz güç aktarımı

Nikola Tesla, bu konu ile ilgili deneyler yapan ilk bilim insanıdır. Onun fikri, dünyanın tüm yüzeyi boyunca yük taşıyabilen bir iletken olduğuydu. Tesla'nın deneyleri elektrik üretmiyor, enerjiyi sadece aktarıyorlardı. Tesla'nın hayali kablosuz enerji iletiminin temsili Ŗekil 2'de verilmiştir.



Ŗekil 2. Tesla'nın kablosuz güç aktarımı Ŗekli

Küçük ve taşınabilir teknoloji, günlük yaşamın bir parçası haline gelmektedir. Ancak taşınabilirlikten başka bir zorluk daha var ki o da enerji zafiyetidir. Günümüzde tüm taşınabilir cihazlar bataryalarla çalışmaktadırlar. Bu cihazların neredeyse tamamı kablolu ŗarj cihazları

kullanılarak yeniden şarj edilmektedirler. Ancak KGA, PDA, dijital kamera, ses kaydedici, dizüstü bilgisayar gibi cihazların şarj edilmesinde kablosuz olarak enerji sağlamak için kullanılabilir. Kablosuz güç aktarımı uygulanabilir olmasına ve insanların günlük yaşamlarına yardımcı olmasına rağmen, bu teknolojinin birçok dezavantajı vardır. Bu teknolojinin kullanımı, yüzlerce uydudan oluşan bir ağ ve diğer elektronik cihazlarla etkileşim gerektirir. Yakın alan tekniği ve uzak alan tekniği olmak üzere kablosuz güç aktarımında iki teknik vardır.

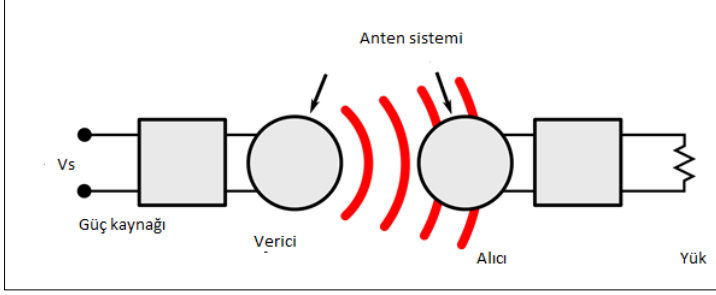
### ***Yakın Mesafe Yöntemleri***

Yakın alan tekniğinin üç kategorisi vardır:

- Elektromanyetik ışınım
- Endüktif bağlantı
- Manyetik rezonans kuplajıdır.

### ***Elektromanyetik (EM) Işınım***

Bir güç kaynağının iletim anteninden alıcı antenine radyoaktif EM dalgaları yoluyla gelen enerjinin EM ışıması tarafından yayılması işlemidir. Çok yönlü ve tek yönlü radyasyonun enerji yayma yönü anlamında yer değiştirmiştir. Çok yönlü radyasyon işlemi yoluyla, EM dalgalarını, örneğin ABD'de 850–950 MHz veya 902–928 MHz atanmış bir ISM bandında verici aracılığıyla yayınlamak, hem 915 MHz merkez frekansı hem de örneğin RFID ile farklı bölgelere göre değişiklik gösterebilir (Rahul vd., 2020). Çok yönlü radyasyonda, bilgi aktarımı daha kolay ve uyumlu olmakla birlikte, enerji transferinde ciddi bir verimlilik tersi bir durum söz konusudur. Çünkü mesafe büyük olduğunda, EM dalgalarının bozulması daha hızlı bir şekilde olur. Deneyde, bir alıcı RF vericiden 30 cm uzakta olduğunda, güç aktarım verimliliği sadece %1.5 olmaktadır. Ek olarak, insanların EM radyasyonundan kaynaklanan potansiyel sağlık tehlikelerini ortadan kaldırmak için, ultra düşük güçlü sensör düğümleri kullanıldığı için çok yönlü radyasyon türü tercih edilmektedir. Örneğin sıcaklık, nem ve ışık gibi çok düşük algılama etkinlikleri ile 10 mW'a kadar olmaktadır. Tek yönlü radyasyon sürecinde net bir görsel algı yolu mevcutsa, çok daha uzun bir mesafede yüksek güç iletimi elde edilebilir. Örneğin bir mikrodalga veya lazer ışını kullanılırsa bu mesafe kilometreler seviyesine çıkarılabilir. Şekil 3'te elektromanyetik ışıma yoluyla yapılan güç aktarımının örneği verilmiştir.



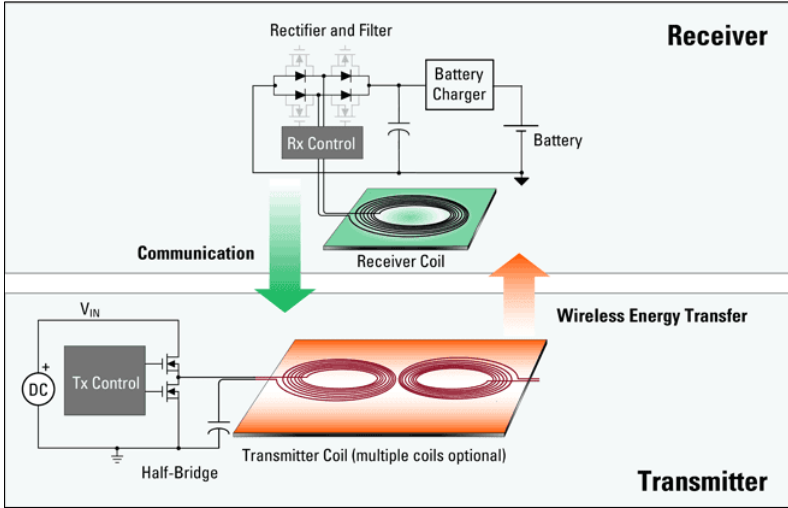
Şekil 3. Elektromanyetik ışıma yoluyla kablosuz güç aktarımı

Mikrodalgaya özel sistemde kablosuz güç, her ikisi de ISM frekans bandında olmak üzere 2.45 veya 5.8 GHz'lik mikrodalgaya frekanslarında iletilir. Lazere dayalı sistemde, mikrodalgaya dayalı sistemden daha az olgun olduğu kabul edilir. Güç, birkaç THz'den birkaç yüz THz'ye yakın kızılötesi frekans spektrumu altında iletilir.

### **Endüktif Kuplaj**

Endüktif kuplaj genellikle rezonans frekansının aynı olduğu LC devreleri arasında kuplaj olarak tanımlanır. Bir kaynağa bağlı bir birincil bobindeki alternatif akım, ikincil bir bobinin terminalleri boyunca bir voltaj indükleyen değişken bir manyetik alan oluşturabileceğinden, tel yoluyla akımın kinetikliğinin doğal bir parçası olan manyetik alan indüksiyonunu kullanarak çalışır. Birincil ve ikincil bobinler, endüktif kuplajda iki ayrı bobindir. Her biri kablosuz olarak bağlanır. Endüktif kuplaj basitliğinin, uyumluluğunun ve güvenilirliğinin avantajlarıyla gücü kablolar olmadan aktarmak için kullanılan önemli ve popüler bir teknoloji olmuştur. Bu teknolojik uygulama ile çeşitli türlerde elektronik donanımlar halihazırda yapılmıştır. Sonuç olarak, elektrikli diş fırçası, cep telefonu veya dizüstü bilgisayar için şarj pedi ve tıbbi implantlar dahil olmak üzere bir dizi üründe başarılı bir şekilde ticarileştirilmiştir. Endüktif kuplajda, iki bobin birbirinden kademeli olarak ayrıldığında veya iki bobinin hizalanması kusursuz olmadığında güç aktarımı kademeli olarak azalır. Bu tür ikilemler, genellikle cihazlar titizlikle kullanılmadığında ortaya çıkar. En iyi şekilde, donanım ve güç alıcı düğümün şarj düğümü, bir bobin çapından daha az temas halinde olduğunda, örneğin menzil santimetre cinsinden olabildiği ve şarjın

yönünün hizalanması gerektiği zaman en iyi şekilde çalışır. Şekil 4’te Endüktif kuplaj şarj devresi verilmiştir.



Şekil 4. Endüktif kuplaj şarj devresi

### Manyetik Rezonans Bağlantısı

Yakın alan teknikleri bölümü altında KGA teknolojisinin son ve en önemli kategorisi manyetik rezonans kuplajdır. Bu teknoloji, endüktif kuplaj ve rezonansın birleşmesi nedeniyle iki farklı nesne arasındaki etkileşimleri çok güçlü bir şekilde gerçekleştirmeyi sağlayan Kurs ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Kurs vd., 2013). Ek olarak, enerji, bobini çevreleyen manyetik alan ile kapasitörün etrafındaki elektrik alanı arasında ileri geri hareket edecektir. Klasik mekanik rezonans ile manyetik rezonansın etkileri benzerdir. Bir tel belirli bir tona ayarlandığında, rezonans frekansları arasında bir eşleşme varsa, uzaktaki bir ses oluşturucu tarafından titreşime canlandırılabilir. Bu teknolojide, enerji, bir kaynak bobinden alıcı bobine çok az enerji kaybıyla verimli bir şekilde aktarılabilir. Primer bobinindeki (bir kaynağa bağlı) alternatif akıma, sekonder bobinin terminaleri boyunca bir voltaj indükleyen değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu teknolojinin, yüksek verimli olması, radyasyon kaybının az, endüktif kuplaja kıyasla çok daha fazla uzak mesafeye aktarım sağlaması ve çok yönlü olması gibi birçok avantajı vardır.

### ***Uzak Mesafe Yöntemleri***

Uzak mesafe teknikleri, elektrik yükünü öncül kaynağından uzakta ölçer. Bu teknikler, yüksek güç aktarımını hedefler ve görsel algılama hattına ihtiyaç duyarlar. Mikrodalga güç iletimi ve lazer güç iletimi olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir.

### ***Mikrodalga Güç Aktarımı***

Bu teknoloji, yüksek gücü baz istasyonundan alıcı istasyona veya iki yerin optik ayırt etme doğrultusunda olan mobil cihazlara aktarır. Jeosenkron alıcı ve iletici uyduların mevcut olmasıyla bu teknoloji, nesnelerin magnetron kullanarak baz istasyonundan güç almasını sağlar (Yugendra, 2015). Potens iletiminin ilk adımı, elektrik enerjisinin mikrodalgalar enerjisine dönüŖtürülmesi ile başlatılır ve daha sonra mikrodalgaların enerjisi, rectenna kullanılarak yakalanır. Sonuç olarak, önce AC'nin Doğru Akıma (DC) dönüŖtürülmesi gerekir ve ardından DC, magnetron kullanılarak mikrodalgalara dönüŖtürülür. İletilen dalgalar rectenna alınır ve daha sonra mikrodalgaları daha verimli bir şekilde elektriğe dönüŖtürür.

### ***Lazer Güç Aktarımı***

Bu teknoloji, aynayı kullanarak bir dakika boyunca alanda yoğunlaşan mikrodalga güç aktarımı (MGA) ile marjinal olarak farklıdır. Bu teknoloji ek olarak, tutarlı ve dağınık olmayan yüksek güçler üretir. Ayrıca, bu teknoloji, güneş ışığının bulunmadığı ayın kraterlerinin dibinde donmuş dihidrojen monoksitin varlığını keşfetmek için bir geziciye uygulamak için kullanılmıştır. Radyasyonun oluşturduğu güneş enerjisi ise elektrik enerjisine dönüŖtürülür.

## **SON TEKNOLOJİLER**

Rezonans kullanımı, çok çeşitli uygulamalarda kablosuz enerji aktarımının verimliliğini artırmak için son yıllarda hızla artmıştır. Buna ek olarak, elektronik ürünlerin vazgeçilmez temel bileşenleri, teknolojik uygulamaları hızlandırmak için elektronik şirketler tarafından geliştirilmektedir. Bu, teknolojide çok daha önemli dönüŖümler getirecek ve böylece belirli görevlerde uygulanabilecek kalifiye kapasiteyi artıracaktır. Bu devrim niteliğindeki uygulamalardan bazıları piyasaya sürülürken diğersleri henüz ticari pazar için hazır değildir. Örneğin, otomotiv şarjı yeni bir buluştur, ancak şarj altyapısında standardizasyona ihtiyaç duyması nedeniyle

pazarda mevcut değildir. Aksine, mobil elektronikte geleneksel endüktif şarj için çığır açan bir yenilik, bir konsorsiyum şirketi tarafından halihazırda geliştirilmiştir. Standart Geliştirme Organizasyonları (SGO), çok satıcılı ürünlerin sıradan bir kablosuz ekosistemde herhangi bir yerde şarj edilebileceğini doğrulamak için, son derece yankılanan kablosuz güç aktarımı için mobil cihazlarda birlikte çalışabilirlik standartlarını oluşturmak için çalışıyor. Tüm bu çabalar, birçok uygulamada kullanılabilen kablosuz güç teknolojisinin başlangıç eğilimine giden yolu açmaktadır.

### ***Qi Teknolojisi***

Bu teknoloji, gücü yüksek frekanslar üzerinden iletmek için küçük indüktörleri kullanır. Ayrıca, en fazla birkaç santimetrelilik bir şarj mesafesini destekler. Sonuç olarak, astronomik olarak muazzam bir manyetik alan eksikliğinden kaçınmak için taşınabilir icatların oldukça kategorik olarak sisteme yerleştirilmesi gerekmektedir. Şarj alanındaki sınırlamalar nedeniyle, Qi bileşenleri, astronomik olarak daha geniş bir şarj alanı oluşturmak için birden fazla rezonatör dizisi kullanılabilir. Bununla durum, yine de ikilemi hafifletmez (Wojda, 2013). Sonuç olarak, yeterince güçlü bir bağlantıyı sürdürmek için kullanıcıların, makinelerini manyetik alanlarla tam olarak hizalamaları gerekir.

Şu anda, kablosuz şarj cihazı, şarj etme sırasında ısınabilir. Qi standardı, çoklu sarmallar tarafından tüketilen enerjiyi sınırlandırmak için gücü bir iletişim protokolü içerir. Bununla, alıcı cihaz, şarj cihazına ne kadar güç gerektirdiğini ve ne zaman şarj edildiğini söyleyebilir. Ayrıca, şarj cihazı güç çıkışı herhangi bir alıcı cihaza uyacak şekilde değiştirebilir ve cihaz tamamen şarj edildiğinde veya herhangi bir donanım eklenmediğinde bekleme moduna geçebilir. Kablosuz bir şarj cihazının alışılmış bir şarj cihazı kadar verimli olmamasına rağmen, Qi standardı yakın gelecekte kablosuz şarjda kullanılacaktır.

### ***Kablosuz Güç Koalisyonu Teknolojisi***

Bu teknoloji, öncülüğün elektronik cihazlara verimli bir şekilde aktarılmasını sağlayan yeni nesil bir kablosuz güç aktarımıdır. Bu durum, birbirine bağlanan kablolar kullanılmadan rezonatörlerin referans güç iletimi ve alımına dayanmaktadır. Bu teknoloji, dakika indüktör bobinlerinden ziyade daha büyük hacimli bir elektromanyetik alan kullandığı için, cihazların bobin ile tam olarak hizalanmak

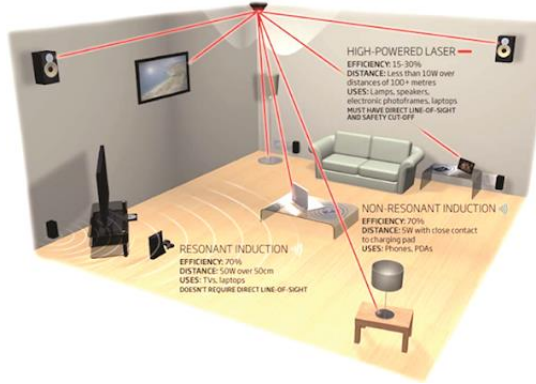
zorunda kalmadan şarj edilmesini sağlar. Avantajı da şarj cihazının manyetik alanların hala nesnelere enerji yayabildiği nesnelere içine gömülmesini sağlamaktır.

## KABLOSUZ GÜÇ İLETİMİ UYGULAMASI

Kablosuz güç iletimi alanında, son araştırmaların odağında olan verici ve alıcı arasındaki mesafe unsuru, insan hayatının farklı kullanımında rüyayı gerçeğe dönüştürebilir. Uygulamalar, endüstriyel alan, güç aralığı alanındaki kablosuz sensör veya farklı elektronik mobil donanımlar, güç aralığı ve yüksek güçlü donanımlar olabilen düşük güç donanımlarının kullanımına bağlıdır. Enerji beslemesinin doğrudan yüke bağlı olduğu led ışıklar gibi donanımlar doğrudan kablosuz güç aktarımına örnek olarak verilebilir.

### **Elektronik Alanı**

Kablosuz şarj sistemini kullanmanın en hacimli uygulama alanı olan elektronik, pano üzerine yerleştirilen kablosuz bir güç kaynağı kullanılarak dizüstü bilgisayar gibi elektronik ürünlerde uygulanmaktadır. Bu icat, 20 watt'ın üzerindeki güçlerin aktarımını sağlayabilmektedir. Bu icat ile elektronik elemanları, kablosuz şarj kaynağından yaklaşık yarım metre daha uzaktaki bir mesafede şarj edilebilir. Şekil 5'te günlük hayatta kullanılan KGA örneği sunulmuştur.



Şekil 5. Günlük hayatta KGA ağı sistemi

Analistler, uzak mesafeden ve uzamsal özgürlükle şarj etmenin faydalarının, birkaç yıla kadar tüm kablosuz şarj sistemlerinin %80'inin üzerinde pazar kotasını yakalayan yüksek düzeyde yankılanan



kablosuz güç aktarımı ile sonuçlanacağını umuyorlar. Kablosuz şarj cihazından şarj alabilen mobil cihazlar veya akıllı telefon bu teknolojiye büyük ölçüde yararlanmaktadır. Aynı şekilde, iPad gibi diğer teknolojiler veya kamusal alanlarda bile her an kamera şarjı için bu kablosuz şarj teknolojisi insanoğlunun en büyük kullanımı için örnek olarak verilebilir.

### ***Tıbbi Ürünler***

Kablosuz güç iletimi, sol ventrikül destek cihazı (LVAD), kalp yetmezliği olan hastalarda implante edilen mekanik pompalar, kalp pilleri ve infüzyon pompaları dahil olmak üzere implante tıbbi cihazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojiyi kullanarak, insan vücuduna derinlemesine implante edilen tıbbi cihazlar verimli bir şekilde kullanılabilir.

### ***Elektrikli Taşıyıcılar***

Şarj edilebilir hibrit ve pilli elektrikli konveyörler, kablosuz şarj sistemleriyle doğrudan çalıştırılabilir. Bu sistemler belirli güçler ile belirli mesafelere yüksek verimlilikle kullanılabilirler. Bu teknoloji kullanılarak, iletken bir şekilde elektrikli taşıtlara güvenilir ve verimli iletişim sağlanabilir. Dahası, kablosuz şarjın, elektrikli araç sahiplerinin şarj deneyimini astronomik olarak iyileştirmesi ve bu tür taşıma araçlarını tüketiciler için daha da çekici hale getirmesi bekleniyor.

### ***LED Aydınlatma***

LED (ışık yayan diyot) ışıklarda kablosuz güç aktarımı kullanılarak, cihazlar doğrudan şarj edilebilir. Böylece kabin altı görev aydınlatmasında pillere olan gereksinim ortadan kaldırılabilir. Dahası, mimari aydınlatma tasarımcılarının, görünüşte havada yüzen ve güç kablosu olmadan yüzen ürünler üretmesine imkan sağlanabilir.

### ***Siber Güvenlik Duvarı Sistemleri***

Bu sistemlerde kablosuz şarj yoluyla elektronik araçların güvenilirliğini, ergonomisini ve güvenliğini iyileştirmek için, tasarımcıların, gelecekteki siber teknolojinin başlangıç aşamasındaki tasarımını üretmelerine yardımcı olur (William, 1984). Örnek olarak, Talon uzaktan kumanda ile çalışan robot, kamyon ile yükler şantiyeden şantiyeye taşınırken şarj edilebilmesi için kablosuz şarj ile donatılmıştır. Bu sistemin başka bir kullanımı, gece görüşünün dahil

olduğu kask takılı elektronikler ve asker yeleğinde taŖınan bir pil paketinden kablosuz olarak alıŖtırılabilen, tek kullanımlık piller veya kaskı yelege monteli pile bağlayan bir güç kablosu ihtiyacını ortadan kaldıran radyo donanımlarıdır. Son birkaç yılda, bir dizi standart geliŖtirme organizasyonu ve endüstriyel konsorsiyum, kablosuz öncülüğün uygulanması ve ticarileŖtirilmesi ile ilgili tanımların ve standartların geliŖtirilmesi için ilk faaliyetlerde bulunmuŖtur. Otomotiv Mühendisleri Derneği (OMD), öneriler geliŖtiren bir komiteye ve nihayetinde arabalar ve otobüsler gibi elektrikli ve hibrit elektrikli taŖıtların kablosuz Ŗarđı için bir standart geliŖtiriyor. Ayrıca, Kuzey Amerika dıŖında, diğer uluslararası (Uluslararası Elektro teknik Komisyonu veya IEC) ve ulusal kuruluşlar (DKE Alman Elektrik, Elektronik ve Bilgi Teknolojileri Komisyonu ve Japon Otomobil AraŖtırma Enstitüsü, vd.) aynı iŖi yapmaktadırlar. Consumer Electronics Sodalıty, tüketici uygulamalarında kablosuz güç teknolojilerinin konuŖlandırılması için bir standart geliŖtirme üzerinde alıŖmaktadır. Ayrıca bileŖenler ve sistemler hakkında tanımların geliŖtirilmesi için çeŖitli endüstri konsorsiyumları oluşturulmuŖtur (örnek olarak son üç standart Kablosuz Güç Konsorsiyumu (WPC), Güç Önemlidir Koalisyonu (PMA) ve Kablosuz Güç Koalisyonu (A4WP)).

### ***GüneŖ Enerjisi Uyduları***

Bu uygulama, dev güneŖ dizilerine sahip uydular kullanılarak bunları Geosynchronous Earth Orbit'e yerleŖtiren KGA'nın en büyük hacimli uygulamasıdır. Bu uydular, evreyi mikrodalgalar olarak dünyaya getirmek ve iletmek için çok önemli bir rol oynarlar. KGA'nın baŖka bir uygulaması da Her Yerde Bulunan Güç Kaynağı veya Kablosuz Güç Kaynağı, Kablosuz sensörler ve RF Güç Uyarlamalı Doğrultucu Devrelerdir.

### **SONUÇ**

Bu alıŖmada kablosuz güç aktarımı kavramı sunulmuŖtur. Günümüz dünyasında insan hayatını daha iyi yapan son teknolojik uygulamalar araŖtırılmıŖtır. Elektromanyetik indüksiyon tipi kablosuz güç iletiminde, verici ve alıcı bobinlerin göreceli konumlarına göre manyetik alan dağılımı ve güç aktarım verimliliği çok önemlidir. Günümüzde bu konuda araŖtırma ve geliŖtirmeye yapan kuruluşlar bulunmaktadır. Birbiriyle rekabet halinde olan kablosuz güç

teknolojilerinin üç standardı, başka standartların da yaklaştığı yakın gelecekte konunun söz sahiplerinden biridirler. Büyük manyetik alana ve iyi şarj mesafesine sahip A4WP standartlarının bu teknolojinin önünde tutulması gerektiğini, Qi ve PMA'nın ise çok hızlı iyileştiğini göstermektedir. Kablosuz güç şarjı ile araştırılmakta olan ve robotik alanında daha fazla uygulamalar yapılmaktadır.

## KAYNAKÇA

Kurs A. ve Moffatt R. S. (2013). Marin, Simultaneous mid-range power transfer to multiple devices, Applied Physics Letters, 96, 4, 044102-044102, 3, Jan

Rahul S, Rajan J. ve Dheeraj S. (2020). Wireless Power Transmission Technology, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 4, 9, 444-449, ISSN No. 2455-2143.

Tesla, N., (1905). The transmission of electrical energy without wires, Electrical World and Engineer, March 1905. <http://www.tfcbooks.com/tesla/1904-03-05.htm>, (acc. Dec. 08).

Tianjia S., Xiang X., Guolin L., Yingke G., Yangdong D. ve Zhihua W., (2012). A Two-Hop Wireless Power Transfer System With an Efficiency-Enhanced Power Receiver for Motion-Free Capsule Endoscopy Inspection, Biomedical Engineering, IEEE Transactions, 59, 11, 3247-3254, Nov.

Yugendra R. K N, (2015). Dynamic Modeling and Calculation of Self and Mutual Inductance between a Pair of Coils for Wireless Power Transfer Applications using ANSYS Maxwell, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology 2, 10, 7-9.

William C. B., (1984). The history of power transmission by radio waves, Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions, 32, 9, 1230-1242, September.

Wojda R.P. ve Kazimierczuk, M.K (2013). Analytical winding size optimisation for different conductor shapes using Ampère's Law, Power Electronics, IET, 6, 6, 1058-1068.

# **Güç Sistemlerinde TLBO Algoritması İle Zehirli Gaz Emisyonlarının Azaltılması**

**Ozan Akdağ**

*Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara, Türkiye  
(0000-0001-8163-8898)*

## GİRİŞ

Güç sistemleri üretim, dağıtım ve iletim aşamasından oluşmaktadır. Bu aşamalarda enerjinin sürekliliği ve güvenliği oldukça önemlidir. Bu süreklilik ve güvenlik güç sistemlerinde optimum güç akışının sağlanmasına bağlıdır. Optimum Güç Akışı (OGA), güç sistemi mühendisliğinin en önemli problemlerinden biridir. OGA probleminin çözümü literatürde oldukça geniş yer tutmaktadır. 1950'lerin başında OGA probleminin çözümünde deterministik yöntemler kullanılırken, son yıllarda gelişen güç sistemlerinde deterministik yöntemler ile sezgisel algoritmalar kullanılmaya başlanmıştır. Sezgisel algoritmalar güç sistemlerinde istenilen amaç doğrultusunda OGA'nın yapılmasına olanak sağlar. Bu çalışmada literatürde mühendislik problemlerinde başarılı sonuçlar ürettiği bildirilen TLBO algoritması OGA probleminde zehirli gaz emisyonlarının minimize edilmesinde kullanılmıştır. Çalışmada TLBO algoritmasının etkinliği IEEE 30 test bara sisteminde uygulanarak, gösterilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde sezgisel algoritmalar kullanılarak güç sistemlerinde zehirli gaz emisyonlarının azaltılmasına yönelik birkaç çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Uyarlanabilir yapay fizik optimizasyon algoritması (Teeparthi ve Kumar, 2018), Gerçek Zamanlı Optimal Güç Akışı (Reddy ve Bijwe, 2016), Modifiye JAYA algoritması (Elatter ve ElSayed, 2019), Uyarlanabilir diferansiyel evrim algoritması (Biswas vd, 2017) güç sistemlerinde OGA problemini çözmek için kullanılmıştır. Bu çalışmada ise TLBO algoritması ile güç sistemlerinde zehirli gaz emisyonlarının minimizasyonu sağlatılmıştır.

## TLBO

Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO) algoritması sınıf ortamındaki öğrencilerin birbirleri ve öğretmenleri ile etkileşiminden esinlenilerek tasarlanmıştır (Rao vd., 2011). TLBO popülasyon temelli optimizasyon algoritmasıdır. TLBO çoğu optimizasyon algoritmasından farklı olarak probleme göre ayarlanması gereken değişkenlere sahip değildir. Bu da onu diğer optimizasyon algoritmalarına göre avantajlı yapmaktadır. TLBO algoritması sadece popülasyon sayısı ve maksimum iterasyon sayısı olmak üzere iki değişkene sahiptir. TLBO'da öğrencilerin öğrenme kabiliyeti öğretmenin kabiliyetine bağlıdır. Algoritmanın her aşamasında başarılı

öğrenciler seçilerek, en iyi öğrencilerin tespiti yapılır. TLBO öğretmen ve öğrenciden oluşan iki aşamaya sahiptir. Öğretmen aşaması, öğrencilerin öğretmen tarafından eğitildiği aşamadır. Öğrenci aşaması ise öğrencilerin birbirlerini eğittiği aşamadır. Bu aşama öğrenmeyi temsil eder.

Algoritmada popülasyon, sınıfta bulunan öğrenci ve öğretmenlerden oluşur. İlk olarak popülasyon bireyleri rastgele oluşturulur (Güçyetmez ve Çam, 2015). Rastgele üretilen bireylerden oluşturulan amaç fonksiyonlarından en iyi sonuca ait olan öğretmen olarak atanır. Bu aşamada öğretmen diğer öğrencilerin eğitim seviyesini kendi eğitim seviyesine yakınsamaya çalışır. Bu aşamada yeni öğrenciler Eşitlik 1 ile ifade edilir.

$$x_{new,i} = x_{old,i} + r_i(x_{öğretmen} - T_{FF}x_{ortalama}) \quad (1)$$

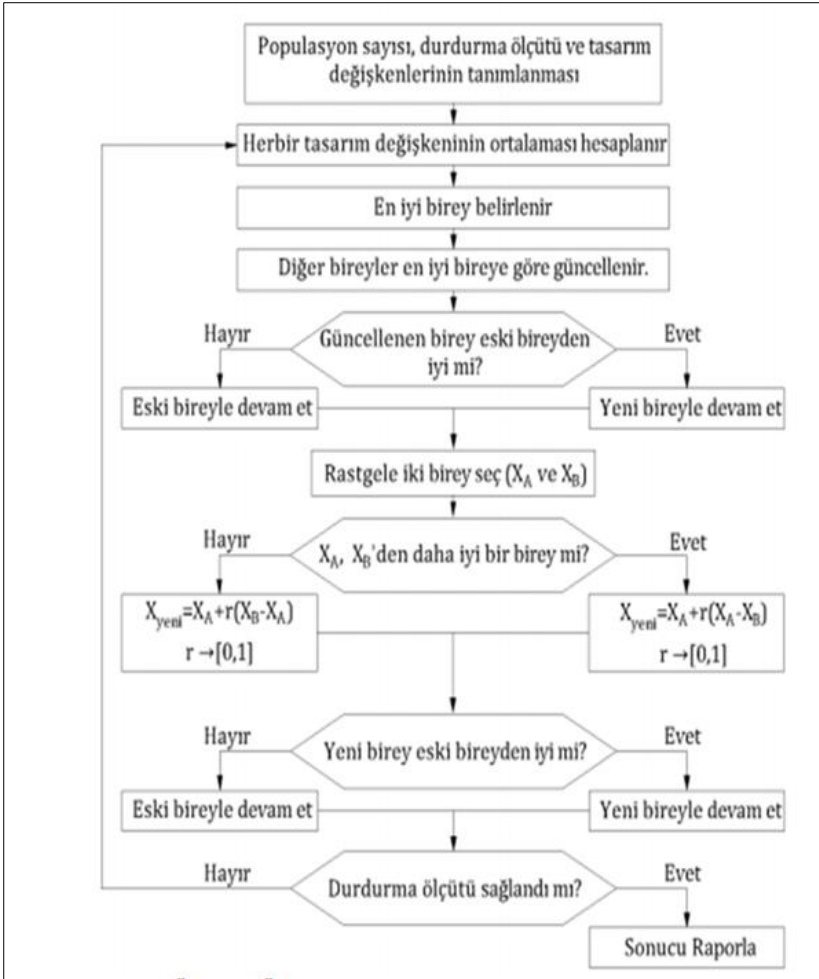
Burada  $x_{new,i}$  eğitilmiş yeni öğrenci,  $x_{old,i}$  eski öğrenci,  $r_i$  i. birey için rastgele üretilen 0-1 arası sayı,  $T_{FF}$  1 ve 2 değerini alan rastgele çarpandır.  $x_{ortalama}$  öğrencilerin bilgi seviyesinin ortalamasıdır. Bu aşamada öğrencilerin bilgi seviyesi yükselirse, eski öğrenci ile yeni öğrenci yer değişir.

Öğrenci sürecinde ise popülasyondaki öğrencilerin kendi arasındaki etkileşimi incelenir. Burada popülasyondan seçilen i. öğrenci ve yine popülasyondan seçilen j. öğrenci etkileşime sokulur. Bu etkileşim;

$$if f(x_i) > f(x_j) \quad x_{new,i} = x_{old,i} + r(x_{old,j} - x_{old,i}) \quad (2)$$

$$if f(x_j) > f(x_i) \quad x_{new,j} = x_{old,i} + r(x_{old,i} - x_{old,j}) \quad (3)$$

Etkileşim sonrası yeni öğrencinin bilgi seviyesi eski öğrenciden iyi ise eski öğrenci ile yeni öğrenci yer değişir. TLBO'da öğrencilerin bilgi seviyesinin artması, öğretmenin bilgi seviyesine (optimum çözüme ulaşmak) bağlıdır. Öğrencilerin elde ettiği çözümler optimizasyon sürecindeki aday çözümlerdir. TLBO algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 1'de verildiği gibidir.



Şekil 1. TLBO algoritmasına ait akış diyagramı

Kaynak: Rao, Savsani ve Vakharia, 2011

## OGA FORMÜLASYONU

OGA, belirli bir güç sisteminde her baradaki voltajı, aktif / reaktif gücü ve akımları içeren çözümü ifade eder (Akdağ vd., 2018). Optimal Güç Akışı (OGA) problemi yakıt maliyeti ve emisyonu gibi amaç fonksiyonları çözerken, her bir bara yolundaki güç akışı ilişkilerini hesaba katan bir optimizasyon problemidir. OGA problemi doğrusal ve konveks değildir, bu da çözümü karmaşık hale getirir. Standart OGA problemi Eşitlik 4, 5 ve 6 ile ifade olur (Akdağ vd., 2018):

$$\text{minimum } f(x, u) \quad (4)$$

$$g(x, u) = 0 \quad (5)$$

$$-h(x, u) \leq h(x, u) \leq +h(x, u) \quad (6)$$

burada  $\min f(x, u)$  amaç fonksiyonudur. OGA probleminde,  $u$  ve  $x$  sırasıyla kontrol ve durum değişkenidir.  $u$  ve  $x$  Eşitlik 7-8'de verilmiştir.

$$u_T = [P_{G2} \dots P_{GNG}, V_{G1} \dots V_{GNG}, T_1 \dots T_{NT}, Q_{C1} \dots Q_{CNC}] \quad (7)$$

burada NT, NG, NC kademe değiştirici, jeneratör ve şönt kapasitör sayısını belirtir.

$$x_T = [P_{Gx}, V_{L1} \dots V_{LNPQ}, Q_{G1} \dots Q_{QNG}, S_{L1} \dots S_{LNL}] \quad (8)$$

burada  $G_x$  slak baradır, NG, NPQ ve NL jeneratör, yük ve iletim hat sayısını belirtir.

- $Q_C$ : şönt kapasitör sayısını belirtir.
- T: kademe değiştiricidir,
- $S_L$ : iletim hatları taşıma kapasitesi,
- $P_G$ : aktif güç üretimi (i. jeneratöre ait)
- $Q_G$ : reaktif güç üretimi (i. jeneratöre ait)
- $V_G$ : jeneratör voltajı
- $V_L$ : yük voltajı

### **Kısıtlar**

#### **Eşitlik Kısıtları**

Eşitlik kısıtlamaları iki adettir;

$$P_{G,i} - P_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{Nb} [V_j (g_{h(i,j)} \cdot \cos(\theta_{(i,j)}) + b_{h(i,j)} \cdot \sin(\theta_{(i,j)}))] = 0 \quad (9)$$

$$Q_{G,i} + Q_{Ci} - Q_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{Nb} [V_j (g_{h(i,j)} \cdot \sin(\theta_{(i,j)}) - b_{h(i,j)} \cdot \cos(\theta_{(i,j)}))] = 0 \quad (10)$$



Burada  $Nb$  bara sayısı,  $v_i, v_j$  sırasıyla bara voltajlarıdır.  $P_{Di}$  aktif güç talebi,  $Q_{Di}$  reaktif güç talebi,  $b_{h(i,j)}, \theta_{(i,j)}, g_{h(i,j)}$  süseptans, faz açıları ve kondüktanstır (sırasıyla).

### **Eşitsizlik Kısıtlamaları**

Eşitsizlik kısıtlamaları aktif/reaktif güç, bara/jeneratör voltajı, kademe değiştirici, şönt kapasitör, hat taşıma kapasitesi gibi parametrelerin belli limitler arasında olmasını sağlar. Bu sınır değerleri her güç sisteminin veri sayfasında belirtilmektedir.

$$\text{Aktif güç } P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max} \quad i = 1,2, \dots Ng \quad (11)$$

$$\text{Reaktif güç } Q_{Gi}^{min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi}^{max} \quad i = 1,2, \dots Ng \quad (12)$$

$$\text{Bara voltajı } V_i^{min} \leq |V_i| \leq V_i^{max} \quad i = 1,2, \dots Nb \quad (13)$$

$$\text{Kademe değıştirci } t_k^{min} \leq |t_k| \leq t_k^{max} \quad k = 1,2, \dots Nt \quad (14)$$

$$\text{Hat taşıma kapasitesi } S_{Li} \leq S_{Li}^{max} \quad L_i = 1,2, \dots Nb \quad (15)$$

$$\text{Reaktif güç tüketimi } Q_{ci}^{min} \leq Q_{ci} \leq Q_{ci}^{max} \quad i = 1,2, \dots Nc \quad (16)$$

### **TLBO'NUN OGA PROBLEMİNE UYARLANMASI**

TLBO algoritmasında, OGA probleminin ilgili amaç fonksiyonundaki tüm değışkenler AmacF1 tanımlanır. TLBO algoritmasının OGA problemine adaptasyon aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

*Adım 1:* TLBO algoritması, jeneratör, bara, kondansatör, trafo ve hat verilerini içeren parametrelerle başlatılır.

*Adım 2:* Algoritmada OGA problemi için amaç fonksiyonu AmacF1, Popülasyon Büyüklüğü (N), maksimum yinelemeler ( $t_{max}$ ) belirlenir.

*Adım 3:* Optimizasyon probleminde  $P_g, V_g, T, Q_c$  değeri belirlenir ve bu belirlenen değeri Adım 4'e gönderilir.

*Adım 4:* Yük akışı için Newton-Raphson yöntemi uygulanır.

*Adım 5:* Ardından aktif/reaktif güç, kademe değıştirici, şönt kapasitör ve jeneratör gerilim değeri TLBO algoritması ile bulunup tekrar Adım 4'e yollanır.

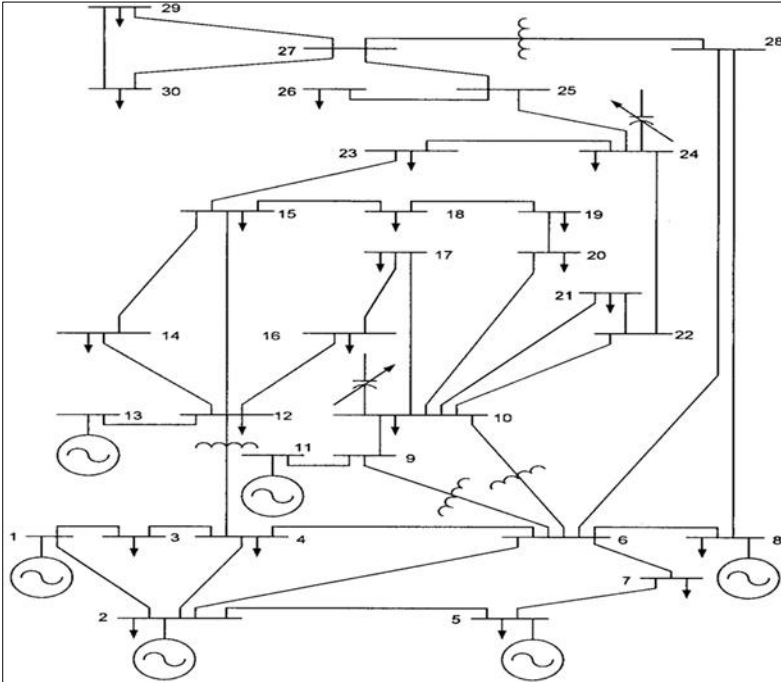
*Adım 6:* Algoritma maksimum yineleme sürelerinde yinelenir ve sonra durur.

## TARTIŖMA

Bu yazıda, OGA probleminde TLBO algoritmasının etkinliği IEEE 30-bara test sisteminde gösterilmiŖtir.

### IEEE 30-Bara Test Sistemi

Bu çalıŖmada TLBO algoritmasının, etkinliği ve sağlamliğı IEEE 30-bara test sisteminde gösterilmiŖtir. Bu test sisteminin verileri IEEE 30-bara veri sayfasından alınmıŖtır (IEEE30, 2020). Bu çalıŖmada EŖitlik 17’de verilen amaç fonksiyonu ele alınmıŖtır. Bu amaç fonksiyonunda NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> gazlarının minimizasyonu sađlatılmıŖtır. IEEE 30-bara test sistemi için iterasyon sayısı 400’e ayarlanmıŖtır. TLBO’da popülasyon büyüklüğü 40 olarak seçilmiŖtir. IEEE-30 test bara sistemi Ŗekil 2’de verilmiŖtir.



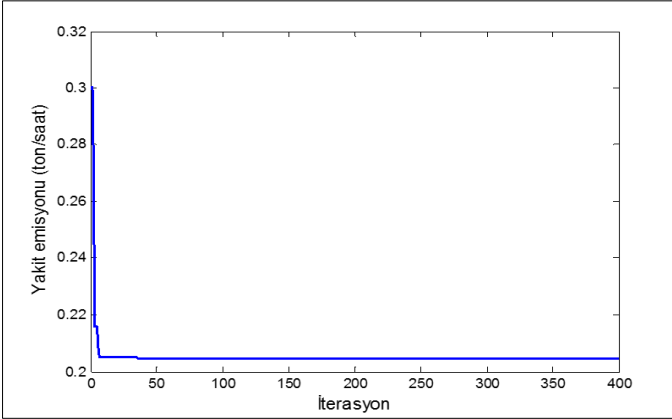
Ŗekil 2. IEEE 30 test bara sistemi (IEEE30, 2020)

### **Yakıt Emisyonlarının Minimizasyonu**

Termik santraller (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> vb.) farklı emisyon gazlarının salınımına neden olur. Literatürde NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> gazlarının minimizasyonu yapıldığı için bu vaka çalışmasında bu gazlar ele alınmıştır (Kumar ve Premalatha, 2015):

$$\text{Amaç} F1 = \sum_{i=1}^{NG} (a_i + \beta_i P_{Gi} + \gamma_i P_{Gi}^2 + \xi_i \exp(\lambda_i P_{Gi})) \text{ ton/saat} \quad (17)$$

burada  $a_i$ ;  $\beta_i$ ;  $\gamma_i$ ;  $\xi_i$  and  $\lambda_i$  jeneratör ünitelerine ait yakıt emisyonlarının katsayısıdır. TLBO algoritmasına ait (Eşitlik 17 için) yakınsama eğrisi Şekil 3'de verilmiştir. TLBO kullanılarak elde edilen yakıt emisyonu 0.20455 ton / saattir. TLBO yöntemi ile hesaplanan değer ilk durumda hesaplanan 5.822 ton/saat değerine göre oldukça iyi sonuçtur. TLBO kullanılarak elde edilen optimum parametreler literatürdeki (son yıllarda yayınlanan) ABC (Kumar ve Premalatha, 2015), ND-HHO (Akdağ vd., 2020), ESDE (Reddy ve Rathnam, 2016), ABCBBO (Chaib vd., 2016), MLSFA (Chaib, vd., 2016), ABC (Chaib, vd., 2016), BSA (Niknam vd., 2012), AGSO (Boucekara, 2014), GA (Raviprabakaran ve Subramanian, 2018), EBBO (Mohamed, vd., 2017), MPSO (Ghasemi, vd., 2014) ve PSO (Duong ve Nguyen, 2020) algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu Tablo 2'de verilmiştir. TLBO bu çalışmada sunulan literatürdeki tüm tekniklerden daha iyi sonuç vermiştir.



*Şekil 3. Durum 1 için yakınsama eğrisi*

Tablo 1. TLBO ile elde edilen kontrol deęiŖkenleri

<b>Kontrol DeęiŖkenleri</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>İlk durum</b>	<b>TLBO</b>
$P_{G1}$ (MW)	50	200	99.22	63.925
$P_{G2}$ (MW)	20	80	80	67.454
$P_{G5}$ (MW)	15	50	50	50
$P_{G8}$ (MW)	10	35	20	35
$P_{G11}$ (MW)	10	30	20	30
$P_{G13}$ (MW)	12	40	20	40
$V_1$ (PU)	0.95	1.1	1.05	1.1
$V_2$ (PU)	0.95	1.1	1.04	1.0959
$V_5$ (PU)	0.95	1.1	1.01	1.0783
$V_8$ (PU)	0.95	1.1	1.01	1.0857
$V_{11}$ (PU)	0.95	1.1	1.05	1.1
$V_{13}$ (PU)	0.95	1.1	1.05	1.1
$T_{11}$ (PU)	0.9	1.1	1.078	1.0532
$T_{12}$ (PU)	0.9	1.1	1.069	0.9
$T_{15}$ (PU)	0.9	1.1	1.033	0.98532
$T_{36}$ (PU)	0.9	1.1	1.0681	0.97181
$Q_{C10}$ (MVAR)	0	5	0	4.99
$Q_{C12}$ (MVAR)	0	5	0	5
$Q_{C15}$ (MVAR)	0	5	0	4.99
$Q_{C17}$ (MVAR)	0	5	0	5
$Q_{C20}$ (MVAR)	0	5	0	4.858
$Q_{C21}$ (MVAR)	0	5	0	5
$Q_{C23}$ (MVAR)	0	5	0	3.267
$Q_{C24}$ (MVAR)	0	5	0	5
$Q_{C29}$ (MVAR)	0	5	0	2.5371
AmaçF1(ton/s)			5.822	0.20455

Tablo 2. TLBO ile literatürün karşılaştırılması

Metot	Durum 1
TLBO	0.20455
ABC (Kumar ve Premalatha, 2015)	0.2048
ND-HHO (Akdağ vd., 2020)	0.21749
ESDE (Rathnam ve Ratham, 2017)	0.2056
ABCBBO (Chaib vd., 2016)	0.2048
MLSFA (Chaib vd., 2016)	0.2063
ABC (Chaib vd., 2016)	0.20482
BSA (Niknam vd., 2012)	0.2425
AGSO (Boucekara, 2014)	0.2059
GA (Raviprabakaran ve Subramanian, 2018)	0.20723
EBBO (Mohamed vd., 2017)	0.226
MPSO (Ghasemi vd., 2014)	0.23246
PSO (Duong ve Nguyen, 2020)	0.377

## SONUÇ

Bu çalışmada, yakıt emisyonunu minimize etmeyi amaç alan OGA probleminin çözümüne yönelik TLBO algoritması sunulmuştur. TLBO'nun etkinliği IEEE-30 bara sisteminde test edilmiştir. Daha sonra TLBO algoritmasından elde edilen simülasyon sonuçları, son yıllarda literatürde bildirilen diğer algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. TLBO algoritması, yakıt emisyonu minimizasyonunda literatürde bildirilen (bu çalışmada verilen) tüm tekniklerden başarılı sonuç üretmiştir. Böylece TLBO, OGA probleminin çözümünde farklı amaç fonksiyonu içeren problemlerde etkili çözümler için kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

Akdağ, O., Ates, A. ve Yeroglu, C. (2021). Modification of Harris hawks optimization algorithm with random distribution functions for optimum power flow problem. *Neural Computing and Applications*, 33(6), 1959-1985.

Akdağ, O., Okumuş, F., Kocamaz, A. F. ve Yeroğlu, C. (2018). Fractional order Darwinian PSO with constraint threshold for load flow optimization of energy transmission system. *Gazi University Journal of Science*, 31(3), 831-844.

Biswas, P. P., Suganthan, P. N. ve Amaratunga, G. A. (2017). Optimal power flow solutions incorporating stochastic wind and solar power. *Energy conversion and management*, 148, 1194-1207.

Boucekara, H. R. E. H. (2014). Optimal power flow using black-hole-based optimization approach. *Applied Soft Computing*, 24, 879-888.

Chaib, A. E., Boucekara, H. R. E. H., Mehasni, R. ve Abido, M. A. (2016). Optimal power flow with emission and non-smooth cost functions using backtracking search optimization algorithm. *International Journal of Electrical Power ve Energy Systems*, 81, 64-77.

Duong, T. L. ve Nguyen, T. T. (2020). Application of sunflower optimization algorithm for solving the security constrained optimal power flow problem. *Engineering, Technology ve Applied Science Research*, 10 (3), 5700-5705.

Elattar, E. E. ve ElSayed, S. K. (2019). Modified JAYA algorithm for optimal power flow incorporating renewable energy sources considering the cost, emission, power loss and voltage profile improvement. *Energy*, 178, 598-609.

Ghasemi, M., Ghavidel, S., Akbari, E. ve Vahed, A. A. (2014). Solving non-linear, non-smooth and non-convex optimal power flow problems using chaotic invasive weed optimization algorithms based on chaos. *Energy*, 73, 340-353.

Güçyetmez, M. ve Çam, E (2015). Aynı güç üretimi için termal ve rüzgâr baralarının yakıt maliyeti ve emisyon açısından karşılaştırılması.

IEEE-30 Bus (2020). <https://tr.scribd.com/doc/282453109/IEEE-30-Bus-System-Data>

Kumar, A. R. ve Premalatha, L. (2015). Optimal power flow for a deregulated power system using adaptive real coded biogeography-based optimization. *International Journal of Electrical Power ve Energy Systems*, 73, 393-399.

Mohamed, A. A. A., Mohamed, Y. S., El-Gaafary, A. A. ve Hemeida, A. M. (2017). Optimal power flow using moth swarm algorithm. *Electric Power Systems Research*, 142, 190-206.

Niknam, T., Narimani, M. R., Aghaei, J. ve Azizipanah-Abarghooee, R. (2012). Improved particle swarm optimisation for multi-objective optimal power flow considering the cost, loss, emission and voltage stability index. *IET generation, transmission ve distribution*, 6 (6), 515-527.

Rao, R. V., Savsani, V. J. ve Vakharia, D. P. (2011). Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems. *Computer-Aided Design*, 43 (3), 303-315.

Raviprabakaran, V. ve Subramanian, R. C. (2018). Enhanced ant colony optimization to solve the optimal power flow with ecological emission. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 9 (1), 58-65.

Reddy, S. S. ve Bijwe, P. R. (2016). Day-ahead and real time optimal power flow considering renewable energy resources. *International Journal of Electrical Power ve Energy Systems*, 82, 400-408.

Reddy, S. S. ve Rathnam, C. S. (2016). Optimal power flow using glowworm swarm optimization. *International Journal of Electrical Power ve Energy Systems*, 80, 128-139.

Teeparthi, K. ve Kumar, D. V. (2018). Security-constrained optimal power flow with wind and thermal power generators using fuzzy adaptive artificial physics optimization algorithm. *Neural Computing and Applications*, 29 (3), 855-871.

# **Araçlardaki Kablosuz Güç Aktarımının ANSYS-Maxwell ile Analizi**

**Yıldırım Özüpak**  
*Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye*  
**(0000-0001-8461-8702)**



## GİRİŞ

Kablosuz güç aktarımı (KGA), elektrik enerjisinin iletkensiz aktarılmasıdır. KGA zamanla değişen elektrik, manyetik veya elektromanyetik alanlar kullanan teknolojilere dayanır. Bu teknoloji sensörler, aktüatörler ve iletişim cihazlarında olduğu gibi uygunsuz veya mümkün olmayan elektrikli cihazlara güç sağlamak için kullanışlıdır. Güç, kısa mesafelerde, alternatif manyetik alanlar ve bobinler arasındaki endüktif kuplaj veya alternatif elektrik alanları ve metal elektrotlar arasındaki kapasitif kuplaj ile aktarılabilir. Endüktif kuplaj tabanlı kablosuz güç aktarımı, çok çeşitli elektrikli cihazlar için popüler bir kısa menzilli güç dağıtım mekanizmasıdır. Bu teknolojinin gelişmesi, endüktif kuplajlı güç aktarım sistemini hem sabit hem de dinamik şarj etmede elektrikli araç şarj uygulamaları için çok vazgeçilmez hale getirmiştir. Bu çalışmada, iki bobinli bir kablosuz güç aktarım sisteminin performansı analiz edilmiştir. ANSYS@Maxwell yazılım ve simülasyon programı kablosuz güç şarj sistemini tanımlamak için kullanılmıştır. Bunun için bir elektrik devresini doğrusal olmayan bir eleman modeliyle birleştiren bir simülasyon modeli ANSYS yazılım paketi ile gerçekleştirilmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Kablosuz güç aktarımı, geleneksel bakır bobinlere (veya tellere) ihtiyaç duyulmadan bir yerden başka bir yere transfer edilen elektriksel güçtür. Enerji, metamalzemeler ve rectenna teknolojisi kullanılarak uzun mesafelerde elektromanyetik dalgalar yoluyla iletilir. Elektrik enerjisi, enerjinin dağıtımı için kordon ile taşınacaktır. Bu tür güç iletimindeki en büyük sorun, elektrik gücünün iletimi ve dağıtımı sürecinde, kablodaki enerji kaybından dolayı meydana gelen kayıplardır. Günlük hayatta elektrik üretimi ve güç kaybı da artmaktadır. Elektrik üretimi nedeniyle elektrik maliyeti artmaktadır (Rahul vd., 2020). İletim kaybını azaltmak çok önemlidir, çünkü tasarruf edilen güç, maliyeti en aza indirmek için bir alternatif olarak kullanılabilir. Kablosuz güç aktarımı kullanılarak güç dağıtım ağındaki güç kayıplarının en aza indirildiği elektrik dağıtım şebekesini temizlediği bilinmektedir.

Kablosuz güç aktarımının en iyi örneği bataryaların kablosuz olarak şarj edilmesidir. Kablosuz güç aktarımı kavramı yeni bir fikir değildir. Uzun zamandır araştırmacılar tarafından araştırılıp incelenmektedir. Ancak yaygın olarak kullanılmamaktadır. KGA, elektrik iletim sisteminde yeni bir devrimdir. Bu yeni devrim, bir güç kaynağını herhangi bir kablo olmadan bir elektrik yüküne entegre ederek

milyonlarca elektronik cihazın güvenilir ve verimli kablosuz Ŗarjını mümkün kılmaktadır.

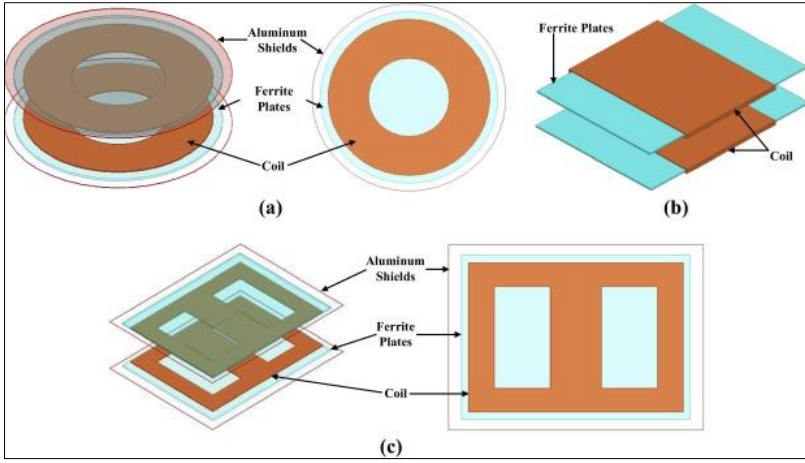
Kablosuz güç aktarımı, uzun bir zamandır önemli bir araştırma alanı olmuŖtur. Son zamanlarda, geleneksel güç modlarına oranla güç aktarımında daha verimli olduğu düşünöldüğünden, kablosuz güç aktarımı alanındaki ilerlemeleri gerçekleŖtirmek için bu alana çok fazla ağırlık verilmiŖtir (Tesla, 1905). Dolayısıyla, teknoloji ilerledikçe KGA tabanlı uygulamalar için talepler ciddi anlamda artmaktadır. İlk zamanlarda farklı birçok bilim insanı, KGA'nın farklı kullanım alanları üzerinde çalıŖmıŖlardır. ÇalıŖmalar, kaynak ile yük arasında iletken bir bağlantı olmadan elektrik gücünün aktarılmasını kapsamaktadır. Her tür KGA'nın kendi geçmiŖleri, son teknolojileri ve gelecekteki kapsamı vardır.

Son birkaç yılda, endüstri, elektrikli ekipmanı kablosuz olarak Ŗarj etme olasılığına artan bir ilgi göstermiŖtir. Kablosuz güç aktarımının gelişimini hızlandıran uygulamalar, tıbbi implantlar, dizüstü bilgisayarlar ve cep telefonları gibi mobil cihazlar ve elektrikli araçlardır.

Otoparklardaki kablosuz Ŗarj istasyonu, elektrikli aracınızın Ŗarj olmasını sağlayabilir veya bir depodaki elektrikli kamyonlar, zemin kablosuz Ŗarj raylarıyla donatılmıŖsa sürekli olarak çalışabilir. Bununla birlikte, KGA sistemindeki eşzamanlı olarak yüksek verimlilik ve yüksek güç aktarımı, verici ve alıcı bobin arasında aşırı orta hava boşluğu elde etmenin zor olduğu kanıtlanmıŖtır.

Kısa mesafeli kablosuz enerji aktarımı, kapasitif veya indüktif kuplaja dayanır. Bununla birlikte, kapasitif kuplaj enerji aktarımı, düşük güç aktarımı ile sınırlıdır. Endüktif kuplaj, elektrik alanından daha büyük enerjiyi depolayan manyetik alanı kullanır. Daha büyük mesafe için kuplaj performansını iyileŖtirmenin bir yöntemi, KGA sisteminin verici ve alıcı tarafı için rezonans devreleri kullanmaktır (Reuben vd., 1988; Rikard, 2015). Ŗekil 1'de kablosuz güç aktarım geometrileri sunulmuŖtur.

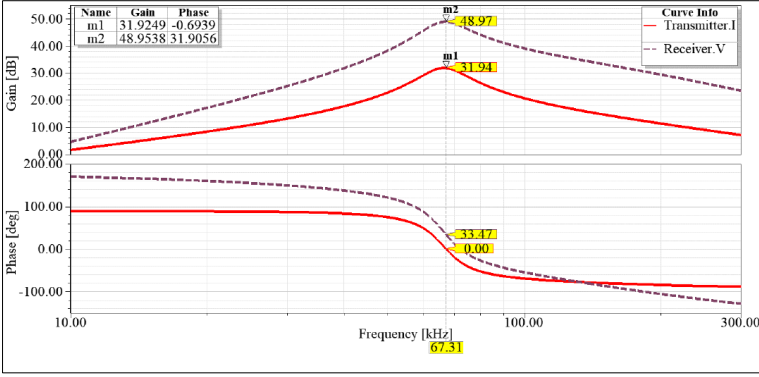
Bu çalışmada, kablosuz güç aktarım sisteminin frekans ve zaman etki alan analizi gerçekleŖtirilmiŖtir. GeniŖ aralıklı transformatörlerin sonlu eleman modelini içeren analizi kısaca açıklanmıŖtır. Bu bağlamda KGA fikrini yeni araŖtırmacılarla tanıştırmak için yapılan araŖtırmalar ve incelemeler sunulmuŖtur.



Şekil 1. Kablosuz güç aktarım geometrileri

## KABLOSUZ GÜÇ AKTARIM SİSTEMİNİN FREKANS ALANI ANALİZİ

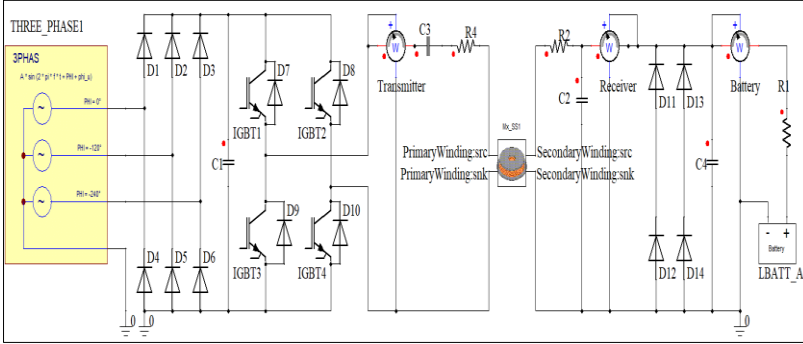
Kablosuz güç aktarım sistemi çalışması, iki (verici ve alıcı) rezonans devresinin rezonans frekansının belirlenmesi ve tüm şarj cihazı sistemi zaman alanı analizi olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıştır. Bu çalışmada verici bobini seri kapasitör ile yapılandırılabilir ve alıcı kısım paralel rezonans kullanır (Mehdi ve Maysam, 2012). Devre modelinin frekans alanı analizi ANSYS Simplorersystem simülátöründe gerçekleştirilir; burada AC direnci, kendi kendine ve karşılıklı endüktans ANYS Maxwell kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenebilir (Kuczmann ve Iványi, 2008). Analizin sonuçları Şekil 2'de görülebilir. Seri rezonans devresinde akım, rezonansta maksimum olacaktır, bu nedenle Şekil 2'de görebileceğiniz gibi rezonans frekansı 67.31 kHz'dir (Mehdi ve Maysam 2012). Paralel rezonans alıcı tarafında voltaj maksimum olmalıdır. Faz kayması endüktif kuplajdan kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Kablosuz güç aktarımı

## ŞARJ SİSTEMİNİN ZAMAN ALANI ANALİZİ

Rezonans frekansı bilgisi ile tüm şarj sistemi analiz edilebilir. İnvörtör kontrol etmek için rezonans frekansı gereklidir. Şarj sisteminin tamamı KGA sistemini içermekte olup Şekil 3'te verilmiştir (Daniel, 2018). Tüm sistem, üç fazlı bir güç kaynağı, üç fazlı bir diyot doğrultucu, tek fazlı bir tam köprü invörtörü, geniş aralıklı transformatörün sonlu eleman modeline sahip kablosuz güç aktarım sistemi ve iki fazlı redresörlü pilden oluşur. KGA sisteminin uyarılması, darbe genişliği modülasyonlu bir sinyaldir. Bu sinyalin frekansı, rezonans frekansıdır.



Şekil 3. Kablosuz güç aktarımlı araç şarj sistemi

## ŞARJ SİSTEMİNİN ELEKTROMANYETİK ALANI ANALİZİ

Kablosuz şarj sistemini kullanmanın en hacimli uygulama alanı olan elektronik, pano üzerine yerleştirilen kablosuz bir güç kaynağı kullanılarak dizüstü bilgisayar gibi elektronik ürünlerde uygulanmaktadır. Bu icat, 20 watt'ın üzerindeki güçlerin aktarımını sağlayabilmektedir. Bu icat ile elektronik elemanları, kablosuz şarj kaynağından daha uzaktaki bir mesafede şarj edilebilir. Yakın alan ve uzak alan olmak üzere iki çeşit iletim söz konusudur.

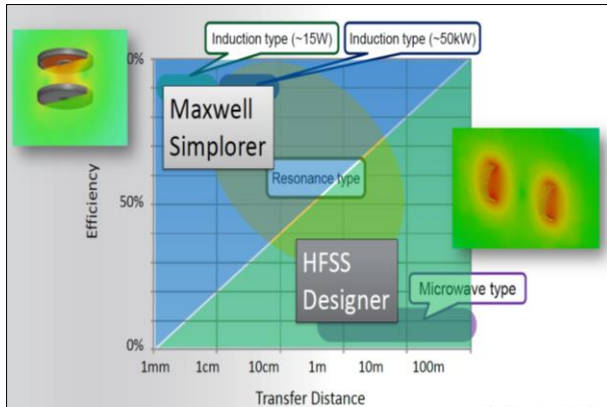
### ***Yakın Alan (Endüktif kuplaj, rezonans)***

- EM dalgalarının yayılmasına dayanmaz
- Dalga boyu iletim sinyalinin daha az mesafelerde çalışır
- Harici devre kondansatörü kullanılarak elde edilen rezonans
- Tipik zorluklar şunlardır: bobin boyutu, şekli, dönüş sayısı, doyumluk, kendi kendine ve karşılıklı endüktans, AC direnci, frekans tepkisi, kayıplar, verimliliğidir.

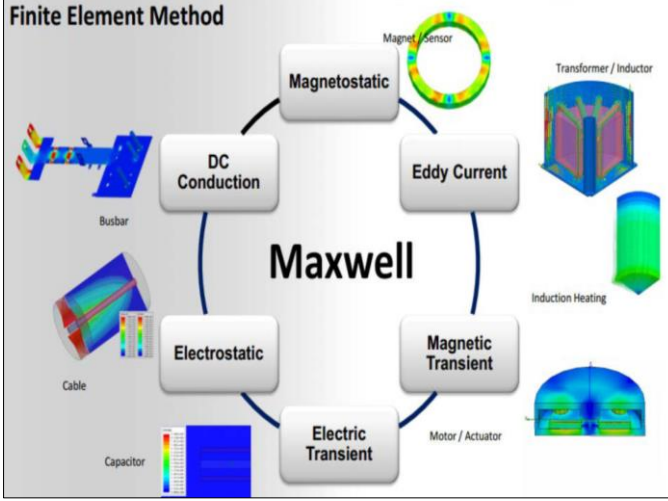
### ***Uzak Alan (rezonans)***

- Mikrodalga Tipi
- ~ 10 metreye kadar çalışma aralığı
- Yönlülük ve iletim verimliliği arasındaki denge
- Bobin dönüşlerinin öz kapasitansı önemlidir.

Yakın elektromanyetik alan ve uzak elektromanyetik alanın elektromanyetik yönden analizi yapılarak görselleri Şekil 4'te, manyetik alan analizinin işlem aşamaları ise Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 4. Yakın ve uzak alan analizleri



Ŗekil 5. Manyetik alan analiz aŖamaları

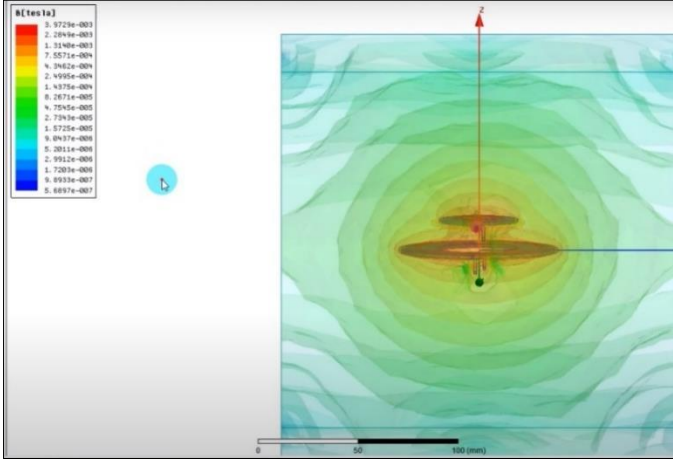
ANSYS Maxwell kullanan Statik Manyetik analiz, böyle bir sistemin hem kendini hem de karşılıklı endüktanslarını hesaplayabilir. Bobinler, simülasyon karmaşıklığını azaltmak için toplu nesnelere olarak modellenir.

### **Tasarlanan Bobinlerin Elektromanyetik Alan Simülasyonu**

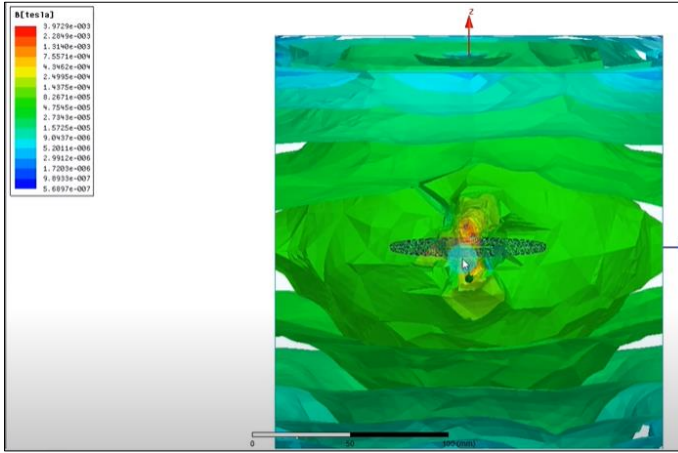
Değişken bir mesafe "dist" ile tasarlanan verici ve alıcı bobini ile, bobinler arasındaki öz endüktans ve karşılıklı endüktans kuplajını bulmak için simülasyon gerçekleştirilir. Mesafe değerlerinin yinelenmesi için öz ve karşılıklı endüktans çift katsayılarını hesaplamak yerine önceden tanımlanmış olan "dist" değişkeni, tarama parametresi olarak kullanılır. Böylece "dist" değişkenine atanan mesafenin her yinelenmeli değerleri için, öz ve karşılıklı endüktans değerleri otomatik olarak arka planda hesaplanır. ANSYS@Maxwell ile simülasyon tamamlandıktan sonra veriler, tarama parametre analizi yapılırken başlangıçta "dist" değişkenine atanan farklı mesafe değerleri için öz ve karşılıklı endüktans değerleri hakkında bilgi veren bir tablo aracılığıyla elde edilir.

Daha önce açıklandığı gibi, bobinlerin öz ve karşılıklı endüktansları, mesafe değişkeni "dist" için belirtilen tarama parametreleri için her

yineleme için hesaplanır. Elde edilen manyetik alan dağılımı Şekil 6 ve Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 6. Bobinlerdeki manyetik alan dağılımı



Şekil 7. Tüm modelin manyetik alan dağılımı

Burada analizi gerçekleştirilen modellerin manyetik alan değerleri elde edilmiştir. Alım geçen sistemin manyetik alan değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu analiz ve simülasyon Maxwell ile gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde, ANSYS Maxwell kullanılarak kablosuz güç aktarımı yasasının geçerli olduğu doğrulanmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışmada kablosuz güç aktarımı kavramı sunulmuştur. Günümüz dünyasında insan hayatını daha iyi yapan son teknolojik uygulamalar araştırılmıştır. Elektromanyetik indüksiyon tipi kablosuz güç iletiminde, verici ve alıcı bobinlerin göreceli konumlarına göre manyetik alan dağılımı ve güç aktarım verimliliği çok önemlidir. Bu alışma, elektrikli ve hibrit araçlar için ANSYS yazılım paketinde endüktif kuplaj tabanlı kablosuz şarj sistemini simüle etmek için gerçekleştirilmiştir. Bu alışma için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları, tasarlanan KGA sisteminin kablosuz şarj cihazında düzgün çalıştığını göstermektedir. Gelecek planımız, bobinlerin gerilimi ve termal etkisini ve yüksek frekans uzak alanın etkisini hesaba katmaktır.

## KAYNAKÇA

Daniel M., 2018 Numerical Analysis of Wireless Power Charger for Electric Vehicles - eCon Engineering.

Kuczmann, M. ve Iványi, A., 2008, The Finite Element Method in Magnetics, Akadémiai Kiadó, Budapest.

Mehdi, K. ve Maysam, G., 2012, The Circuit Theory Behind Coupled-ModeMagnetic Resonance-Based Wireless Power Transmission, IEEETransactions on Circuit and Systems – I: Regular Paper 59 (9), 2065-2074.

Rahul S, Rajan J. ve Dheeraj S. (2020). Wireless Power Transmission Technology, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 4, 9, 444-449, ISSN No. 2455-2143.

Reuben, L., Leo, W. ve Charles, E.C., 1988, Electronic Transformers and Circuits, 3rd Ed., Wiley-Interscience, New York.

Rikard, V., 2015, Wireless Energy Transfer by Resonant Inductive Coupling, Master thesis, Dept. of Signals and Systems, Chalmers University of Technology.

Tesla, N. (1905). The transmission of electrical energy without wires, Electrical World and Engineer, March 1905. <http://www.tfcbooks.com/tesla/1904-03-05.htm>, (acc. Dec. 08).



# **Mikro İşleme Yapabilen 5 Eksenli Takım Bileme Tezgâhının Lazer Yüzey İşleme ile Geliştirilmesi**

**Cansev Keşoğlu**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-7049-6246)**

**Kasım Bolat**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-4012-1961)**

**Yiğit Bozdağ**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-3915-9268)**

**İbrahim Nizamoğlu**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0001-8064-9368)**

**Kadir Demir**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-3424-5597)**

**Ali Gökhan Demir**

*Politecnico di Milano, Milano, İtalya*  
**(0000-0002-8000-468X)**

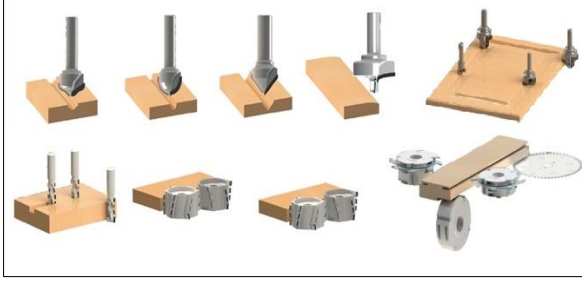
## GİRİŖ

Lazerle mikro iŖleme takım veya kalıp gerektirmeden, fiziksel temas kullanmadan mikrometre hassasiyetiyle malzeme kaldırmayı sağlamaktadır. Nanosaniye atımlı lazerler genel uygulamalarda üretkenlik, hassasiyet ve maliyet açısından uygun bir seçenek olarak çeŖitli sanayi uygulamalarında kullanılmaktadır. Lazerlerle kesici takım bileme dünyada daha yeni uygulanmaya baŖlanan bir yöntemdir. Bilinen yöntemlerde aşındırıcı malzeme kesici takım yüzeyinden sürtünme ile talaŖ kaldırmak için bileme iŖlemini gerçekleştirir. Bu yöntemlerde aşındırıcı olarak farklı malzemeler ve teknikler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin genel özelliği aşındırıcı uçların kesici takımlara temas ederek Ŗekil vermesidir. Bu yöntemde soğutma yağı kullanılarak aşındırma yapılmaktadır. Tarayıcı kafa ve CNC tezgah entegrasyonu sayesinde karmaŖık yüzeyler ve takım yollarının temassız ve hassas bir Ŗekilde takip edilmesini sağlar.

AhŖap iŖleme takımlarının tasarımları uyguladıkları iŖlemlerin niteliğine göre deęiŖmektedir (bkz. Ŗekil 1). Bilinen yöntemlerde Polikristalin Diamond (PCD) aşındırıcı malzeme kesici takım yüzeyinden *Elektro Erozyon (EDM) yöntemi* ile talaŖ kaldırmak amacıyla bileme iŖlemini gerçekleştirir. Bu yöntemlerde aşındırıcı olarak *tungsten bakır elektrot* malzemeler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin genel özelliği aşındırıcı uçların kesici takımları elektrik atlamalarıyla aşındırmaları ve Ŗekil vermeleridir. Bu yöntemde dielektrik soğutma sıvısı kullanılarak kopan parçaların çalıŖma alanından uzaklaŖtırılması ve elektrik atlama sırasında açığa çıkan ısınmayı azaltmak hedeflenir. Bileme iŖleminin lazerle geliŖtirilmesi proses hassasiyeti, tekrar edilebilirliği ve çevresel faktörler açısından avantajlar sağlayacaktır.

Buna istinaden 5 eksen bir hareket yapısına sahip sistemde lazer yöntemi kullanarak aşındırma ile mikro iŖleme geliŖtirilmesi endüstriyel önem taŖımaktadır. ABM Makine, TÜBİTAK-TEYDEB 1501 programı kapsamında 3191940 numaralı projeyle PM.20.01.01 5 eksen CNC tezgah üzerinde tarayıcı bir kafa ile entegre çalıŖacak nanosaniye atımlı bir fiber lazer ile takım bileme tezgâhı geliŖtirmektedir. GeliŖtirilen projede makinenin Touch Probe ile ölçme sistemi mevcuttur. Probe ile Takımın Koordinatları ölçülür ve bileme iŖlemi için pozisyonlaması yapılır. Ayrıca görüntü iŖleme ile bileme

öncesi takımın konumunu belirleme, bileme simülasyonunu yapmak ve çıkabilecek hataları minimize etmek için kalite kontrol uygulaması tasarlanmıştır.



Şekil 1. Bazı PCD malzemeler ve uygulama alanları

Lazer sistemlerin işleme hızı EDM yöntemi ile takım bileme sistemlerine göre daha yüksek olacaktır ve aşındırıcı malzeme değişimine ihtiyaç duymayacaktır. Ayrıca lazer ile işleme de yüzeyde oluşan ısı hava ile soğutmaya uygun olduğundan soğutma sıvısı kullanımı gerektirmeyen ve kimyasal atık oluşumunu engelleyen bir yapıya sahip olacaktır. Yapılan sistem takım bileme tezgâhları sektöründe Türkiye'deki ilk çalışma olacaktır. Dünyada ise bu konuda ürüne dönüşmüş sadece iki çalışma mevcuttur. Burada bu proje kapsamındaki tezgah ve mikro işleme yönteminin geliştirilmesi konuları ele alınmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Mikro işlemede, nano saniye (ns) atımlı, piko saniye (ps) atımlı ve femto saniye (fs) atımlı lazerler kullanılabilir. Nano saniye atımlı lazerler kısa atımlı lazerler olarak, fs ve ps lazerler ultra kısa atımlı lazerler olarak isimlendirilirler. Fs lazer ve ps lazerler ns lazerlere göre hem daha az ısı açığa çıkarırlar hem de işleme kalitesi daha yüksektir. Lazer seçimi yapılacak işe göre seçilir.

Kısa ve ultra kısa atımlı lazerlerin kullanılması, malzemenin hızlı ve hassas şekilde işlenmesini mümkün kılar. Projede seçilen nano atımlı lazer kaynağında kullanıldığı gibi kısa süreli lazer darbeleri, önemli termal hasar olmaksızın PCD/karbürün malzemelerin işlenmesini rahatlıkla yapmaya uygundur.

Hedef olarak, her türlü bir takım geometrisi makine üstünde üretilebilir ve bileme işleme yapılabilir. Böylelikle, makinenin kullanım alanları sıfırdan bir kesici takım üretme ve kullanılmış bir kesici takımın bilemesini gerçekleştirmek üzere değerlendirilmektedir. Lazer işleme makinemiz, 200 mm çap, 250 mm uzunluk ve 5 kg ağırlıklı takımları işleme kapasitesine sahiptir. Projede geliştirilen sistemin amacı özellikle PCD takımların bilenmesidir. Ayrıca, makinenin mekanik tasarımı kademeli aletler, rayba, delme veya freze gibi dönen aletler için üretebilme kapasitesine sahip olarak tasarlanmıştır.

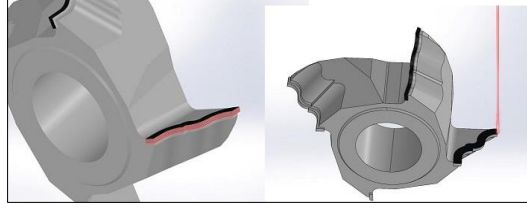
Proje için yapılan literatür çalışmasında lazer kullanılarak yapılan çeşitli çalışmalarla karşılaşılmıştır. Su jetiyle kombine lazer cihazı ile çalışan Richmann vd. (2015) bu sistemin geleneksel lazer sistemlerine göre çeşitli avantajlara sahip olduğunu göstermiştir. Bu avantajlar lazer odak ayarının yapılmaması ve çentik derinliğinin daha fazla olması gibi ve işlem esnasında ısı sebebiyle oluşan yüzey hasarının önlenmesi olarak sıralanmıştır. Richmann vd. (2015) yaptığı çalışmada kullanılan lazer sistemi ise nanosaniye lazerdir. Bir diğer çalışma sayesinde ise pikosaniye özellikli bir lazerin çalışma prensipleri ve kesim yaptığı yüzeyin üzerindeki etkilerden bahsedilmiştir (Hu vd., 2010).

Dausinger vd. (2003) yaptığı çalışma ise lazer ile yapılan darbeleri değişik yöntemler ile elde ettiği sonuçlar incelenmiştir. Bu çalışmanın yoğunlaştığı konu ise ultra kısa sürelerde gönderilen darbelerin malzeme kaldırma verimine etkisidir. Leitz ve çalışma arkadaşları ise mikro ve nanosaniye ile darbe atımı yapabilen lazerler yardımıyla metal yüzeylerdeki ablyasyon süreçlerini incelemiştir (Riviero vd., 2011). Ablasyon ise bir materyalin, bir nesneden buharlaşma, yontma veya diğer aşındırıcı işlemlerle kaldırılması veya imha edilmesidir.

## **LAZERLE BİLEME MAKİNESİ TASARIM SÜREÇLERİ**

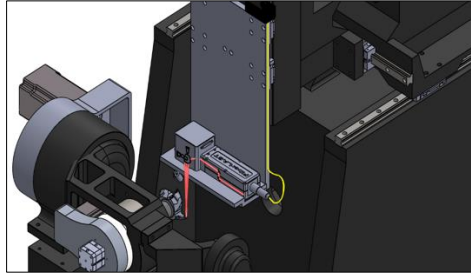
### ***Lazerle Bileme Çalışma Tekniği***

Şekil 2'de lazerle bilemenin çalışma mantığı gösterilmiştir. Bileme esnasında, kesici takım bağlı olduğu ekseninde sabit kalacak ve lazer ışığı bir aşındırıcı takım gibi bilecek bıçağın üzerinde Şekil 2'de gösterildiği gibi hareket sağlayarak aşındırma işlemi gerçekleştirecektir.



Şekil 2. Lazerle bilenen kesici takım geometrisi örneği.

Şekil 3'te makineye takımın bağlanması ve lazer ile bileme işlemi simüle edilmiştir.

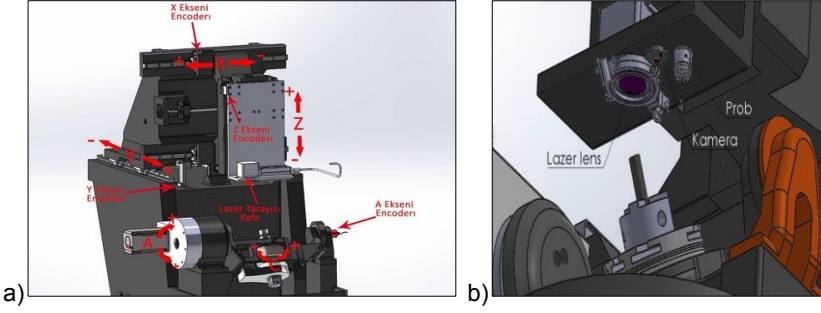


Şekil 3. Lazer ışınının takım üzerine yollanması

### **Sistem Özellikleri**

Şekil 4a üzerinde gösterildiği üzere makine 5 eksenli olmaktadır. Üç adet lineer eksen ve 2 adet döner eksen makinenin eksen özellikleridir. Makinenin 5 eksenli aynı anda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Lazerin oluşturacağı ışınların, 2 adet galvanometrik ayna ile parça üzerinde nasıl hareket edeceği sağlanmaktadır. Lazerin yanında kamera ve probe kullanılarak parçanın yeri hassas bir şekilde belirlenip, bileyimin yapılacağı alan yani takım yolu elde edilmektedir. Lazer, probe ve kameranın makine üstündeki konumları Şekil 4b üzerinde gösterilmiştir.

Lazer ile mikro işleme yapabilmek için mekanik tasarımın iyi dizayn edilmiş olması gerekmektedir. Planlanan mekanik tasarım sayesinde makine üstündeki titreşim en az biçimde işleyişi etkileyecektir. Lazer ışınıyla yapılan talaş kaldırma, mekanik titreşimlere neden olmadığından mikro işleme açısından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, eksen hassasiyetinin önemi makinenin işleyişi için önemli olan diğer bir husustur. Bu nedenle, makinenin üzerinde kullanılacak motorların



Ŗekil 4. Lazerle kesme takımı bileme sistem tasarımı. a) Tasarlanan makine eksenleri. b) Lazer, kamera ve probe yerleŖimi

seçimi ve tasarlanan parçaların uyumu, lazer ile mikro işleme için önemli etkenlerdir. Mikro işleme için yukarıda bahsedilen konuların sonucunda oluşan sistemin genel özellikleri Tablo 1’de gösterilmektedir. Yazılım açısından kullanıcı arayüz yazılımı Visual Studio ortamında geliştirilmiştir. Tasarlanan arayüz Ŗekil 5’te gösterilmektedir. Makine-Kontrol yazılımını ise TwinCAT programında geliştirilmiştir.

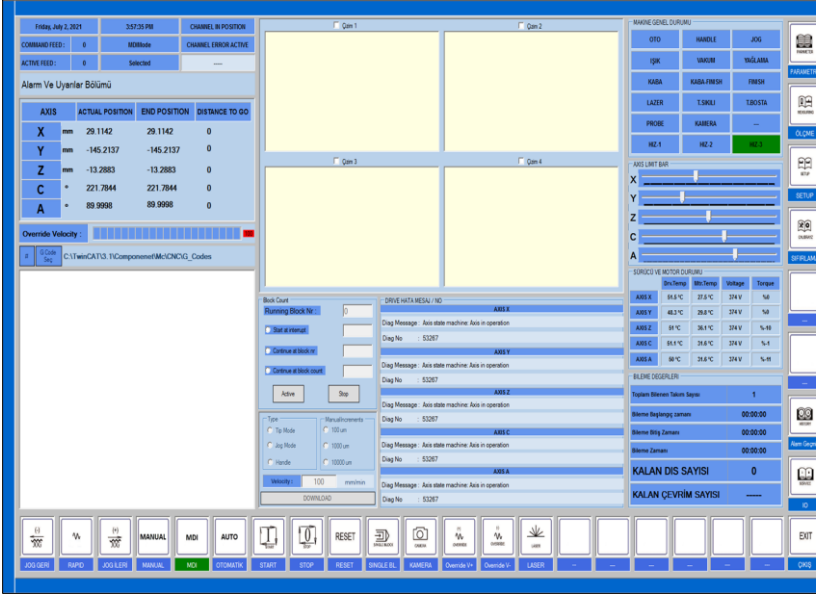
Tablo 1 – Makinenin Genel Özellikleri

Parametre	Değer
Çalışma Mesafesi (X, Y, Z)	200 x 460 x 280 mm
Döner Tabla Çapı	200 mm
İşleme Hızı	2 mm /dak.
Eksen Hassasiyeti	0.003mm
Eksen Gövde Yapısı	Monoblok
Kalite kontrol Tipi	Kamera
Lazer Tipi / Lazer Gücü	Nanosaniye Atımlı Fiber Lazer / 20W

## PROSES GELİŖTİRME

Lazerle mikro işleme için ablasyon prosesine hakim olmak gerekir. Proses için çeşitli parametreler belirlenmiş ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Lazerle mikro işlemedeki temel parametreler Ŗu şekildedir.

Tablo 3’de, yapılan parametre çalışmalarına örnekler verilmiştir. Lazer ile mikro işlemedeki en büyük sorunlardan bir tanesi işlem sırasında



Şekil 5. Kullanıcı Arayüz Yazılımı Görüntüsü

Tablo 2. Lazer Parametreleri

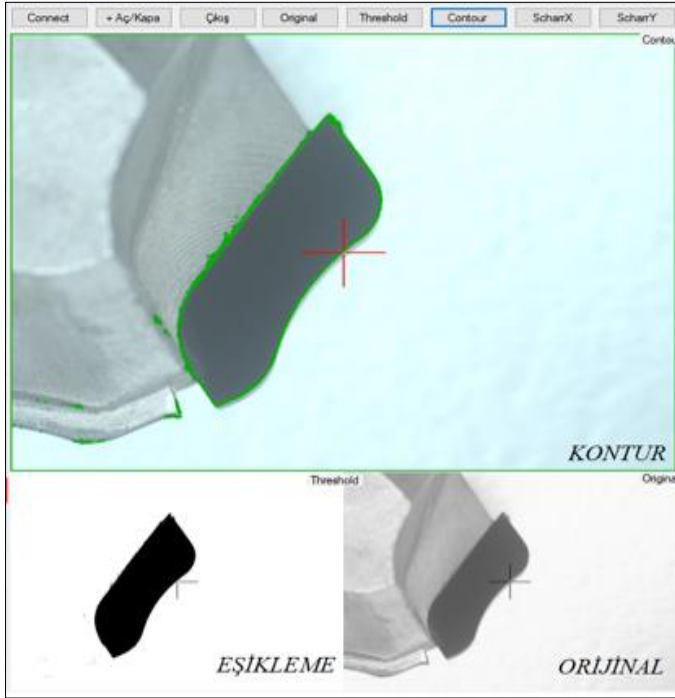
P (W)	Lazer Gücü
PRR (kHz)	Lazer Atım Sıklığı
Tarama Hızı(mm/s)	Galvo Aynalarının Motor Hızı
Tarama Şekli	Galvo Aynalarının Hareket Şekli
Tarama Açısı	Galvo Aynalarının Açısı
Tarama Boyu	Taranacak Alan
İlerleme Hızı	Kesici Takımın Hareket Hızı
Talaş	Kesici Takımdan Kopan Malzeme Miktarı

açığa çıkan ısıdır. Mikro işleme esnasında malzemenin ısınmasını azaltmak, işlem sonrasındaki yüzey hassasiyetini arttırmak ve işlemi en kısa zamanda tamamlamak için çeşitli parametreler denenmiştir.

Tablo 3'teki denemelerde gücü sabit tutup lazerin tarama hızının, tarama şeklinin ve tarama açısının parçanın ısınmasında etkili olduğu görülmüştür.

Güç (P), atım sıklığı (PPR), tarama hızı ve tarama Ŗeklinin sabit olduğunda tarama açısının ve eksen ilerleme hızının ısı açığa çıkma ve aşındırma hızı üzerinde etkili olduğu görölmüŖtür. Güç (P), atım sıklığı (PPR), tarama hızı, tarama Ŗekli ve tarama açısı sabit tutulduğunda, eksen ilerleme hızını azaltmanın aşındırma hızını daha da artırdığı görölmüŖtür.




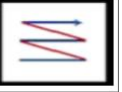




Ŗekil 6'da gösterildiği üzere bileme öncesi ve sonrasında entegre kamera ile kalite kontrol testleri yapılarak malzemenin hatalı işlenmesinin önüne geçilmektedir. Kamera sistemi işlenen geometrinin hatlarını çıkarıp ideal geometriyle karşılaŖtırmaktadır.



Ŗekil 6. Bileme Öncesi ve Sonrasında Kamera ile Kalite Kontrol Arayüzü



Tablo 3. Lazer parametreler denemelerinin özeti.

<b>P (W)</b>	40	40	40	40
<b>PRR (kHz)</b>	40	40	40	20
<b>Tarama Hızı (mm/s)</b>	1250	1250	1250	500
<b>Tarama Şekli</b>				
<b>Tarama Boyutu(mm)</b>	0.5x0.5	0.5x0.5	0.5x0.5	0.5x0.5
<b>Tarama Açısı(°C)</b>	Lazerin açılı 0 °C den başlayarak 18,36,54,72,90,108,126,144,162. °C ler aktif edildi.	Lazerin açılı 0 °C den başlayarak 18,36,54,72,90,108,126,144,162. °C ler aktif edildi.	Lazerin açılı 0 °C den başlayarak 0, 45,90,135,180 yapıldı.	45
<b>İlerleme Hızı(mm/san)</b>	4,5	7	5	2
<b>Talaş (mm)</b>	0.04	0.04	0.05	0.04
<b>Süre</b>	00:08:00	00:11:07	00:19:16	00:53:00
<b>Isınma</b>	Isınma Yok.	Isınma Yok.	Hafif ısınma var.	Yüksek ısı var.
<b>Kalite(Görsel)</b>				

## SONUÇ

Yeni nesil kesici takım, örneğin sert maden, karbür, PCD, MCD, Sermet gibi, işlenmesinde kullanılan Lazer teknolojisinde her türlü takımın kullanım durumu mevcuttur. Tasarladığımız 5 eksen CNC

iŖleme tezgahında en basitinden en karmaŖık geometriye sahip olan kesici takımlar ile iŖlem sonucunda yüksek verim elde edilmiŖtir.

Lazer iŖını kullanarak talaŖ kaldırmak için, enerji iŖ parçasında depolanmalıdır. Enerji giriŖinin tipi ve metodu uygulanan yoğunluğa ve iŖının darbe süresine dayanır. Bu çalıŖmada nanosaniye uzunlukta darbeler kullanılmıŖ ve yüzey kalitesinde iyileŖtirmeler yapılmıŖtır. Nanosaniye uzunlukta darbelerle lazerle mikro iŖlemede, iŖ parçası malzemesi önce ısınarak yoğunluğu artar, ergir ve en sonunda buharlaŖır. Yüzey kalitesinin daha da iyileŖtirilmesi için pikosaniye atımlı lazerlerin kullanımı avantajlı olacaktır. On pikosaniyeden daha kısa darbelerde, talaŖ kaldırma mekanizması deęiŖir ve malzeme katı halden gaz hale, erime olmadan dönüŖür. Kesici takımında aranan yüzey kalitesine göre tarama metotları deęiŖiklik göstermektedir.

Bu çalıŖmanın genel sonuçları ve ilerleyen dönem çalıŖmaları için öneriler Ŗu Ŗekilde sıralanır:

- Lazer ile mikro iŖleme yapabilmek için eksen hassasiyeti 0.001 mm ve 0.005 mm arasında olmalıdır. Bu sebepten dolayı kullanılan motorların iyi hesaplanmış ve kullanılan mekanik malzemelerin ona göre seçilmiş olması önem arz etmektedir.
- Mikro iŖleme yapılacak ürüne ve istenen yüzey kalitesine göre lazer seçimi yapılmalıdır. Mikro iŖleme tezgahlarında nanosaniye, pikosaniye ve femtosaniye atımlı lazerlerden birisi seçilebilir. Nanosaniye atımlı lazerlerde yüzey kalitesinin iyileŖtirilmesi doğru parametre seçimi ve tarama stratejisine bağlı olarak ısı çıkıŖının kontrolüyle yakından iliŖkilidir.
- Bu tip tezgahlarda titreŖimlerden etkilenmeyecek bir tasarıma ihtiyaç vardır.
- Gerekli kalite-kontrol ekipmanlarına ve yüzey için gerekli ölçüm sistemlerine sahip olmak gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

Dausinger, F., Hugel, H. ve Konov, V. I. (2003). Micromachining with ultrashort laser pulses: from basic understanding to technical applications. In ALT'02 International Conference on Advanced Laser Technologies. 5147, 106-115, International Society for Optics and Photonics.

Hu, W., Shin, Y. C. ve King, G. B. (2010). Micromachining of metals, alloys, and ceramics by picosecond laser ablation. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 132 (1), 011009-1 – 011009-7.

Richmann, A., Kurzen, S., Carron, B. ve Richerzhagen, B. (2015). Cutting diamond tools using the Laser MicroJet® technology on a 5-axis machine. In Proceedings of Lasers in Manufacturing Conference 2015, Munich, Germany.

Riveiro, A., Quintero, F., Lusquiños, F., Comesaña, R., Del Val, J. ve Pou, J. (2011). The role of the assist gas nature in laser cutting of aluminum alloys. *Physics Procedia*, 12, 548-554.

# **Fotokatalitik Uygulamalar için Karbon Kaplı CuO Nanopartiküllerin Sentezi**

**Didem Ovalı Döndaş**

*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye*  
**(0000-0002-7934-6535)**

**Şeyma Duman**

*Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye*  
**(0000-0002-6685-5656)**

**Nazlı Akçamlı**

*Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye*  
**(0000-0002-8638-3756)**

## **GİRİŞ**

Günümüzde, su kirliliği küresel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknoloji, suların arıtımı ve saflaştırılması için büyük bir potansiyel taşımaktadır. Nano yapıları malzemeler organik ve inorganik kirlilikleri, ağır metalleri ve zararlı mikroorganizmaları atık suların bünyesinden uzaklaştırmada oldukça etkilidirler. Birçok malzeme çeşidi içerisinde metal oksitler, kimyasal kararlılıkları, yüksek yüzey alanları ve düşük yoğunlukları gibi sahip oldukları özelliklerle su arıtım/saflaştırma çalışmaları içinde öne çıkmaktadırlar.

Püskürtmeli kurutma yöntemi, kontaminasyona maruz kalmadan homojen dağılımlı ve yüksek hacimdeki tozların üretiminde avantaj sağladığından dolayı gıda, medikal ve seramik malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni, püskürtmeli kurutmanın nihai ürün şeklinin, yoğunluğunun ve morfolojisinin kontrolünü sağlayan bir proses olmasıdır. Özellikle, metal tuzlar gibi düşük maliyetli hammaddeler kullanılarak üretilmesi hedeflenen metal oksit veya metal partiküller için, püskürtmeli kurutma sonrası termal bozunma prosesinin de uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, bakır oksit (CuO) ve karbon kaplı bakır oksit (CuO/C) nanopartiküller püskürtmeli kurutma ve termal bozunma ardışık yöntemleri kullanılarak sentezlenmiştir. CuO elde edilmesi için bakır (II) asetat monohidrat tuzu başlangıç malzemesi olarak kullanılmıştır. Karbon kaynağı olarak, polivinil alkol (PVA), sitrik asit (SA) ve polivinilprolidon (PVP) gibi katkıları kullanılmış ve CuO/C nanopartikülleri de CuO partikülleri ile aynı işlem koşullarında sentezlenmiştir. XRD, SEM, EDS, FTIR yöntemleri ile sentezlenen nanopartiküllerin morfolojik ve mikroyapısal karakterizasyonları yapılmıştır. CuO yapısında karbon katkısının fotokatalitik aktivitesine etkisi, organik bir kirlilik olan metilen mavisinin bozunmasıyla incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında başarılı bir şekilde karbon kaplı CuO nanopartiküllerin sentezlendiği ve iyi fotokatalitik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

21. Yüzyılda sanayileşmenin dünya geneline yaygınlaşması, dünya nüfusundaki hızlı artış ve tarımsal uygulamalar ile beraber su kirliliği küresel bir problem haline almıştır. Gelişmekte olan ülkelerin, deri, kağıt, beton ve tekstil gibi sanayi alanlarının neden olduğu yüksek

hacimdeki toksik su atıkların herhangi bir işleme tabi tutulmadan su kaynaklarına boşaltıldığı bilinmektedir (ur Rehman vd., 2021). Sudan ve sulu atıklardan kirliliğın uzaklaştırılmasına yönelik birçok yöntem bulunmaktadır ve bu yöntemlere yönelik olan araŖtırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu yöntemler genel olarak; membran prosesleri (Lee vd., 2016), koagölasyon (Lee vd., 2016), adsorpsiyon (Ali ve Gupta, 2006), elektrodializ (Mir ve Bicer, 2021), ileri oksidasyon prosesleri (Comninellis vd., 2008), biyolojik yöntemler (Abu Hasan vd., 2020) ve fotokatalitik indirgeme reaksiyonları (Ighalo vd., 2021; Kurniawan vd., 2020) gibi sıralanabilir. Ancak, tüm yöntemlerin zaman ve enerji bakımından yüksek maliyetleri ve/veya iyi kalitede su eldesini sağlayabilmeleri için geliştirilmeleri gerekmektedir.

Nanopartiküller sahip oldukları yüksek yüzey alanı, üstün elektrokimyasal, fiziksel, optik, katalitik, manyetik ve mekanik özelliklerinden dolayı çok geniş bir uygulama alanında kullanılmak üzere yeni malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadırlar. Bu tür nanoyapılı malzemelerin, üstün kuantum boyut etkileri ve yüksek yüzey/hacim oranları nedeniyle özellikle arıtım alanında kullanımı üzerine olan çalışmalar hız kazanmıştır. Bunlara; varistörler, güneş pilleri, gaz sensörleri ve optoelektronik gibi uygulamalar örnek verilebilir (Fang ve Guo, 2018; Ighalo vd., 2021; Liu vd., 2012). Zirkonyum oksit ( $ZrO_2$ ), demir oksit ( $Fe_2O_3$ ), silisyum dioksit ( $SiO_2$ ) ve bakır oksit ( $CuO$ ) gibi metal oksit malzemeler üstün yapısal, optik, kimyasal, manyetik ve fotokatalitik özellikleri bir arada barındırması sebebiyle birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bunların arasından  $CuO$ , çevreye zararlı olmaması, kolay depolanabilirliği, optik ve fotokatalitik özellikleri ile öne çıkmaktadır (Fang ve Guo, 2018; Xu vd., 2020).  $CuO$  üzerine yapılan farklı çalışmalar incelendiğinde, üretilen nanopartikül toz yapıların farklı elementler ile katkılandırılmasının nihai özelliklerin geliştirilmesinde oldukça etkili olduğu gösterilmiştir (Tang vd., 2019; ur Rehman vd., 2021; Xu vd., 2020).

Nanoteknoloji alanında gerçekleşen tüm ilerlemelerde, nanoyapılı malzemelerin tasarımı, üretimi ve uygulamaları ayrı ayrı önem arz etmektedir. Yapılan çalışmada, bu aşamalardan nanopartiküllerin üretiminin araŖtırılması üzerine odaklanılmıştır. Metal oksit nanopartiküllerin istenilen boyut ve şekillerde sentezlenmesi ile sahip oldukları özelliklerin ortaya konulması önemlidir. İstenilen boyut ve

şekillerde sentezlenmesi için tercih edilen yöntemlerin homojen bir yapı oluşturması, yüksek miktarlarda üretim sağlaması, basit ve ekonomik olması kullanılması olası uygulamalar için ayrıca önem arz etmektedir (Goktas ve Goktas, 2021). Bu nedenler doğrultusunda, püskürtmeli kurutma ve takiben yapılan kalsinasyon işlemi ile nanopartikül üretimi ile ilgili çalışmalar literatürde yer almaktadır (Duman ve Özkal, 2016; Lee vd., 2011; Punia vd., 2021).

Püskürtmeli kurutma yöntemi sayesinde, dar bir partikül boyut dağılımına sahip, yüksek saflıkta ve yüksek hacimde partikül üretimine imkan veren bir yöntem olması nedeniyle gıda ve medikal sektörlerinde yaygın kullanıma sahiptir. Ayrıca bu yöntem nihai ürün şeklini, yoğunluğunu ve morfolojisinin kontrolünü sağlamada başarılıdır (Patel vd., 2009). Püskürtmeli kurutma sonrası yapılan termal bozunma ile aşağıdan yukarı yaklaşımı içinde nanoboyutlu tozların sentezi yapılmaktadır. Püskürtmeli kurutmadan geçirilecek çözeltilerde homojen dağılımlı metal veya organik iyon hareketliliğinin sağlanmasıyla, homojen partikül boyut dağılımına sahip nanoyapıların üretimi mümkün olmaktadır (Duman ve Özkal, 2016).

Yapılan çalışmada, CuO ve karbon kaplı bakır oksit (CuO/C) nanopartiküllerin üretimi püskürtmeli kurutma ve termal bozunma yöntemlerinin birlikte kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. CuO partikülleri için bakır (II) asetat monohidrat tuzu kullanılırken, karbon katkısı için polivinil alkol (PVA), sitrik asit (SA) ve polivinil prolidon (PVP) kullanılmıştır. Kalsinasyon işlemi sonrasında, elde edilen partiküller farklı karbon kaynaklarının etkileri temel alınarak birçok karakterizasyon yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın özgün değeri, hem karbon katkısının hem de kullanılan karbon oranının nihai tozların morfolojilerinde önemli bir farklılığa neden olmadan, fotokatalitik davranışlarını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermesidir.

## **MALZEMELER VE METOT**

Çalışmada kullanılmak üzere toz formunda bakır (II) asetat monohidrat ( $C_4H_{10}CuO_5$ ; CuAc; Alfa Aesar) başlangıç malzemesi olarak tercih edilmiştir. 1 M CuAc sulu çözeltisi, 50 ml distile su içinde çözülerek hazırlanmıştır. CuO/C nanopartiküllerini üretmek için, PVA, CA ve PVP olmak üzere üç farklı karbon kaynağı kullanılmıştır. Farklı karbon kaynağı kullanılan numuneler, PVA için CuO-C<sub>1</sub>, CA için CuO-C<sub>2</sub> ve PVP için CuO-C<sub>3</sub> olarak kodlanmıştır. CuO/C nanopartiküllerin

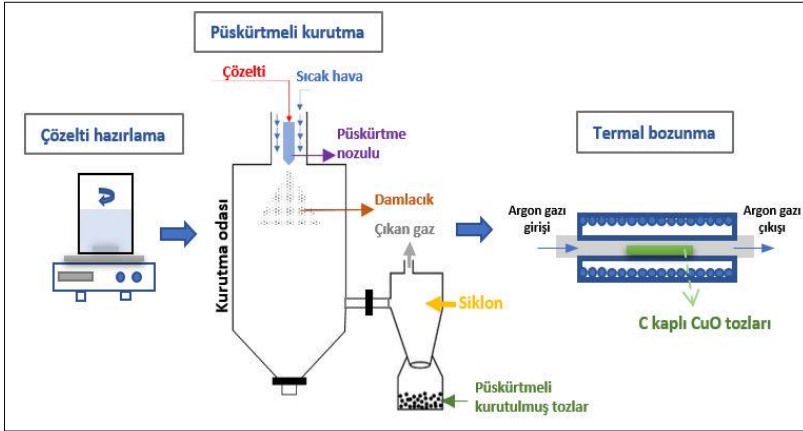
sentezlenebilmesi için, CuAc çözeltisine % ağ. 0,5 PVA, CA ve PVP ayrı ayrı ilave edilmiŖ ve 30 dk. boyunca oda sıcaklığında homojen çözelti elde etmek için karıŖtırılmıŖtır. Hazırlanan dört farklı çözelti, laboratuvar ölçekli bir püskürtmeli kurutucu kullanılarak termal bozunmadan önce püskürtmeyle kurutulmuŖtur. GiriŖ sıcaklığı, besleme hızı ve kurutma hava debisi gibi püskürtmeli kurutma koŖulları sırasıyla 190°C, 4 ml/dk. ve 800 ml/dk. olarak ayarlanmıŖtır. Püskürtmeli kurutma deneylerinde, Büchi marka mini püskürtmeli kurutucu B-290 kullanılmıŖtır. Püskürtmeli kurutulmuŖ tozlar, alümina krozeye koyularak fırına yerleŖtirilmiŖtir. Argon atmosferinde 2°C/dk.'lık bir ısıtma hızıyla 500°C'de 4 saat boyunca termal olarak bozunması ile CuO ve CuO/C nanopartiküller sentezlenmiŖtir. Ŗekil 1'de verilen akıŖ Ŗeması, deneysel ayrıntıları özetlemektedir.

Kontrollü karbon içeriğinin CuO nanopartiküllerin morfolojisi üzerindeki etkisi, alan emisyonlu taramalı elektron mikrosobu (FE-SEM, Carl Zeiss Gemini 300) ve enerji dağımlı spektroskopi (EDS) ile araŖtırılmıŖtır. Nanopartiküllerin faz analizleri Bruker AXS/Discovery D8 X-ıŖınları difraksiyonu (XRD) cihazı ile Cu-K $\alpha$  radyasyonu kullanılarak, 40 kV ve 40 mA Ŗartlarında gerçekleŖtirilmiŖtir.  $2\theta=20^{\circ}$ - $80^{\circ}$  aralığında, 2°/dk. tarama hızında ve 0,05° adım aralığında yapılmıŖtır. Yapılan incelemeler sonucu elde edilen fazlar; pik pozisyonları ve Ŗiddetlerine göre, ICDD (The International Centre for Diffraction Data) veri dosyaları ile karŖılaŖtırılarak belirlenmiŖtir. Nanotozların partikül boyutu ölçümleri, Malvern–Mastersizer 3000 parçacık boyut analiz cihazı kullanılarak yapılmıŖtır. Bu çalıŖmada sentezlenen nanopartiküllerin spesifik yüzey alanı, Micrometrics-Tristar II cihazı ile Brunauer–Emmett–Teller (BET) yöntemi kullanılarak ölçülmüŖtür. Bu amaçla, tüm numuneler, adsorpsiyon ölçümlerinden önce 120°C'de en az 3 saat süreyle gazdan arındırılmıŖtır. Görünür ve gerçeğ yoğunluklar sırasıyla Arnold yoğunluk ölçüm kiti ve helyum piknometre (Micromeritics, Accupyc 1330) ile ölçülmüŖtür. Ayrıca sentezlenen katkısız ve karbon kaplı CuO nanopartiküllerin yüzey gruplarını incelemek için Fourier dönüŖümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) kullanılmıŖtır.

Neto vd.'nın yapmıŖ olduğu çalıŖma baz alınarak; CuO ve CuO/C nanotozların fotokatalitik özellikleri, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile birleŖtirilmiŖ bir katalizör ajanı olarak, sulu çözelti içinde UV lambaları ile aydınlatılan C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S molekül yapısına sahip metilen mavisi boyanın (MB, %



99,5 saflık, Sigma Aldrich) bozunmasıyla tahmin edilmiştir (Neto vd., 2019). İlk olarak, 50 mL MB çözeltisi ( $1 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup> konsantrasyon) 0,05 g test edilecek malzeme ve 0.06 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile bir kuvars beher içinde karıştırılmıştır. Bu karışım, kontrollü bir sıcaklıkta (25°C) karıştırılarak kontrol altında tutulmuş ve altı adet görünür ışık UVC lambası (15 W TUV Philips, maksimum yoğunluk 254 nm=4.9 eV) ile aydınlatılabilen kapalı bir sistemin içine yerleştirilmiştir. Olası adsorpsiyon olaylarını göz ardı etmek için örnek karanlıkta 30 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra, bir Scinco/Neosys-2000 Double Beam spektrofotometresinde MB'nin maksimum soğurma bandının değişimini izlemek için lamba açıkken 30 dk.'lık aralıklarla numuneler alınmıştır. MB'nin absorpsiyon spektrumları için tipik zirveye karşılık gelen 664 nm dalga boyunda absorbans değerindeki azalma, MB'nin bozunma derecesini ve örneğin ışınlama süresine göre fotokataliz aktivitesi belirlemek için kullanılmıştır.



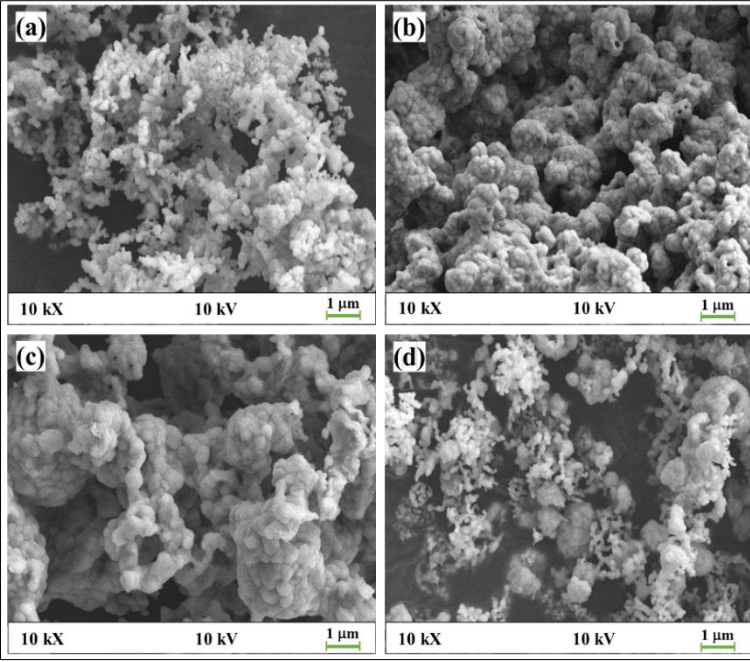
Şekil 1. CuO nanopartiküllerin üretim şeması.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

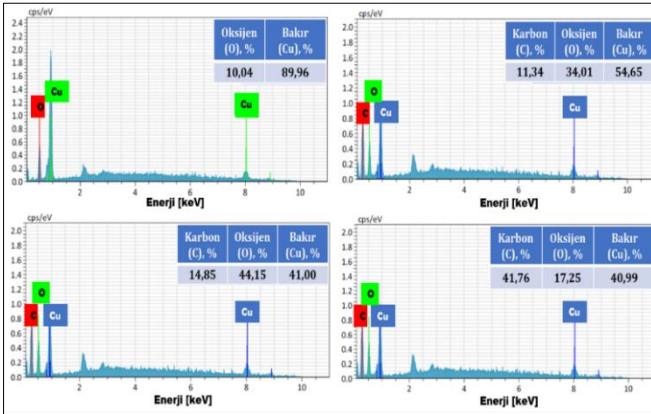
Daha önceki çalışmalarda (Duman ve Özkal, 2016), çinko asetat çözeltisinin ZnO'ya dönüşme reaksiyonunun bir sonucu olarak ZnO nanotozların püskürtmeli kurutma ve termal bozunma ardışık yöntemleri kullanılarak büyük miktarlarda ve homojen bir şekilde sentezlendiği bildirilmiştir. Bu çalışmada da aynı ardışık yöntemler kullanılmış olup karbon ile kaplanması için sitrik asit, polivinil alkol ve polivinil piroolidon kullanılarak CuO/C nanotozlar sentezlenmiş ve daha önce sentezlenen ZnO nanotozlar ile karşılaştırılmıştır.

Katkısız CuO, CuO-C<sub>1</sub>, CuO-C<sub>2</sub> ve CuO-C<sub>3</sub> numunelerine ait SEM fotoğrafları Şekil 2’de gösterilmiştir. Önceki çalışmada (Duman ve Özkal, 2016), çinko asetatın püskürtülerek kurutulması elde edilen tozlarda küresel granüllerin oluştuğu ve bu tozların termal ayrışması sırasında küresel granüllerin yok edilerek yeni nanopartiküller oluşturulduğu tespit edilmiştir. CuO nanopartiküllerin sentezlenmesinde ise, bakır asetat monohidratın püskürtülerek kurutulmasının ardından termal ayrışması ile küresel morfolojiyi koruduğu görülmüştür (Şekil 2a). CuO/C nanotozların SEM fotoğrafları (Şekil 2b-d) incelendiğinde, granülleşmenin oluştuğu ve granüllerin üzerinde ağsı bir yapı oluştuğu gözlenmektedir. Söz konusu tabaka, bakır partiküllerinin kalın bir amorf karbon tabakası ile kaplandığı ve amorf tabaka ile metal oksit partikül arasındaki ara yüzün oldukça farklı olmasına neden olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. SEM görüntülerinde görülen amorf karbon tabakası daha önce Jiao vd. tarafından yayınlanmış karbon kaplı Fe, Co ve Ni nanopartiküller üzerine olan çalışmada elde edilen benzer bulgular neticesinde benzer karbon kaplı tabakanın varlığı ile açıklanması yukarıdaki yorumumuzu kuvvetlendirmektedir (Jiao vd., 1996). Ayrıca, Şekil 2’deki SEM fotoğraflarından karbon katkısının etkisi ile boşluklu yapıların oluştuğu da gözlemlenmiştir. PVA, SA ve PVP gibi karbon kaynağı çeşidinin değişmesi ile karakteristik bir morfolojinin gözlenmediği tespit edilmiştir.

Karbon tabakası varlığının ispatlanması için, Şekil 2’deki SEM fotoğrafları üzerinden çok sayıda EDS analizi yapılmıştır. Şekil 3a’da CuO nanopartiküllerin EDS spektrumlarını gösterirken, bakır elementinin kütle fraksiyonunun % 89,96, oksijen elementinin ise %10,04 olduğu görülmüştür. Bakır atomunun kaynağı bir bakır asetat monohidrattan gelmektedir. PVA, CA ve PVP kullanılarak sentezlenen CuO/C nanopartiküllerin karbon atomunun kütle oranı sırasıyla %14,84, 11,34, 14,76’dır. Bu da karbon malzemelerin sentezlenmiş CuO nanopartiküllerinin yüzeyine başarıyla kaplandığını göstermektedir. Zhang vd. (2010)’ın yapmış olduğu çalışmada; karbon kaplı Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanopartiküllerin sentezlenmesinde benzer miktarda karbon kaynağı kullanılmış ve EDS spektrumu sonuçlarında da benzer yüzey molar oranları tespit edilmiştir.

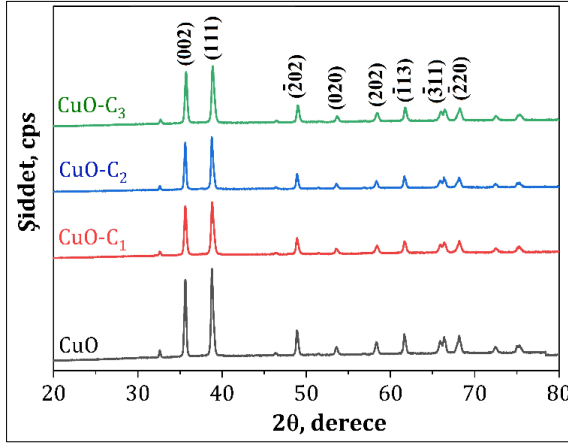


Şekil 2. Sentezlenen nanopartiküllere ait SEM fotoğrafları: (a) CuO, (b) CuO-C<sub>1</sub>, (c) CuO-C<sub>2</sub> ve (d) CuO-C<sub>3</sub>.



Şekil 3. Sentezlenen nanopartiküllere ait EDS görüntüleri: (a) CuO, (b) CuO-C<sub>1</sub>, (c) CuO-C<sub>2</sub> ve (d) CuO-C<sub>3</sub>.

CuO yapısına eklenen kaynaklarının herhangi bir yeni faz dönüşümüne veya faz oluşumuna sebep olup olmadığını gözlemlemek için 500°C'de kalsinasyon işlemine tabi tutulmuş numunelere XRD analizleri uygulanmıştır. Katkısız CuO ve farklı karbon kaynakları ile sentezlenen CuO/C nanopartiküllerin (CuO-C<sub>1</sub>, CuO-C<sub>2</sub> ve CuO-C<sub>3</sub>) numunelerine ait XRD analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. XRD ile CuO faz oluşumunun yanı sıra karbon kaynağının yeni fazlar oluşturup oluşturmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Sentezlenen nanopartiküllere ait X-ışınları difraksiyon paternleri.

Şekil 4'deki XRD sonuçlarına göre, katkısız ve katkılı tüm numunelerde yalnızca CuO monoklinik (ICDD kart no. 00-045-0937) fazının kristalizasyonunun gerçekleştiği bulunmuştur. Şekil 4'ten görülebileceği gibi, 2θ değerlerinde kırınım zirveleri 35.40, 38.73°, 48.73°, 53.45° ve 58.34° sırasıyla monoklinik CuO'nun düzlemleri (002), (111), (022), (020) ve (202) ile eşleşmiştir. C2/c uzay grubuna sahip monoklinik CuO ve  $a = 4,68 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,43 \text{ \AA}$  ve  $c = 5,13 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 99,55^\circ$  ve  $\gamma = 90^\circ$  kafes parametreleri elde edilmiştir (Tadjarodi vd., 2015). XRD paternlerine göre, CuO nanopartiküllerin sahip olduğu kristal yapı üzerinde kaplamadan kaynaklı herhangi bir faz dönüşümüne veya yeni bir faza ait bir bulguya rastlanmamıştır. Bunun yanında, karbon kaplı CuO numunelere ait paternlerde pik şiddetlerini kayda değer miktarda azalttığı tespit edilmiştir. Karbon ile kaplanması sonucu CuO nanopartiküllerin pik şiddetlerinde meydana gelen azalma gerilmelerden ötürü kristallik derecesinin azaldığına işaret etmekte ve

Hanaor ve Sorrell'in yapmış olduğu çalışma ile uyum göstermektedir (Hanaor ve Sorrell, 2011). Söz konusu çalışmada, pik şiddetlerinin, PVA, CA ve PVP katkısı ile kaplanmış karbon tabakasının amorf olmasından kaynaklı olabileceği belirtilmiştir.

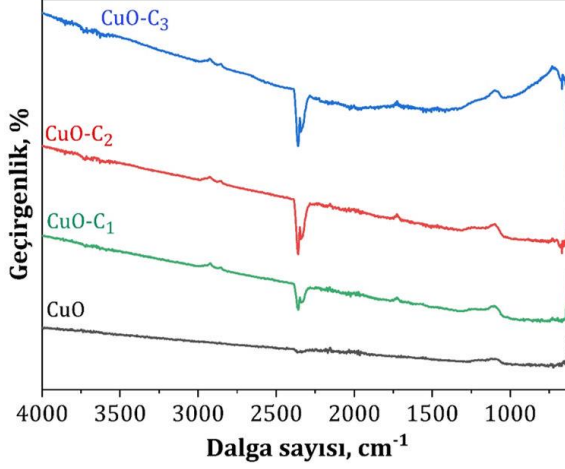
Püskürtmeli kurutma ve ardından termal bozunma yöntemleri ile sentezlenen katkısız ve karbon kaplı CuO nanopartiküllerin helyum (He) piknometresi ile gerçek yoğunlukları ölçülmüştür. Tablo 1'de partikül boyutu, spesifik yüzey alanı ve gerçek yoğunluk sonuçları verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, katkısız CuO nanopartiküllerin ortalama partikül boyutunda, karbon katkısının etkisiyle azalma meydana gelmiş olup beklentilerle uyumludur. Kristal gelişiminin karbon kaplamayla bastırıldığı doğrulanmıştır (Zhang vd., 2011). Karbon katkısının etkisi sonucu, partikül boyutları azalırken BET spesifik yüzey alanı artmış ve elde edilen bu yüzey alanı değerleri literatürdeki sonuçlarla uyum göstermektedir (Zhang vd., 2011). Ayrıca karbon kaplı CuO nanopartiküllerin yoğunluk sonuçları katkısız CuO nanopartiküllere göre daha düşük olarak tespit edilmiştir.

*Tablo 1. Numunelere ait partikül boyut, BET, görünür ve gerçek yoğunluk değerleri.*

<b>Numune kodu</b>	<b>Ortalama partikül boyutu (nm)</b>	<b>Spesifik yüzey alanı (m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Gerçek Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)</b>
CuO	278	22,34	6,30
CuO-C <sub>1</sub>	169	38,91	5,58
CuO-C <sub>2</sub>	154	46,17	6,01
CuO-C <sub>3</sub>	229	39,41	5,43

FTIR yöntemi, malzemenin yüzeyinde bulunan fonksiyonel grupları belirlemek için kullanılmıştır. CuO nanopartiküllerin FTIR spektrumları, Şekil 5'de gösterildiği gibi 550-4000 cm<sup>-1</sup> bölgesinde çalışılmıştır. 600 ile 900 cm<sup>-1</sup> arasında sunulan bantlar, geçiş metalleri ve oksijen (MO) ile ilgili uzama titreşimlerini ifade etmektedir. Cu-O, tüm numuneler için CuO sentezini doğrulamaktadır (Chand vd., 2018; Umar vd., 2017). 2340 ile 3000 cm<sup>-1</sup> arasındaki bantlar, emilen su molekülleri nedeniyle malzeme yüzeyinde OH gruplarının oluşumuna atfedilmektedir (Sharmila vd., 2018; Rodney vd.; 2018). Bu nedenle FTIR çalışması, XRD araştırmasında da güvenilir olan sentezlenmiş

CuO nanoyapılarının numunede ve faz oluşumunda bulunan fonksiyonel gruplarını doğrulamıştır.



Şekil 5. Sentezlenen nanopartiküllere ait FTIR spektrumları.

Katkısız ve karbon kaplı CuO nanopartiküllerin optik enerji bandı boşluğunu araştırmak için, optik absorpsiyon spektrumu görünür UV ile absorpsiyon spektroskopisi kullanılarak kaydedilmiştir. Katkısız ve karbon kaplı CuO nanopartiküllerin optik enerji boşluğunun ( $E_g$ ) değerini absorpsiyona karşı dalga boyu spektrumlarından ayırmak için, Denklem 1’de Tauc ilişkisi kullanılmıştır (Chand vd., 2015);

$$\alpha = \frac{A (h\nu - E_g)^n}{h\nu} \quad (1)$$

ve “ $\alpha$ ”, yukarıdaki formül kullanılarak tahmin edilen soğurma katsayısı Denklem 2’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır;

$$\alpha = \frac{2,303 A}{t} \quad (2)$$

burada “A” absorbans ve “t” numunelerin kalınlığıdır. Optik enerji boşluğunun ( $E_g$ ) değeri, soğurma kenarının doğrudan izin verilen bir geçişten kaynaklandığını gösteren  $(\alpha h\nu)^2$ ’yi  $h\nu$ ’ye karşı çizerek  $\alpha = 0$ ’daki düz çizginin kesişme değerinden tahmin edilmiştir. Katkısız ve farklı karbon kaynakları kullanılarak karbon kaplı CuO nanopartiküller

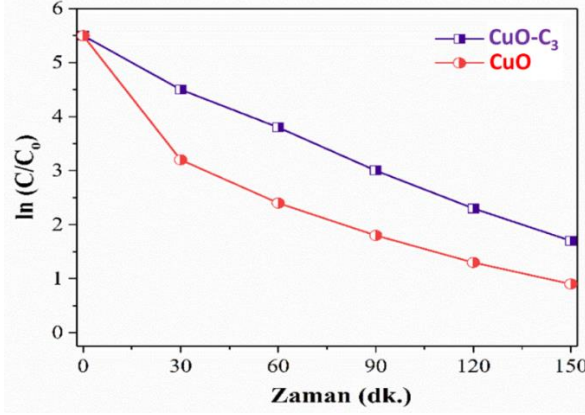
için Tauc grafiklerinden hesaplanan optik enerji açığı ( $E_g$ ) değerleri ve kristalit boyut değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’ye göre; CuO nanopartiküllerin kristalit boyutu 29.36 nm’den karbon katkısının CuO-C<sub>1</sub>, CuO-C<sub>2</sub> ve CuO-C<sub>3</sub> numuneleri için sırasıyla 28,73, 23,32 ve 23.43 nm değerlerine azalttığı belirlenmiştir. Nanopartiküllerin optik soğurma davranışlarından hareketle Tauc bağıntısı yardımıyla hesaplanan bant aralığı enerjisi değerlerine göre, katkısız CuO fotokatalistlerin optik bant aralığı enerjisi değerleri 1.38 eV olarak belirlenmiştir. Bu değer karbon kaynağı olarak PVA kullanılarak sentezlenen CuO-C<sub>1</sub> nanopartiküllerde 1,49 eV, SA kullanılarak sentezlenen CuO-C<sub>2</sub> nanopartiküllerde 1,52 eV, PVP kullanılarak sentezlenen CuO-C<sub>3</sub> nanopartiküllerde ise 1,56 eV olarak saptanmıştır. Nanopartiküllerin hesaplanan optik bant aralığı enerjileri değerlendirildiğinde, karbon katkısının bant aralığı enerjisini arttırdığı, karbon çeşidinin bant aralığı enerjisini değiştirmedeği ve en yüksek  $E_g$  değerinin CuO-C<sub>3</sub> nanopartiküllerde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Kristalit boyutundaki bir azalma, sentezlenen karbon kaplı CuO nanopartiküllerin optik enerji bandı boşluğunda artışa yol açmış ve literatürdeki sonuçlarla uyum göstermektedir (Chand vd., 2018; Borgohain ve Mahamuni, 2002).

Tablo 2. Nanopartiküllere ait UV-Vgörünür, enerji bant aralığı ve kristalit boyut değerleri.

Numune kodu	$V_{\text{görünür}}$ (nm)	$E_g$ (eV)	Kristalit boyut (nm)
MB	0	-	-
CuO	0,0723	1,38	29,36
CuO-C <sub>1</sub>	0,0421	1,49	28,73
CuO-C <sub>2</sub>	0,0413	1,52	23,3
CuO-C <sub>3</sub>	0,0417	1,56	23,43

UV ışık altında nanopartiküllere yapılan fotokatalitik aktivite testleri sonucunda konsantrasyon değişimleri ve hız sabiti değerleri hesaplanmış ve Şekil 6’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, UV ışık altında CuO nanopartiküllerin fotokatalitik aktivitesinin CuO-C<sub>3</sub> nanopartiküllere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karbon katkısının etkisi ile CuO-C<sub>3</sub> nanopartiküllerin yüzey alanı katkısız CuO nanopartiküllere kıyasla daha büyük olduğundan dolayı gösterdikleri fotokatalitik aktivite değerleri de yüksektir. Bu çalışmada elde edilen

fotokatalitik aktivite ve optik bant aralığı değerleri literatürdeki bu değerler ile uyuşmaktadır.



Şekil 6. Sentezlenen CuO ve CuO-C<sub>3</sub> nanopartiküllere ait bozunma hızı-zaman grafikleri.

## SONUÇ

Bu çalışmada, katkısız ve karbon kaplı CuO nanopartikülleri püskürtmeli kurutma ve termal bozunma ardışık yöntemleri kullanılarak başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Sentezlenen CuO ve CuO/C fotokatalistlerin görünür ışık altında fotokatalitik özellikleri metilen mavisinin bozunmasıyla incelenmiştir. SEM ve EDS sonuçları, CuO nanopartiküllerinin kalın bir amorf karbon tabakası ile kaplandığına işaret etmektedir. Sonuç olarak, başarılı bir şekilde sentezlenen CuO ve CuO/C nanopartiküllerinin, MB boya moleküllerine karşı bir yüksek fotokatalitik aktivite sergilediği görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BTÜ-BAP, Proje no: 181N05) tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

Abu Hasan, H., Muhammad, M. H. ve Ismail, N. I. (2020). A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources. *Journal of Water Process Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101035>



Ali, I. ve Gupta, V. K. (2006). Advances in water treatment by adsorption technology. *Nature Protocols*, 1(6), 2661–2667. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.370>

Borghain, K. ve Mahamuni, S. (2002). Formation of single-phase CuO quantum particles, *Journal of Materials Research*, 17, 1220-1223. <https://doi.org/10.1557/JMR.2002.0180>

Chand, P., Gaur, A., Kumar, A. ve Gaur, U. K. (2015). Effect of NaOH molar concentration on morphology, optical and ferroelectric properties of hydrothermally grown CuO nanoplates, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 38, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.04.006>

Chand, P., Das, M. ve Kumar, P. (2018). Effect of precursors medium on structural, optical and dielectric properties of CuO nanostructures, *Optik*, 156, 743–753. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.12.029>

Comninellis, C., Kapalka, A., Malato, S., Parsons, S. A., Poullos, I. ve Mantzavinos, D. (2008). Advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for Rveamp;D. *Journal of Chemical Technology ve Biotechnology*, 83(6), 769–776. <https://doi.org/10.1002/jctb.1873>

Duman, Ş. ve Özkal, B. (2016). Effect of dopant and binder on the formation of ZnO powders during thermal decomposition of spray dried zinc acetate based granules. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 18(7–8), 705–711.

Fang, Y. ve Guo, Y. (2018). Copper-based non-precious metal heterogeneous catalysts for environmental remediation. *Chinese Journal of Catalysis*, 39(4), 566–582. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(17\)62996-6](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(17)62996-6)

Goktas, S. ve Goktas, A. (2021). A comparative study on recent progress in efficient ZnO based nanocomposite and heterojunction photocatalysts: A review. *Journal of Alloys and Compounds*, 863, 158734. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.158734>

Hanaor, D. A. H. ve Sorrell, C. C. (2011). Review of the anatase to rutile phase transformation. *Journal of Materials Science*, 46, 855-874. <https://doi.org/10.1007/s10853-010-5113-0>

Ighalo, J. O., Sagboye, P. A., Umenweke, G., Ajala, O. J., Omoarukhe, F. O., Adeyanju, C. A. ve Adeniyi, A. G. (2021). CuO nanoparticles (CuO NPs) for water treatment: A review of recent advances. *Environmental Nanotechnology, Monitoring ve Management*, 15, 100443. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100443>

Zhang, J., Huang, Z., Xu, Y. ve Kang, F. (2011). Carbon-coated TiO<sub>2</sub> composites for the photocatalytic degradation of low concentration benzene. *New Carbon Materials*, 26(1), 63–70. [https://doi.org/10.1016/S1872-5805\(11\)60067-X](https://doi.org/10.1016/S1872-5805(11)60067-X)

Jiao, J., Seraphin, S., Wang, X. ve Withers J. C., (1996). Preparation and properties of ferromagnetic carbon coated Fe, Co, and Ni nanoparticles. *Journal of Applied Physics*, 80, 103. <https://doi.org/10.1063/1.362765>

Kurniawan, T. A., Mengting, Z., Fu, D., Yeap, S. K., Othman, M. H. D., Avtar, R. ve Ouyang, T. (2020). Functionalizing TiO<sub>2</sub> with graphene oxide for enhancing photocatalytic degradation of methylene blue (MB) in contaminated wastewater. *Journal of Environmental Management*, 270, 110871. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110871>

Lee, A., Elam, J. W. ve Darling, S. B. (2016). Membrane materials for water purification: design, development, and application. *Environmental Science: Water Research ve Technology*, 2(1), 17–42. <https://doi.org/10.1039/C5EW00159E>

Lee, S. H., Heng, D., Ng, W. K., Chan, H. K. ve Tan, R. B. H. (2011). Nano spray drying: A novel method for preparing protein nanoparticles for protein therapy. *International Journal of Pharmaceutics*, 403(1–2), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2010.10.012>

Liu, X., Li, Z., Zhang, Q., Li, F. ve Kong, T. (2012). Preparation of CuO/C core-shell nanowires and its application in lithium ion batteries. *Materials Letters*, 80, 37–39. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.04.054>

Mir, N. ve Bicer, Y. (2021). Integration of electrodialysis with renewable energy sources for sustainable freshwater production: A review. *Journal of Environmental Management*, 289, 112496. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112496>

Neto, N. F. A., Oliveira, P. M., Nascimento, R. M., Paskocimas, C. A., Bomio, M. R. D. ve Motta, F. V. (2019). Influence of pH on the morphology and photocatalytic activity of CuO obtained by the sonochemical method using different surfactants. *Ceramics International*, 45(1), 651–658. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.09.224>

Patel, R. P., Patel, M. P. ve Suthar, A. M. (2009). Spray drying technology: an overview. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(10). <http://www.indjst.orgindianj.sci.technol>.

Punia, P., Bharti, M. K., Chalia, S., Dhar, R., Ravelo, B., Thakur, P ve Thakur, A. (2021). Recent advances in synthesis, characterization, and applications of

nanoparticles for contaminated water treatment- A review. *Ceramics International*, 47(2), 1526–1550.  
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.050>

Rodney, J. D., Deepapriya, S., Vinosha, P. A., Krishnan, S., Priscilla, S. J., Daniel, R. ve Das, S. J. (2018). Photo-Fenton degradation of nano-structured La doped CuO nanoparticles synthesized by combustion technique, *Optik* 161, 204–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2018.01.125>

Sharmila G., Pradeep R.S., Sandiya K., Santhiya S., Muthukumaran C., Jeyanthi J. ve Kumar N., Thirumarimurugan M. (2018). Biogenic synthesis of CuO nanoparticles using Bauhinia tomentosa leaves extract: characterization and its antibacterial application, *Journal of Molecular Structure*, 1165, 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.04.011>

Tadjarodi, A., Akhavan, O. ve Bijanzad, K. (2015). Photocatalytic activity of CuO nanoparticles incorporated in mesoporous structure prepared from bis(2-aminonicotinato) copper (II) microflakes. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 25, 3634–3642.

Tang, C., Zhang, H., Jiao, D., Hu, R. ve Liu, Z. (2019). Hierarchical C-doped CuO nanorods on carbon cloth as flexible binder-free anode for lithium storage. *Materials ve Design*, 162, 52–59.  
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.042>

Umar, A., Alshahrani, A. A., Algarni, H. ve Kumar, R. (2017). CuO nanosheets as potential scaffolds for gas sensing applications, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 250, 24–31.  
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.04.062>

ur Rehman, A., Aadil, M., Zulfıqar, S., Agboola, P. O., Shakir, I., Aly Aboud, M. F. ve Warsi, M. F. (2021). Fabrication of binary metal doped CuO nanocatalyst and their application for the industrial effluents treatment. *Ceramics International*, 47(5), 5929–5937.  
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.11.064>

Xu, Y., Chu, K., Li, Z., Xu, S., Yao, G., Niu, P. ve Zheng, F. (2020). Porous CuO@C composite as high-performance anode materials for lithium-ion batteries. *Dalton Transactions*, 49(33), 11597–11604.  
<https://doi.org/10.1039/D0DT02493G>

Zhang, S., Niu, H., Hu, Z., Cai, Y. ve Shi, Y. (2010). Preparation of carbon coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and their application for solid-phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from environmental water samples. *Journal of Chromatography A*, 1217, 4757–4764.  
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.05.035>

# **Ergiyik Metal/Alaşım Proseslerinde LIBS Analizi Uygulamaları**

**Kübra Akben**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-4037-626X)**

**Arif Demir**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
*BEAM Lazer Optik Teknolojileri ArGe Ltd. Şti., Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0002-3781-4505)**

**Deniz Ürk**

*Sistem Teknik Endüstriyel Fırınlar Ltd., Kocaeli, Türkiye*  
**(0000-0003-4070-4806)**

**Ozan Çoban**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-1506-4619)**

**Kaan Karaharman**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-5757-5257)**

**Türkü Sıla Özkan**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-8239-8144)**

## **GİRİŞ**

Metal üretimi, alaşımlama, dökümü ve geri dönüşüm prosesleri sırasında kimyasal bileşimin doğru analiz edilmesi / ayarlanması ve kirlilik oluşmaması kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla mühendislik uygulamalarında sorunsuz özellikte metal ve alaşım üretim ve kullanımının sağlanması gereklidir. Çok geniş bir endüstri olan bu alanda doğru kimyasal bileşimi sağlamak için periyodik olarak yapılan elementel analizlerle gereken ayarlar sağlanmaktadır. Çoğunlukla bu amaçla optik emisyon spektroskopisi (OES) kullanımı yaygınlaşmıştır. Ancak OES ile ölçüm alabilmek için ergiyik metal havuzlarından numune alınması ve analize gönderilmesi gerekmektedir. Yüksek sıcaklık ergime prosesleri sırasında numune alınmasından gelen analiz sonucuna kadar geçen süre ekstra zaman ve enerji sarfiyatına neden olmaktadır. “Lazer Oluşturmalı Plazma Spektroskopisi” (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy - LIBS) ise bu alanda hızlı ve yerinde çözüm sağlama avantajıyla son yıllarda öne çıkmaktadır. LIBS, yüksek enerjili lazerin sıcak metal yüzeyinde yarattığı mikroskobik plazmanın yaydığı ışının toplanmasıyla elementlerin ve konsantrasyonunun karakteristik olarak ifade edildiği bir teknolojidir. Hat üzerinde proses sırasında neredeyse eş zamanlı analiz yapma avantajının yanı sıra hafif elementler dahil (H, N, B, vb.) ppm seviyesinde analiz etme kabiliyeti bu yöntemi metalurji endüstrisi için dikkat çekici kılmaktadır. Ayrıca numune alma, analize götürme gibi işlemler sırasında oluşabilecek kirliliklerin önüne geçilmesi de hedeflenmektedir.

LIBS yöntemi, tüm bu avantajları ve hat üzerinde analiz imkanı ile Endüstri 4.0 senaryoları için önemli bir teknoloji haline gelmektedir. Böyle inovatif çözümler gelecekte önemli ilerlemeler sağlayacaktır. LIBS’in metalurji sektöründe teknolojik kullanımı üzerine çalışmalar yakın geçmişte başlamıştır. Bu bölüm Türkiye’de bu alandaki çalışmaları ve ihtiyacı ortaya koymakta, gelecek çalışmalara ışık tutmaktadır.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Saf metaller dayanımlarının beklenenden düşük olması ve sünek yapıları nedeniyle mühendislik uygulamalarında çok tercih edilebilir olmamaktadır. Bu bağlamda alaşımlandırma yapılarak arzu edilen mekanik değerlere ulaşan yeni malzemeler üretilmektedir. Savunma

sanayi, uçak-uzay, enerji, otomotiv gibi kritik mühendislik alanlarında kullanılan bu alaşımların doğru kimyasal bileşimlerde eldesinin sağlanması önemlidir. Ayrıca ikincil hammaddelerin sınıflandırılması ve geri dönüşümü, bu kaynaklardan doğru alaşım üretimi günümüzün önemli konularındandır. Geri dönüşüme gitmeden önce ikincil hammaddelerin kimyasal bileşimlerine göre doğru ve hızlı sınıflandırılması yapılarak uygun geri dönüşüm işlemi gerçekleştirilmesi üzerine çalışılmaktadır. Tüm bu işlemler sırasında sıvı metale neredeyse eş zamanlı, online kimyasal analiz yapma imkanı sağlayan LIBS, analitik kimyanın atomik spektrometri ile alaşım analizi alanında son yılların en çok çalışılan konularından biri olmuştur (Carter vd., 2019).

Endüstriyel uygulamalarda LIBS lazer pulsun enerjisine bağlı olarak çok geniş bir çalışma aralığında kullanılabilmektedir. Çeşitli uygulamalarda lazer kafasının analiz yüzeyine uzaklığı 10 cm'den 4 m'ye kadar çıkarılabilmektedir. Uzak mesafelerden analiz alma kabiliyeti genellikle sıcak sıvı metal, sıvı curuf çalışmalarında uygulanmaktadır (Hudson vd., 2016; Sturn vd., 2014). Ancak akışkan bir hat üzerinde ise akan sıvının hızına bağlı olarak analiz yüzeyine daha yakın mesafelerden 1 m'ye kadar analiz alınabilmektedir (Noll vd., 2018).

LIBS teknolojisinin eş zamanlı ve hafif elementler dahil çok elementli analiz yeteneği metalurji alanı için önemli bir avantaj sağlamakla birlikte Endüstri 4.0 senaryoları için de önemli bir araç haline gelmektedir. Hızlı ve gerçek zamanlı yerinde analiz yeteneği sayesinde örnek hazırlama adımını prosten kaldırarak otomasyona geçişi sağlar. Nispeten basit bir teknik olduğu söylenebilen LIBS gaz, sıvı, katı ve aerosollerini analiz etme yeteneğine sahiptir.

2011'den bu yana metalurji endüstrisinde LIBS uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle 2019 ve 2020'de çalışma sayılarının arttığı ve çalışmaların son yıllarda yoğunlaştığı görülmektedir. Genel olarak metaller ile ilgili olan çalışmaları; (1) metal cevherlerinin analizi, (2) metal ve alaşımların üretimi esnasında yapılan analizler, (3) geri dönüşüme gelen malzemelerin tanımlanması ve analizi, (4) nükleer malzemelerin uzaktan analizi olmak üzere dört kategoriye ayırmak mümkündür. Bu çalışmanın amacı metal ve alaşımların üretimi esnasında yapılan çalışmalardan dünyada en çok

üretileen metallere olan (1) demir-çelik, (2) alüminyum üzerine son 5 yılda yapılmış LIBS uygulaması çalışmaları ile ilgili bir özet sunmaktır. Çalışmada “LIBS Teknolojisi” ve “Alaşım ve Ergitme Fırınları” alt bölümlerinde geniş bir ön bilgi sağlandıktan sonra “Ergiyik Metal Uygulamalarında LIBS Teknolojisi” başlıklı alt bölümde konuyla ilgili literatür tartışılmaktadır.

## **LIBS TEKNOLOJİSİ**

Lazer Etkileşimli Plazma Spektroskopisi (LIBS), numune yüzeyinde mikro plazma oluşturmak için kısa lazer darbesi kullanan hızlı bir spektroskopik analiz teknolojisidir. Bu analitik teknik, diğer element analiz tekniklerine kıyasla birçok avantajlara sahiptir:

- Malzeme yüzeyi hazırlama gereksinimi olmadan ölçüm fırsatı,
- Bir saniyeden kısa sürede noktasal analiz olanağı,
- H, Be, Li, B, C, N, O, Na ve Mg gibi daha hafif elementler dahil olmak üzere çok sayıda elementin eş zamanlı analiz imkanı,
- Malzeme yüzeyinin hızlı taranması ve derinlik profilini içeren çok yönlü analiz olanağı,
- Altlık paraziti endişesi olmadan hassas olarak örnek malzeme analizi.

LIBS, metallere, yarı iletkenler, camlar, biyolojik dokular, plastikler, topraklar, bitkiler, ince boya kaplama ve elektronik malzemeleri içeren çok çeşitli örnek matrislere uygulanabilir. Ağır metallere ve hafif elementler için LIBS'nin tespit limiti ppm düzeyindedir (Hahn ve Omenetto, 2012).

LIBS teknolojisinin özünü oluşturan ana fiziksel süreç, kısa bir lazer darbesiyle tetiklenen yüksek sıcaklıklı plazmanın oluşmasıdır. Kısa-darbeli lazer ışını numune yüzeyine odaklandığında, numune kütlelerinin küçük bir hacmi (yani hem termal hem de termal olmayan mekanizmalarla) ortadan kaldırılır. Lazer Ablasyonu olarak bilinen bir işlemde ablasyona uğramış kütle, serbest elektronik, uyarılmış atomlar ve iyonlar içeren yüksek enerjili bir plazma oluşturmak için lazer atımları ile etkileşir. Birçok araştırma sonucu, plazma sıcaklığının oluşum süresi boyunca 30.000 K'yi geçebileceğini göstermiştir.

Lazer darbesi sona erdiğinde, plazma soğumaya başlar. Plazma soğutma işlemi sırasında, uyarılan elektronik seviyelerdeki atomların

ve iyonların elektronları temel enerji seviyelerine düşer ve bu da plazmanın ayrı spektral dalga boylarında ışık yaymasına neden olur. Plazmadan yayılan ışık, LIBS spektral analizi için bir ICCD / spektrografi detektör modülü ile toplanır ve birleştirilir. Periyodik tablodaki her bir elementin, LIBS spektral çizgilerinin dalga boyları birbirinden farklıdır. Analiz edilen numuneler için dalgaboyları belirlenerek, kimyasal bileşimi hızla tespit edilir. Çoğunlukla, LIBS tepe yoğunlukları hakkındaki bilgiler numunede eser ve ana elementlerin içeriğini ölçmek için kullanılabilir (Hahn ve Omenetto, 2010).

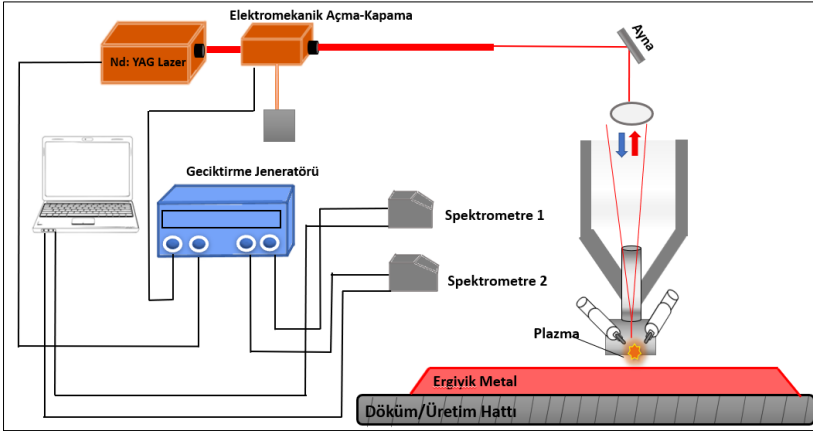
LIBS veri analizi için güçlü bir kemometrik yazılımın geliştirilmesinde, lazer ablasyon temellerinin anlaşılmasında ve yapılan araştırmalarla çok çeşitli örnek matrisler için hem nicel hem de materyal sınıflandırma çalışmalarında etkin bir şekilde uygulanmaktadır.

Temel bileşen parçaları arasında ns veya daha kısa atımlı bir lazer, odaklama-toplama optikleri, dalgaboyu ayırıcı ve detektör bulunan LIBS sistemini kullanarak analitik bilgi üretmenin (analit tarafından üretilen yayınının spektral çizgiler elde etmek) en kolay yolu katı bir numune üstüne tek bir lazer atımı göndermektir. Numune üstüne etki eden lazer atımının ışımaya (radiant) enerjisi numune malzemesinin malzeme bozunma (breakdown) enerjisinden daha yüksek olmalıdır. Böylece, ilk olarak numunenin atomik ve moleküler yapısı kırılacak ve ısınacak ve bu da malzemenin küçük bir miktarının (birkaç yüz nanogramdan birkaç mikro grama kadar) buharlaşmasına neden olacaktır. Bu buharlaşan malzeme serbest nötr atomları, iyonları, moleküler parçaları ve serbest elektronları içerebilir. Ayrıca, aynı lazer atımının daha sonra gelen enerjisi buharlaşan parçacıkların uyarılmasına ve alt enerji seviyesine geçerken elektromagnetik ışımaya yayabilen yüksek sıcaklıktaki (>10.000 K) plazmanın sürmesine neden olabilir. Bu dalgaboyları numune içindeki bileşenleri şiddeti ile orantılı olan seçilen analitlerin varlığı ile ilişkili olabilir (Öztoprak, 2012).

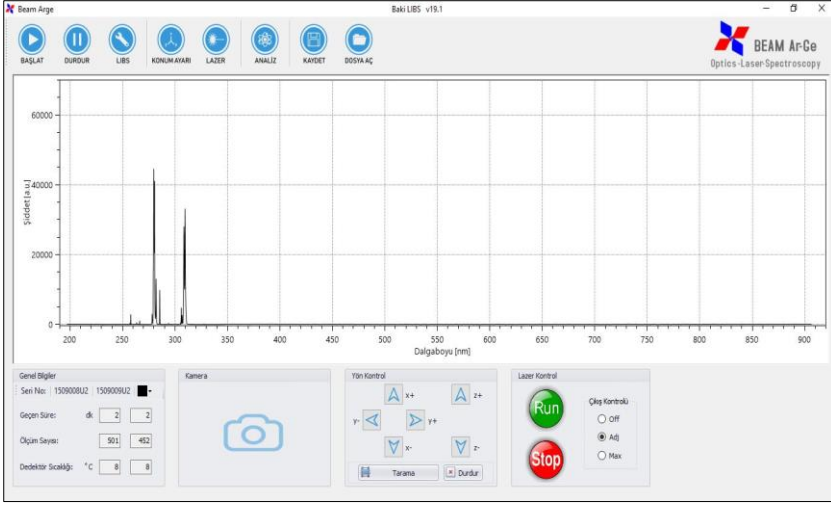
İstanbul Gedik Üniversitesi Plazma Teknolojileri Araştırma Grubu, bor cevherinin online analizi için modifiye edilmesi planlanan BAKI-LIBS marka tescilli malzeme analizi spektroskopi cihaz prototipi ile çalışmaktadır. Cihaz, Nd:YAG lazer (1064, 532, 355 ve 26 nm dalgaboylarını içeriyor), çok kanallı spektrometre sistemi, lazerle



oluşturulan plazmadan yayılan ışını toplamakta kullanılan fiber optik kablo, lazer ışını taşımakta ve odaklamakta kullanılan çeşitli optik elemanları, lazer tarama kafası, numune kabı ve sistemdeki sinyal senkronizasyonunu sağlayan geciktirme jeneratörünü (delay generator) içermektedir (bakınız Şekil 1). Nd:YAG lazer ışının numune üstüne odaklanması sonucu malzeme üstünde oluşan plazmadan yayılan ışınlar, fiber demeti ile (fiber bundle) ile toplanmakta ve çok kanallı spektrometrenin her bir kanalında ayrı spektral bölgeler dalgaboylarına ayrıştırılıp spektrum elde edilmektedir. Sistemin çalışması, spektrum kaydedilmesi geliştirdiğimiz yazılım aracılığı ile yapılmakta, farklı kanallardan elde edilen farklı spektral bölgelere ait spektrumlar bu yazılımla tek bir spektrum olarak birleştirilmektedir. Böylece çok kanallı spektrometre yüksek çözünürlükte spektrum kaydedebilmekte ve yazılıma eklenen veri bankası sayesinde numune analizi yapılabilmektedir. Lazerle malzeme analizi spektroskopi cihazı ile analiz edilen saf elementlere (demir, bakır, çinko, alüminyum, karbon, nikel, kobalt, krom, mangan ve tungsten vb.) ait spektrumlara ait veri bankası bulunmaktadır. Şekil 2’de saf alüminyuma ait örnek spektrum verilmiştir.



Şekil 1. Lazer Etkileşimli Plazma Spektroskopisi (LIBS) sistemi düzeni



Şekil 2. Alüminyum elementine ait LIBS ölçümü

## ALAŞIMLAR VE ERGİTME FIRINLARI

Dünyada en çok kullanılan malzemeler olan metal ve alaşımlarının üretimi ve şekillendirilmesi genel olarak yüksek sıcaklık proseslerine dayanmaktadır. Bu prosesler esnasında malzemenin istenilen safiyette üretilmesi kritik bir konudur. Bu nedenle ergiyik metalin spektroskopik analizi üzerine çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır.

Bu alanda çalışılan alaşımlar demir esaslı ve demir dışı alaşımlar olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Demir esaslı alaşımlarda ana bileşen Fe'dir. Bu alaşımlar çelikler ve dökme demirler olarak iki sınıfa ayrılır. Çelikler bir Fe-C alaşımı olup alaşımlı-alaşımsız olarak alaşım elementi oranına göre iki sınıfa ayrılabilirdiği gibi içerdiği C oranına göre düşük, orta ve yüksek karbonlu olarak üç farklı sınıfa ayrılabilir. Çeliklerin içerdiği maksimum C oranı %2'dir. Çelikler uygulamada neredeyse en çok kullanılan alaşımdır. Otomotiv uygulamalarından makine imalat sanayiine, konstrüksiyondan kimyasal uygulamalara kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bir diğer demir esaslı alaşım sınıfı dökme demirlerdir. Dökme demirler %2'nin üzerinde C içeren Fe-C alaşımları olarak tanımlansa da pratikte %3-4,3 aralığında C içerirler. Dökme demir türleri gri, küresel, temper, beyaz ve kompakt grafitli dökme demirler olarak sıralanabilir. Dökme demirler genellikle basma yükü altında çalışan, titreşim sönmülmenin önemli olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Kullanım alanlarına örnek olarak pompa-

vana gövdeleri, motor blok ve gömlekleri, dişliler ve merdaneler verilebilir (Callister ve Rethwisch, 2020).

Demir dışı alaşımlar, Al, Mg ve Cu gibi Fe harici diğer metallerin bileşimdeki esas metal olduğu alaşımları tanımlamaktadır. Önemli bir demir dışı alaşım grubu alüminyum alaşımları, düşük yoğunlukları ve korozif dirençleri ile öne çıkarlar. Alüminyum alaşımları sahip oldukları alaşım elementi miktarlarına göre ısıl işlem uygulanabilen ve uygulanamayan olarak ikiye ayrılabilirler. Isıl işlem uygulanamayan alaşımlar genellikle soğuk şekillendirme ile mukavemet kazanırlar. Alüminyum alaşımları özellikle havacılık uygulamaları olmak üzere, gıda saklama kapları, otomotiv, ısı değiştiriciler gibi alanlarda kendine uygulama alanı bulur. 2xxx serisi olarak bilinen Al-Cu alaşımları, bakırın yanında magnezyum da içerebilir. Korozyon direnci az olan bu alaşımlar optimum özelliklerine sahip olabilmesi için ısıl işleme tabi tutulurlar. Otomotiv, vagon, havacılık ve savunma sanayiinde yüksek dayanım ve hafifliğin gerekli olduğu yerlerde kullanılmaktadır. 6xxx serisi olarak bilinen Al-Mg-Si alaşımları ise, orta derecede mekanik dayanım, iyi şekillendirme, ısıl işleme yatkınlık ve yüksek korozyon direnci gibi özelliklere sahiptir. Bu alaşımlar ambalajlamada, makine ve otomotiv parçaları imalatında kullanılmaktadır. Bir diğer önemli Al alaşım serisi 7xxx (Al-Zn alaşımları) ise çinko ve magnezyum ile kullanıldığında çok yüksek mukavemetli ısıl işlem uygulanabilir alaşımlar meydana gelmektedir. Uçak, roket ve mühimmat sanayi parçaları başlıca kullanım yerleridir. Bu grubun en önemli alaşımları olan 7075, 7050 ve 7049 yüksek gerilim altındaki mükemmel mukavemetleri ile uçak sanayiinin vazgeçilmez alaşımlarıdır (Callister ve Retwisch, 2020)

Bu kritik mühendislik malzemelerinin ergitilmesinde kullanılan fırınların çok çeşitli türleri bulunmaktadır. Potalı fırınlar döküm fırınları içerisindeki en eski ve basit fırın tipidir. Devrilebilir ve sabit olmak üzere 2 ana tipi bulunmaktadır. Bu potaların içi refrakter malzemelerle kaplı olup yakıt pota dibinde yakılır ve bu ısı potadaki metale aktararak ergime gerçekleştirilir. Genellikle Al ve Cu alaşımları gibi düşük sıcaklıkta ergiyen alaşımların ergitilmesinde kullanılır. Elektrikli fırınlarda ergitme için gereken enerji elektrik ile sağlanmakta olup elektrik ark, indüksiyon ve elektrik direnç olmak üzere üç çeşiti bulunmaktadır. Elektrik ark ocaklarında ocak içerisinde daldırılan elektrotlar tarafından oluşturulan ark ile alaşım ergitilir. Bu

ocaklar genellikle her türlü alaşımın üretiminde kullanılabilir. Elektrik indüksiyon ocaklarında pota etrafına sarılı bobinler ile değişen bir manyetik alan oluşturulur ve alaşım malzemedeki akım oluşur. Bu akıma karşı alaşımın elektrik direnci ısı oluşturur ve alaşım ergir. Bu tip fırınlar da her türlü alaşımın ergitilmesinde kullanılabilir.

Elektrik direnç ocaklarında ise fırın içerisindeki rezistans tellerinden geçen akım direnç nedeni ile ısı oluşturur ve bu ısı alaşımı ertirir. Genellikle düşük sıcaklıkta ertiyen alaşımlarda kullanılır. Bir diğeri fırın tipi olan Reverber fırınlar aslında potalı fırınların gelişmiş bir versiyonu olup bu tip fırınlarda büyük bir ertiyik havuzu oluşmaktadır. Bu tip fırınlar hem ertirme hem de bekletme amacı ile kullanılmakta olup genellikle ikincil alüminyum tesislerinde kullanılmaktadır (Trinks vd., 2003).

Bahsedilen bu fırın tiplerine LIBS sistemini entegre ederek ertiyik metal havuzu ve/veya yolluğu üzerinden yerinde ve anında/hızlı ölçüm olarak otomasyona geçiş konusunda çalışmalar sürmektedir.

## **ERGİYİK METAL UYGULAMALARINDA LIBS TEKNOLOJİSİ**

Alaşım üretimi, döküm ve geri dönüşüm prosesleri esnasında yüksek hızla, gerçek zamanlı olarak analiz alabilmenin verimlilik, kalite artışı ve otomasyon üzerine yapılan çalışmalara önemli bir katkı sağlayacağı açıktır. Lazer darbeleri ile numune yüzeyinde bulunan ve ölçümü etkileyen oksitler, kaplamalar ve yağ artıkları giderilerek eş zamanlı numune hazırlama adımı da gerçekleştirilmektedir. LIBS yönteminin temassız ve mesafeli ölçüm yeteneği, XRF ve OES gibi yöntemlerle erişilemeyen uygulamalara izin verir. Üretim süreci verimliliği ve kalite artarken maliyetler azalır ve bu da kullanıcıya piyasadaki diğeri rakipleri ile rekabet gücü kazandırır (Noll vd., 2006).

Sektörde hali hazırda kullanılan diğeri analiz yöntemleri çevrimdışı olarak ilerlemekte ve süreç üretim ortamından sıvı numune alınması, katılaştırılması ve laboratuvara gönderilerek analizin gerçekleştirilmesi olarak ilerlemektedir. Bu esnada sıcak metalin üretim hattında beklemesi zaman ve enerji kaybı yaşatmaktadır. LIBS yöntemi ile ertiyik metalden hat üzerinde eş zamanlı ölçüm alınması bu kayıpları ortadan kaldıracak niteliktedir (Legnaioli vd., 2014). Ayrıca soğutulan metal alaşımı örneğinde oluşabilecek

segregasyonların ölçümlerde oluşturabileceği belirsizlik de sonuçları etkilemektedir.

Literatürde demir-çelik ve alüminyum alaşımlarının üretimi ve geri dönüşümü esnasında, tanımlanmasında/tespitinde yapılan analizler ile ilgili son 5 yılda yapılmış LIBS uygulaması çalışmaları sırasıyla Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur. En çok uygulama dünyada en çok üretilen ve kullanılan malzeme olan çeliklerin üretiminde yapılmıştır. Özellikle çelik üretiminde ikincil kaynaklardan üretim aşamasında hızlı ve eş zamanlı analiz sağlanması büyük avantaj getirmektedir. Artan çelik rekabeti ikincil metalurji işlemlerinde daha dar tolerans aralıklarında çalışılmasını mecbur kılmıştır.

LIBS ile hat üzerinde yapılan analiz, daha kısa bir sürede ergiyik çeliğin bileşimine ulaşabilme, daha az enerji kaybı ve daha dar tolerans aralıklarının hızlıca elde edilmesi gibi avantajlar sağlar. Bu da çelik üreten işletme için verimlilik ve kalite artışını doğurur. Diğer analiz yöntemleri ile yapılan analiz işlemi, numunenin alınması ve bileşimine ulaşılması arasında geçen süre yapılan geliştirmelerle 3-5 dakikaya düşürülmüştür. Ancak bu süre nedeniyle işlem anlık olarak kontrol edilemez. LIBS ile yapılabilecek anlık analizler sürecin kontrolünü oldukça arttıracaktır (Noll vd., 2006; Noll, 2012). Hızlı analiz için geliştirilmiş diğer analiz sistemlerinde özel bir pnömatik sistemle metal örneği elementel ölçüm noktasına gider ve analiz alınır. Bu sistemin gelişmiş büyük firmalarda kullanımına rastlanılmakla birlikte yaygın olarak kullanımı bulunmamaktadır.

Ergiyik çelik alaşımı LIBS uygulamalarında karşılaşılan en büyük problem demirin emisyon çizgilerinden kaynaklı spektral girişimlerdir. Bu amaçla makine öğrenme algoritmalarına dayalı yeni çok değişkenli regresyon yöntemi geliştirme üzerine çalışılmıştır (Zhang vd., 2020). Bir diğer problem ise düşük sıcaklıklarda alınan analizler ile yüksek sıcaklıkta alınan analiz piklerinin atomal çizgi şiddetlerinin farklı oluşudur. Sıcaklık farkının oluşturduğu bu ilişkiyi tanımlayan bir model üzerine çalışılmıştır. Özellik tabanlı transfer öğrenimi modeli ile ortalama bağıl hata %32,31'den %7,90'a düşmektedir (Chang vd., 2020). Wang ve grubu tarafından (Wang vd., 2020) gerçek zamanlı elementel ölçümün hassasiyetini ve doğruluğunu geliştirmek, odak birimini otomatik olarak ayarlayarak elementel analiz almak için LIBS ve 3D profil tekniklerini birleştiren yenilikçi bir eş eksenli lazer ışını

ölçüm sistemi önerilmiştir. Peterson vd. (2020) çalışmalarında, heterojen dağılımlı curufların doğru ölçümüne ulaşabilmek için geniş bir hacimden alınan analizlerin ortalamasını çalışmışlardır. XRF ile benzer doğruluklara ulaşılabilirdiği gösterilmiştir. Curuf içeriğine küçük parçalar halinde karışabilen demiri, demir oksitten ayırt edebilme olasılığının umut verici olduğu vurgulanmıştır.

Alüminyum alaşımları hafif ve güçlü doğası ile otomotiv ve uçak endüstrisi için vazgeçilmez malzemelerdir. Malzeme hatasının affedilemeyeceği bu alanlarda alaşım üretimindeki dar elementel aralıklarda yüksek safiyette verimli üretimi sağlamak gerekliliği doğmaktadır. Hidrojen ve inklüzyon içermemesi önemlidir. Inklüzyon yani istenmeyen elementlerin ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$ , vb.) varlığı hidrojen için çekirdeklenme bölgeleri de oluşturacak çatlakların oluşumuna sebep olacaktır. Bu alanda LIBS uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar Tablo 2’de incelenmiştir. Çin Bilimler Akademisi (Sun vd., 2018) ergimiş tuz elektroliziyle alüminyum üretimi üzerine yaptığı çalışmada elektrolit bileşimi kontrolü LIBS analizi ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Çelik tüpün içinden argon gazı geçirilerek numunenin 3 mm üzerinden ölçüm alınmıştır.

Herbert ve çalışma arkadaşları 2019’da ABD menşeli bir firma olan ERCo’nun OnSpec modelini sunmuşlardır. Ergiyik alaşıma LIBS probu daldırıldıktan sonra 100 farklı ölçümün işlenerek tek bir ölçüm halinde sunulması 2.5 dak. sürmektedir. Ardından alaşımın dökümü gerçekleştirilmiştir.

İzlandalı çalışma ekibi daldırılmayan LIBS probu ile 14 iz elementinin analizi üzerine çalışmışlardır. Düşük uçuculuğa sahip olan elementlerin 10 ppm altındaki konsantrasyon seviyelerine kadar tespit edilebileceğini doğrulamışlardır (Gudmundsson vd., 2019). Katılma sırasında oluşabilecek segregasyonlar nedeniyle ölçüm belirsizliklerinin spark OES’ten daha düşük olduğunu göstermişlerdir (Gudmundsson vd., 2020b). Özellikle Si tayininde heterojen katılma nedeniyle spark OES’in ölçüm belirsizliğinin daha fazla olduğu vurgulanmıştır (Gudmundsson vd., 2020a).

Tablo 1. Ergiyik çelik uygulamalarında LIBS teknolojisi uygulamaları ile ilgili çalışmalar

Araştırma Grubu	Amaç	Sonuçlar
Zhang vd., 2020	Çeliklerdeki minör elementlerin belirlenmesi için makine öğrenme algoritmalarına dayalı yeni bir çok değişkenli regresyon yöntemi geliştirme amaçlanmıştır.	Elde edilen çok değişkenli kalibrasyon eğrileri, 0,99969-0,99997 aralığında 1'e çok yakın R <sup>2</sup> değerleri sergilemektedir. Tek değişkenli modellerle karşılaştırıldığında, çok değişkenli modellerin izin verdiği analitik performanslar, sırasıyla %1,13-7,20 ve %3,96-6,68 aralığında REP'ler ve RSD'lerle açıkça iyileştirilmiştir.
Chang vd., 2020	Yüksek sıcaklıkta ve oda sıcaklığında spektral yoğunluklar arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir model oluşturmayı amaçlamaktadır.	Özellik tabanlı transfer öğrenimi modeli (Feature-based transfer learning (FTL-LIBS)) önerilmiştir. Deneysel sonuçlar, transfer öğrenmesi olmayan yöntemle karşılaştırıldığında, FTL-LIBS yönteminin MRE'sinin (ortalama bağıl hata) %32,31'den %7,90'a düştüğünü göstermektedir.
Wang vd., 2020	3D profil ile yüzeyi görüntülerken LIBS ölçümü için lazer, odak noktası ve ışınlama konumunu otomatik olarak ayarlayabilme amaçlanmıştır.	Sıcaklık, lens-hedef mesafesi (LTD) ve numune açısı etkisi araştırılmıştır. İlerleyen çalışmalarda, demir ve çelik üretim süreçlerinin gerçek zamanlı element analizi ve izlenmesi için hat üzerinde uygulama geliştirilecektir.

Tablo 1 (devam)

Araştırma Grubu	Amaç	Sonuçlar
Peterson vd., 2020	Oldukça heterojen dağımlı curufların gerçek analizini sonuca yansıtmak için geniş bir hacimden alınan analizlerin ortalaması üzerine çalışılmıştır. Hareketli bir numune alıcı tasarımı yapılarak curuf içerisine küçük parçalar halinde karışmış olabilen demiri demir oksit içeriğinden ayırabilme amaçlanmıştır.	Curuf analizinde XRF ile benzer doğrulukta veriler elde edilmiştir. Ayrıca LIBS sistemiyle demir ve demir oksitini ayırt edilebilmesi olasılığı umut verici bulunmuştur.

Tablo 2. Ergiyik alüminyum proseslerinde LIBS teknolojisi uygulamaları ile ilgili çalışmalar.

Araştırma Grubu	Amaç	Sonuçlar
Çin Bilimler Akademisi (Sun vd., 2018)	Ergimiş tuz elektroliziyle alüminyum üretimi sırasında elektrolit bileşimi kontrolü sağlamaktır. Bu anlamda elektrolitin asiditesini hesaplamak adına yeni bir moleküler oran hesaplama yöntemi önerilmiştir.	Ergiyik alüminyum proseslerinde bileşim analizi için moleküler oran ölçümü ortalama standart sapması %0.39 civarında tespit edilmiştir. Endüstriyel bir hücrede başarılı LIBS analizi gerçekleştirilmiştir.
ABD ERCo-OnSpec Sistemi / (Herbert vd., 2019)	Alüminyum alaşımlarında ergiyik metal bileşimi belirleme üzerine daldırılan propla çalışılmıştır.	OnSpec sistemi farklı alüminyum tesislerinde başarılı şekilde entegre edilmiştir.



Tablo 2 (devam)

Araştırma Grubu	Amaç	Sonuçlar
İzlanda (Gudmundsson vd., 2019)	14 impürite elementi analizi üzerine daldırma yapmayan LIBS kafasıyla çalışma yapılmıştır.	Sonuçlar, daldırma yapmayan LIBS'in, özellikle eriyikte düşük uçuculuğa sahip olan erimiş alüminyumdaki iz elementlerin, 10 ppm'nin altındaki konsantrasyon seviyelerine kadar doğru konsantrasyon analizi için bir izabe ortamında kullanılabileceğini doğrulamaktadır.
İzlanda (Gudmundsson vd., 2020b)	Akışkan döküm yolu üzerinde daldırılmayan propla 14 iz elementi üzerine çalışma: Fe, Si, Cu, Ni, Ti, Cr, Mn, Sn, V, Ga, Zn, Sb, Mg ve Na yapılmıştır.	Ölçüm belirsizliği OES'ten daha düşük bulunmuştur.
İzlanda (Gudmundsson vd., 2020a)	20-3000 ppm düzeyinde uçucu olmayan: Fe, Si, Ti, Mn, Cr analizinden alınan sonuçlar, aynı malzemenin tüm hacminden dökümü yaparak oluşturulan katı numunelerin spark-OES analizi ile karşılaştırması amaçlanmıştır.	Özellikle Si tayininde heterojen katılaşma nedeniyle, OES'in ölçüm belirsizliğinin daha fazla olduğu vurgulanmıştır.

## TÜRKİYE'DE LIBS UYGULAMA POTANSİYELİ

Döküm sektörü Türkiye üretim ekonomisinin can damarlarından bir tanesidir. Gerek Türkiye'nin jeopolitik konumu gerekse kolay erişilebilir iş gücü potansiyeli nedeniyle uzun yıllardır üretim miktarları anlamında Dünya sıralamasında ilk 10'da yer almıştır. (Şu

anda Avrupa’da 2. ve Dünya’da 9. sıradadır.) Döküm yöntemi ile üretilen birçok mamul imalat sanayinin her alanında kullanılmaktadır. Üretilen sanayi mamullerinin % 90’ında en az bir adet döküm ürünü bulunmaktadır (Türkiye Döküm Sektörüne Yönelik Sanayi Strateji Belgesi, TÜDOKSAD, 2020). Bu da Türkiye’de döküm sektörü hacminin yüksek olmasını sağlamaktadır. Döküm yöntemleri diğere üretim metotlarına göre sahip olduğu üstünlükleri nedeniyle gelişen modern teknolojiler ile desteklenerek hem dünyada hem de Türkiye’de uzun yıllar önemini koruyacaktır.

Tablo 3’de özetlendiği üzere 30.000 ton üzeri yıllık kapasiteye sahip 15 firma Türkiye kapasitesinin % 58’ini ve 10.000-30.000 ton arası kapasiteye sahip 17 firma ise Türkiye kapasitesinin % 13’ünü karşılamakta olup, bu gruptaki 32 kuruluş toplam Türkiye demir döküm kapasitesinin % 71’ini temsil etmektedir (Türkiye Döküm Sektörüne Yönelik Sanayi Strateji Belgesi, TÜDOKSAD, 2020). Ülkemizde son yıllarda özellikle magnezyum alaşımlarının dökümünde ilerlemeler yaşanmaktadır ve pek çok alanda döküm uygulaması ile ilgili projeler devam etmektedir. Sektörde dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler talebe göre ülkemizde uygulanmaktadır. Örneğın savunma ve uzay-havacılık sektörüne yönelik olarak yönlendirilmiş katılaşma, tek kristal döküm prosesleri geliştirilmiştir. Yöntemin pahalılığı ve hitap ettiği ikincil sektörün darlığı nedeniyle Ŗu an birkaç firmadan öteye geçememiş bir uygulamadır. Tabii gelecek potansiyeline sahip bir alan olduğu Ŗüphe götürmez bir gerçektir. Ancak söz konusu gelişmeler pratik ve ekonomik olduğu ve tüm döküm sektörüne hitap ettiği taktirde çok kısa sürede geniş ölçekte uygulama alanına sahip olmaktadır.

Hitap ettikleri pazarlardaki gelişmeler, rekabet güçlerinin değişimi, yeniliklerin takibi ve uygulanması ve mali güçlükler göz önüne alındığında, Türkiye’de faaliyet gösteren birçok döküm fabrikası ve atölyesinin AB ve ABD’deki örnekleri gibi uzun vadede ayakta kalması zordur. Takribi 1.5 milyon tonluk yurtiçi kapasitenin 1 milyon tondan fazlası büyük ölçekli firmalar tarafından üretildiğinden, toplam üretim kapasitesinde önemli bir düşüş olmayacaktır. Bu büyük firmaların da rekabet güçlerini koruyacak idari, teknik, ticari ve en önemlisi ürün yapısı yönünden atılımlar yapmaları gerekmektedir. Bu anlamda özellikle “Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği (TÜDOKSAD)’dan alınan verilere göre ülkemizde bu derneği dahil

olan ve dolayısıyla teknik ve ticari atılımları gerçekleştirme potansiyeline sahip en az 171 adet firma bulunmaktadır. Dernek üyesi olmayan ancak çok büyük ölçekte döküm prosesleri gerçekleştiren daha onlarca firma bulunmaktadır. (Kroman Demir Çelik Ltd.Şti., Sarkuysan A.Ş., Asil Çelik, Erdemir, İsdemir, vb.)

*Tablo 3. Türkiye Döküm Sektöründeki Aktif Kuruluş Sayıları (Türkiye Döküm Sektörü, TÜDOKSAD, 2020)*

Üretim Cinsi	Özel Sektör			Kamu ve Askeri Tesisler	Toplam Kuruluş Sayıları
	Büyük	KOBİ	Mikro		
Pik/Sfero/Temper Döküm	28	238	410	4	680
Çelik Döküm	17	37	41	2	98
Alüminyum	21	42	107	1	171
Zamak	4	121	36		161
Bakır Alaşımları	2	6	9	1	18
TOPLAM	72	344	703	8	1128

Tüm bu gerçekler göz önünde bulundurulduğunda özellikle pota içerisinde döküm proseslerinde ergitme aşamasında anlık elementel analiz yapabilmek ve içeriğe müdahale şansı tüm dökümcülerin gerçekleştirmek isteyeceği bir teknolojik gelişmedir. Bu konuda Türk Döküm Sanayicileri ile gerçekleştirilen görüşme neticesinde derneğe bağlı tüm firmalarda optik emisyon spektrometresi yöntemi ile katılaştırılmış numune üzerinden analiz gerçekleştirerek döküm proseslerinin yönlendirilmesini sağladığı teyit edilmiştir. Son dönemlerde portatif XRF cihazları kullanılarak laboratuvara numune gönderme aşamasından kurtularak dökümhane içerisinde analiz gerçekleştirme üzerine uygulamalar gerçekleştirilmiş, ancak hem bu yöntemde hafif elementlerde ve çözünmüş gazların ppm seviyesinde analizinin mümkün olmaması hem de yine katı numune üzerinden analiz yapılabilecek olması sebebiyle verim sağlanamadığı bilgisi TÜDOKSAD yetkililerinden edinilmiştir. Yetkililer son dönemde pota içerisinde anlık analizin önemi ve bu konudaki ihtiyacın yadsınamaz gerçekliği üzerine toplantılarında sıkça değinildiğini iletmiştir. Özellikle alaşım elementleri miktarının standartları karşılayacak

Ŗekilde ayarlanabilmesi, homojen elementel dağılımların elde edilebilmesi, çözünmüŖ hidrojen, azot ve oksijen gazlarının miktarının tayin edilebilmesi ve buna göre döküm prosesinin ergitme aŖamasındayken geliştirilmesine yönelik sorunun tespit edilebilmesi, katılaŖmada segregasyonların belirlenebilmesi gibi konularda ülkemiz dökümcülerinin büyük ihtiyacı bulunmaktadır. Ülkemizde üretilen kaliteli çelikler, alüminyum alaŖımları, nikel kobalt süper alaŖımları, magnezyum alaŖımları gibi katma değeri yüksek ürünlere kullanıcıların güveninin olmamasının sebebi de aslında Türkiye'deki dökümcülerin yalnızca kimyasal bileŖim ve mekanik özellik açısından ürünlerini değerlendirip piyasaya sunmasından kaynaklanmaktadır. Ancak homojenite gibi, çözünmüŖ gaz miktarı gibi parametreler göz ardı edilmekte, uzun süreli kullanımlarda döküm malzemelerinin performansı beklentiyi karŖılayamaz hale gelmektedir. GeliŖtirmesi hedeflenen bu teknoloji ile tüm bu problemlerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Gelecekte bu teknolojinin savunma sanayi, uzay - havacılık endüstrisi gibi alanlarda çeŖitli normlarla zorunlu kılınması mümkün görünmektedir. Döküm prosesleri sırasında elde edilen LIBS sonuçlarının da ürün ile birlikte temin edilme zorunluluğu getirilmesi bu sektörlerde olasıdır. Türkiye'de dıŖa bağımlı bir Ŗekilde bu teknolojiyi kullanabilecek, yatırım yapabilecek firma sayısı azdır. Sektörde ayakta kalabilmek için zamanında bu yatırımı gerekleŖtirmiş olunması gelecekte daha büyük önem arz edecektir.

## **SONUÇ**

Bu bölüm, LIBS sistemini, bu sistemin metalurjik üretim proseslerinde hat üzerinde elementel analiz konusunda otomasyon getirmesinin sağlayacağı verimlilik ve kalite artışını ve bu konudaki ilerlemelerin Türkiye'deki potansiyelini incelemiŖ ve sunmuŖtur.

Türkiye'de büyük bir metal alaŖımı üretim potansiyeli ve döküm sektörü bulunmaktadır. Sektör özellikle otomotiv ve savunma sanayine yönelik katma değeri yüksek ürünler üretimine doğru geliŖerek büyümektedir. Bu katma değeri sağlamak üzere yüksek kalitede alaŖım üretimi üzerine teknolojik geliŖimleri ve otomasyonu sağlamak önemli bir konudur. LIBS teknolojisinin büyük hacme ve potansiyele sahip bu sektöre yönlendirilmesi ülkemiz stratejik planları açısından önem arz etmektedir.

LIBS'in çelik alaşımlarının üretimi üzerine son yıllarda özellikle Çin'de yoğun çalışıldığı görülmektedir. Çalışmalar demirin emisyon çizgilerinden kaynaklı spektral girişimlerin yarattığı ölçüm güçlüğü, demir ve demir oksit piklerinin ayrıştırılması, düşük sıcaklık – yüksek sıcaklık ölçümlerinin spektral çizgi şiddetlerinin farklı olması, kalibrasyon metotları üzerine yoğunlaşmaktadır.

Alüminyum alaşımlarının üretiminde LIBS analizi uygulamaları üzerine Çin, ABD, İzlanda'da farklı grupların çalışma sürdürdüğü görülmektedir. Daldırılan veya daldırılmayan olmak üzere iki farklı prop tipi çalışılmıştır. Uçucu olmayan iz elementlerinin 10 ppm düzeylerinde analizi doğrulanmıştır. Alüminyum alaşımları katılaştırırken meydana gelen segregasyonların spark-OES analiz sonuçlarında ortaya koyduğu ölçüm belirsizliğine karşın LIBS daha doğru analizler ortaya koymaktadır.

LIBS sistem tasarımının ve kalibrasyon çalışmalarının Metalurji endüstrisinde değişen analiz koşullarına uygun olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Hat üzerinde kantitatif elementel analiz sağlanmasına yönelik çalışmalar üzerine yoğunlaşarak enerji, malzeme ve zaman tasarrufu ile birlikte kalite artışı sağlanması üzerine çalışılmalıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Araştırma aşamasında derin tecrübelerinden yararlanan TÜDOKSAD'a (Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği) teşekkür ederiz.

## **KAYNAKÇA**

Callister Jr, W. D. ve Rethwisch, D. G. (2020). Callister's materials science and engineering. New York/ABD, John Wiley ve Sons.

Carter, S., Clough, R., Fisher, A., Gibson, B., Russell, B. ve Waack, J. (2019). Atomic spectrometry update: review of advances in the analysis of metals, chemicals and materials. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 34(11), 2159-2216.

Chang, F., Lu, H., Sun, H. ve Yang, J. (2020). Assessment of the performance of quantitative feature-based transfer learning LIBS analysis of chromium in high temperature alloy steel samples. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 35(11), 2639-2648.

Gudmundsson, S. H., Matthiasson, J., Björnsson, B. M., Gudmundsson, H. ve Leosson, K. (2019). Quantitative in-situ analysis of impurity elements in primary aluminum processing using laser-induced breakdown spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 158, 105646.

Gudmundsson, S. H., Matthiasson, J. ve Leosson, K. (2020a). Accurate Real-Time Elemental (LIBS) Analysis of Molten Aluminum and Aluminum Alloys. In *Light Metals 2020* (pp. 860-864). Springer, Cham.

Gudmundsson, S. H., Matthiasson, J. ve Leosson, K. (202b). Quantification of trace elements in molten aluminum with randomized impurity concentrations using laser-induced breakdown spectroscopy. *OSA Continuum*, 3(9), 2544-2552.

Hahn, D. W. ve Omenetto, N. (2010). Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), part I: review of basic diagnostics and plasma-particle interactions: still-challenging issues within the analytical plasma community. *Applied spectroscopy*, 64(12), 335A-366A.

Hahn, D. W. ve Omenetto, N. (2012). Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), part II: review of instrumental and methodological approaches to material analysis and applications to different fields. *Applied spectroscopy*, 66(4), 347-419.

Herbert, J., Fernandez, J., De Saro, R. ve Craparo, J. (2019). The industrial application of molten metal analysis (LIBS). In *Light Metals 2019* (pp. 945-952). Springer, Cham.

Hudson, S., Craparo, J., De Saro, R. ve Apelian, D. (2016). Laser-induced breakdown spectroscopy: a new tool for real time melt cognition. *METALLURGIA ITALIANA*, 6, 5-8.

Legnaioli, S., Lorenzetti, G., Pardini, L., Cavalcanti, G. H. ve Palleschi, V., (2014), Applications of LIBS to the Analysis of Metals, Musazzi, S. ve Perini, U., *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: Theory and Applications*. (s. 189), Springer.

Noll, R., Sturm, V., Stepputat, M., Whitehouse, A., Young, J. ve Evans, P., (2006), Industrial applications of LIBS, Miziolek, A. W. ve Palleschi, V. P. ve Schechter, I., *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS): Fundamentals and Applications*. (s. 400-409), Cambridge University Press.

Noll, R. (2012). *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: Fundamentals and Applications* (s. 245-252), Springer

Noll, R., Fricke-Begemann, C., Connemann, S., Meinhardt, C. ve Sturm, V. (2018). LIBS analyses for industrial applications—an overview of developments from 2014 to 2018. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 33(6), 945-956.

Öztoprak, B. G. (2012). *Lazer ile oluşturulan plazma spektroskopi sisteminin tasarımı, endüstriyel ve biyolojik uygulamaları*. (Yayınlanmamış doktora tezi). Kocaeli Üniversitesi. İstanbul, Türkiye.

Petersson, J., Gilbert-Gatty, M. ve Bengtson, A. (2020). Rapid chemical analysis of steel slag by laser-induced breakdown spectroscopy for near-the-line applications. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 35(9), 1848-1858.

Sturm, V., Fleige, R., de Kanter, M., Leitner, R., Pilz, K., Fischer, D., ... ve Noll, R. (2014). Laser-induced breakdown spectroscopy for 24/7 automatic liquid slag analysis at a steel works. *Analytical chemistry*, 86(19), 9687-9692.

Sun, L., Yu, H., Cong, Z., Lu, H., Cao, B., Zeng, P., ... ve Li, Y. (2018). Applications of laser-induced breakdown spectroscopy in the aluminum electrolysis industry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 142, 29-36.

Trinks, W., Mawhinney, M. H., Shannon, R. A., Reed, R. J. ve Garvey, J. R. (2003). *Industrial furnaces* (Vol. 1). John Wiley ve Sons.

TÜDOKSAD, (2020). *Türkiye Döküm Sektörüne Yönelik Sanayi Strateji Belgesi*.

<https://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/15.pdf> adresinden alınmıştır.

TÜDOKSAD, (2020). *Türkiye Döküm Sektörü*. <https://tudoksad.org.tr/turkiye-dokum-sektoru> adresinden alınmıştır.

Wang, Z., Deguchi, Y., Shiou, F., Tanaka, S., Cui, M., Rong, K. ve Yan, J. (2020). Feasibility Investigation for Online Elemental Monitoring of Iron and Steel Manufacturing Processes using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. *ISIJ International*, 60(5), 971-978.

Zhang, Y., Sun, C., Gao, L., Yue, Z., Shabbir, S., Xu, W., ... ve Yu, J. (2020). Determination of minor metal elements in steel using laser-induced breakdown spectroscopy combined with machine learning algorithms. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 166, 105802.

# **Hidrodinamik ve Isıl Olarak Gelişmekte ve Tam Gelişmiş Boru İçi Akışta Isı Geçiş ve Basınç Düşüşünün Sayısal Olarak İncelenmesi**

**Ali Köse**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-0426-5159)**

**Alişan Gönül**

*Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye*  
**(0000-0002-6106-2251)**

**Sebiha Yıldız**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9088-5126)**



## GİRİŞ

Isı değiştiriciler farklı sıcaklıkta bulunan iki akışkan arasında sıcaklık farkından kaynaklanan ısı formundaki enerji transferini sağlayan cihazlardır. Bu cihazlar soğutma, iklimlendirme, ısıtma, güç üretimi, otomobil sektörü ve kimyasal proseslerde yaygın olarak kullanım alanı bulurlar. Isı değiştiricilerin ısıl performansının artırılması enerji kaynaklarının verimli kullanılması için önemlidir.

Isı değiştiricilerde boru içi akışlarda boru çapı, akışkan hızı, akışkan özellikleri gibi parametrelere bağlı olarak, akış laminar, geçiş veya türbülanslı akış bölgelerinden birinde olabilir. Ayrıca bu akış bölgelerinin her biri iki ayrı kısımdan oluşur: gelişmekte olan akış ve gelişmiş akış. Akış boru yüzeyi ile temas etmeye başladığı yerden itibaren yüzeyde kaymama koşulu nedeniyle sınır tabaka gelişmeye başlar, akış doğrultusunda boru girişinden itibaren belli bir boru uzunluğuna kadar bu gelişme devam eder (gelişen akış) ve akış doğrultusu boyunca belirli bir mesafede gelişmiş akış başlar.

Bu akış bölgelerinde ısı transferi hızı ve akış içindeki sürtünmeler farklılık gösterir. Isı değiştiricilerde ısı transferinin yüksek olması bunun yanı sıra akış içinde sürtünmelerin mümkün olduğunca düşük olması istenir. Bu durum basınç kayıplarının düşük olması, dolayısıyla pompa gücünün düşük olması anlamına gelir.

Boru içinde akış hidrodinamik olarak gerçekleşiirken aynı zamanda akışkana olan (ya da akışkandan olan) ısı transferi nedeniyle akış içinde ısıl sınır tabaka gelişir. Isıl sınır tabaka da hidrodinamik sınır tabakada olduğu gibi gelişmekte olan ve gelişmiş ısıl sınır tabaka kısımlarından oluşur. Isı transferinin gerçekleşiği boru içinde hidrodinamik sınır tabaka gelişmiş, ısıl sınır tabaka gelişmekte olabilir (1. durum). Diğer bir farklı durum ise ısı transferinin gerçekleşiği boruda hidrodinamik ve ısıl tabaka her ikisi de gelişmiş olabilir (2. durum). Son olarak söz konusu boru içinde hidrodinamik ve ısıl sınır tabakaların her ikisi de gelişmekte olan bölgede bulunabilir (3. durum). Bütün bu durumlar ısı transferini, akış içinde sürtünmeyi ve dolayısıyla basınç düşümlerini etkiler.

Bu çalışmada ısı transferinin gerçekleşiği boru içinde yukarıda bahsedilen hidrodinamik ve ısıl sınır tabakaların farklı durumları (1., 2. ve 3. durum) dikkate alınarak ısı transferi ve basınç düşümleri nümerik

olarak incelenmiŖtir. Literatürde bulunan Nusselt sayısı korelasyonları ile ısı transferi ve sürtünme faktörü korelasyonları ile sürtünmeler boyutsuz olarak hesaplanmış, sonuçlar nümerik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Böylelikle ısı transferinin yüksek olduğu, basınç düşümünün düşük olduğu parametreler belirlenmiştir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Isı deđiŖtiricilerde ısı transferini ve sürtünme faktörlerini araŖtırmak üzere boru içi tek fazlı akıŖta laminer ve türbölanslı akıŖ bölgelerinde çeŖitli araŖtırmalar literatürde mevcuttur. Li vd. (2005) tarafından 12 mm helisel boruda ısı transferini iyileŖtirmek ve akıŖ direncini artırmak üzere araŖtırmalar yapılmıŖtır. AkıŖkan olarak su kullanılmıştır. Celen vd. (2013)'in çalıŖmasında düz borularda akıŖkan olarak su kullanılarak Reynolds sayısının basınç düşümüne etkisi araŖtırılmış, Blasius sürtünme faktörü üzerine hesaplamalar yapılmıŖtır. Zheng vd. (2017)'in çalıŖmasında akıŖkan olarak su kullanılmış, 17mm iç çaplı 5 farklı durumda (farklı sayı ve aralıklarda) yivli borularda minimum pompa gücü tüketimi hesabı ve ısı transferini artırmak üzerine çalıŖmalar yapılmıŖtır. Sonuçlar düz boru ile kıyaslanmıŖtır. Shad ve Malipatil (2018) alıŖmasında akıŖkan olarak su kullanılmış, farklı yivli borular ile ısı transferinin iyileŖtirilmesi üzerine alıŖılmıştır. Sabit ısı akıŖı Ŗartında 7,1mm çapında 2000mm uzunluğunda boru kullanılmıştır. Abraham vd. (2009) alıŖmasında akıŖkan olarak hava kullanılarak Reynolds Sayısı 2300-10000 aralığında, sabit sıcaklık ve ısı akıŖı sınır Ŗartlarında Nusselt Sayısı değerleri hesaplanmıŖtır. Jacimovic vd. (2018) alıŖmasında laminer akıŖ rejiminde hidrodinamik ve ısl gelişmekte ve gelişmiŖ akıŖ için yayınlanmış olan teorik ve deneysel verilere dayanılarak mevcut korelasyonların analizi yapılmıŖtır.

Isı deđiŖtiricileri içindeki bir düz boru içinde hidrodinamik sınır tabaka gelişmiŖ, aynı zamanda ısl sınır tabaka gelişmekte olan durum (1. durum), her iki sınır tabakanın gelişmiŖ olması durumu (2. durum) ve her iki sınır tabakanın gelişmekte olduğu durum (3. durum) olmak üzere bu üç durumun ısı transferi ve basınç düşümü için birlikte değerlendirildiği bir çalıŖma literatürde görülmemiŖtir. Bu alıŖma literatürdeki bu eksikliği gidermek üzere yapılmıŖtır. Hidrodinamik ve ısl sınır tabakaların birbirleri ile bu üç farklı durumu dikkate alınıp

bunlar için nümerik analizler yapılmış ve literatürdeki mevcut korelasyonlar ile nümerik çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır.

## **HİDRODİNAMİK VE ISIL SINIR TABAKA**

Isı değiştiricilerde boru içi akışta hidrodinamik ve ısıl sınır tabakanın gelişmekte veya gelişmiş olması durumu ısıl transferi ve sürtünme faktörü değerlerine etki eder.

Hidrodinamik sınır tabaka, akışkanın boru yüzeyi ile temas etmeye başladığı boruya akışkanın giriş yaptığı yerden itibaren boru yüzeyinde oluşmaya başlar. Kaymama koşulu nedeniyle boru iç yüzeyinde akışkan hızı sıfırdır ve yüzeyden borunun merkezine doğru viskoz etkiler azalmakta ve akışkan hızı artmaktadır, bu sebeple boru yüzeyi ile merkezi arasında hız gradyanları gerçekleşmektedir. Viskoz etkilerin önemli olduğu bu bölgeye 'hidrodinamik sınır tabaka' denir. Akış doğrultusunda boru içinde bu tabaka gittikçe kalınlaşır, boru girişinden belirli bir mesafede hidrodinamik sınır tabaka boru merkezinde birleşir ve buradan itibaren akışkan hız profilinin değişmeden kaldığı gelişmiş akış başlar. Hidrodinamik olarak gelişmiş akışa kadar olan boru uzunluğu 'hidrolik giriş uzunluğu' ( $L_h$ ) olarak adlandırılır. Hidrolik giriş uzunluğu bölgesinde hidrodinamik sınır tabaka boru yüzeylerinde gelişirken boru merkezinde viskoz etkilerin ihmal edilebilir olduğu akış bölgesi vardır. Bu akış bölgesi hidrolik giriş uzunluğu boyunca gittikçe azalır ve hidrodinamik sınır tabakanın birleştiği yerde son bulur. Buradan itibaren gelişmiş akış başlar.

Isı değiştiricilerde olabildiği gibi, boru yüzey sıcaklığı belirli bir değerde sabit tutulurken, boruya farklı üniform sıcaklıkta bir akışkanın girmesi halinde, boru yüzeyi ile temas etmeye başlayan akışkan parçacıklarının boru yüzeyinde boru ile aynı sıcaklıkta oldukları kabul edilir. Akışta boru yüzeyindeki akışkan parçacıkları ile yüzeyden uzaktaki akışkan parçacıkları farklı sıcaklıklarda oldukları için boru yüzeyi boyunca ısıl sınır tabaka gelişmeye başlar. Akış doğrultusunda boru yüzeyi boyunca ısıl sınır tabaka kalınlaşmaya başlar ve boru girişinden itibaren belirli bir mesafede ısıl sınır tabaka merkezde birleşir. Buraya kadar olan boru uzunluğuna 'ısıl giriş uzunluğu' ( $L_i$ ) denir. Sıcaklık profilinin geliştiği bu bölgeye 'ısıl gelişen akış' denir. Buradan itibaren 'ısıl gelişmiş bölge' başlar, bu bölgede boyutsuz sıcaklık profili değişmeden kalır.

Hidrodinamik giriş uzunluğunu boru çapı, Reynolds sayısı etkilerken, ısı giriş uzunluğunu bunların yanında akışkanın Prandtl sayısı da etkilemektedir. Reynolds sayısı, Atalet kuvvetlerin viskoz kuvvetlerine oranını ifade ederek akış rejimini (laminer, geçiş veya türbülans) belirler. Prandtl sayısı ise momentum difüzyonun, ısı difüzyonuna oranını ifade ederek hız ve ısı tabakaların birbirlerine göre kalınlığını tanımlar.

$$Re = \frac{\rho V_{ort} L_c}{\mu} \quad (1.1)$$

$$Pr = \frac{\vartheta}{\alpha} \quad (1.2)$$

Laminer akış rejimi için hidrodinamik giriş uzunluğu ve ısı giriş uzunluğu (1.3) ve (1.4) numaralı denklemlerde gösterilmiştir (Incropera vd., 2007; Cengel, 2014).

$$L_{h,lam} = 0,05 Re d \quad (1.3)$$

$$L_{t,lam} = 0,05 Re Pr d \quad (1.4)$$

Türbülans akış rejimi için hidrodinamik giriş uzunluğu ve ısı giriş uzunluğu (1.5) numaralı denklem ile ifade edilir.

$$L_{h,tur} \cong L_{t,tur} \cong 10 d \quad (1.5)$$

## **NÜMERİK ANALİZ ÇALIŞMASININ MODELİ VE SINIR ŞARTLARI**

Bu çalışmada 26,9mm çapında, 0,45m uzunluğunda olan ve yüzeyi 75°C sabit sıcaklıkta tutulan bir boru içinden (test bölgesi) akan su için ısı transferi ve sürtünme faktörü nümerik olarak araştırılmıştır. Nümerik analizde kullanılan model şematik olarak Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1'de şematik olarak üç bölge görülmektedir. Bunlar giriş bölgesi, test bölgesi (verilerin alındığı bölge) ve çıkış bölgesidir. Test bölgesinde hidrodinamik olarak gelişmiş akışı elde edebilmek için giriş bölgesi uzunluğu 3m olarak belirlenmiştir. Test bölgesi 0,45m uzunluğundadır. Çıkış bölgesi içinde test bölgesinden ayrılan akışkanın son durumunu gözlemek için 200mm'lik bir uzunluk belirlenmiştir.

Bu çalışmada hidrodinamik ve ısı olarak gelişmekte olan ve gelişmiş akış için 3 durum oluşturulmuştur. Bunlar: ısı transferinin gerçekleştiği boruda (test bölgesi) hidrodinamik sınır tabakanın gelişmiş, ısı sınır tabakanın gelişmekte olduğu durum (1. durum); hidrodinamik ve ısı sınır tabakaların her ikisinin test bölgesi içinde gelişmiş olması durumu (2. durum); hidrodinamik ve ısı sınır tabakaların her ikisinin de gelişmekte olduğu durum (3. durum).

Nümerik analiz yaparken 1. durumda giriş bölgesi için kaymama koşulu tanımlanıp sadece test bölgesi için sabit yüzey sıcaklık sınır şartı tanımlanmıştır. Böylece akışın test bölgesine girişinde hidrodinamik olarak gelişmiş olması garanti altına alınmıştır. Test bölgesinde ısı transferi gerçekleştiği için orada ısı olarak gelişmekte olan akış söz konusudur.

2. Durum için 1. durumdan farklı olarak giriş bölgesinde yüzeye sabit sıcaklık sınır şartı (75°C) tanımlanmıştır. Böylelikle akış test bölgesine girişte hidrolik ve ısı olarak gelişmiş kabul edilebilmektedir.

3. Durumda ise giriş bölgesinde tanımlı kayma gerilmesi sıfır alınarak kaymama koşulu göz ardı edilmiş ve akış direkt olarak test bölgesinin girişinden başlatılmıştır. Bu durumda ısı transferinin gerçekleştiği test bölgesinde hidrodinamik ve ısı sınır tabaka gelişmekte olan akış şartlarındadır.

Her üç durum için girişte ‘hız girişi’, çıkışta ‘basınç çıkışı’ ve simetri ekseninde ise ‘eksenel simetri sınır şartı’ belirlenmiştir. Nümerik analiz için ANSYS Fluent Programı kullanılmıştır. Laminer akışta (Reynolds sayısı 250-4000) test bölgesi boyunca 15 noktada, Türbülanslı akışta (Reynolds sayısı 4000-40000) test bölgesi boyunca 68 noktada Nusselt ve sürtünme faktörleri için hesaplamalar yapılmıştır.

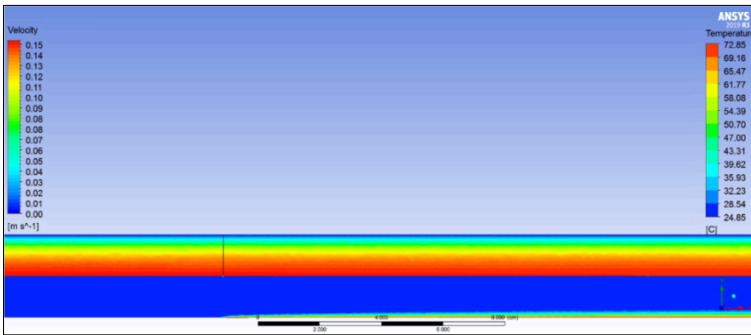


Şekil 1. Üç Durumun Sınır Şartlarının Şematik Gösterimi: 1. Durum Hidrodinamik Gelişmiş ve Isıl Gelişmekte; 2. Durum Hidrodinamik Gelişmiş ve Kısmen Isıl Gelişmiş; 3. Durum Hidrodinamik ve Isıl Gelişmekte

## NÜMERİK ANALİZ SONUÇLARI

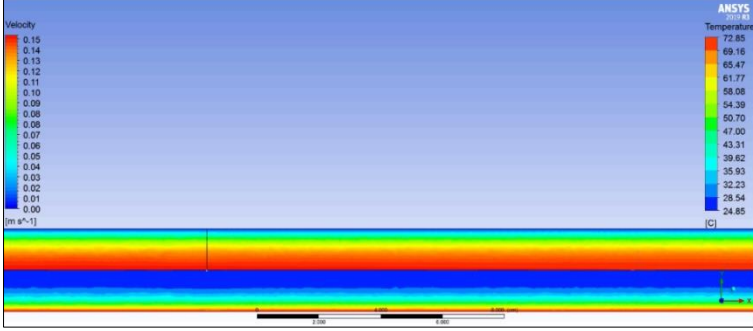
### Laminer Bölge için Hız ve Sıcaklık Grafikleri

Bu çalışmada Laminer bölgedeki hidrodinamik (hız) ve ısı (sıcaklık) sınır tabaka değişimini belirlemek için  $Re=2300$  değerinde nümerik analizler yapılmıştır. Analizlerin sonuçları borunun üst kısmı için hız grafiği, alt kısmı için sıcaklık grafiği olacak şekilde her iki sınır tabaka gelişiminin birlikte gözlenmesi için beraber aynı şekilde paylaşılmıştır. Her üç durum verileri Laminer akış için aşağıdaki gibidir.



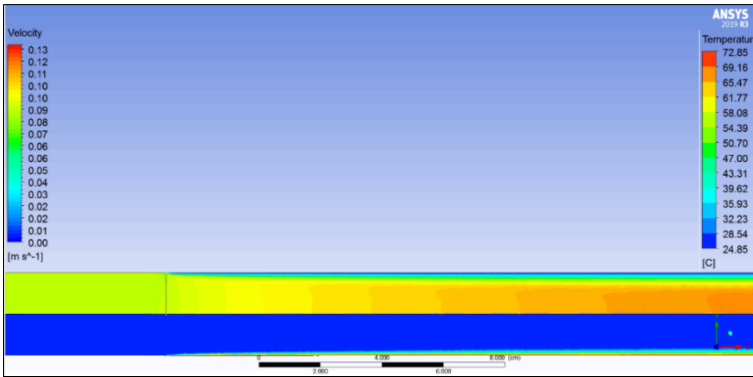
Şekil 2. Hidrodinamik Gelişmiş ve Isıl Gelişmekte olan Durum için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (1.Durum Laminer Akış,  $Re=2300$ )

Şekil 2’de Laminer akış için, borunun üst yarısında gösterilen hız profilinde hidrodinamik gelişmişlik sağlandığından dolayı önemli değişik gözlenmemiştir. Borunun alt yarısında ise test bölgesinde ısıl tabaka gelişmeye başladığı için sıcaklık etkisiyle ısıl sınır tabaka kalınlaşmaya başlamıştır.



Şekil 3. Hidrodinamik Gelişmiş ve Kısmen Isıl Gelişmiş Durum için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (2.Durum Laminer Akış,  $Re=2300$ )

Şekil 3’de Laminer akış için, test bölgesinden önceki bölgede (giriş bölgesi) hidrodinamik sınır tabaka ve ısıl sınır tabakada birlikte gelişmeye başlamıştır. Bu durumda test bölgesinde gelişmiş hız sınır tabaka ve kısmen gelişmiş ısıl sınır tabaka görülmüştür. Test bölgesinde hız profilleri değişmezken ısıl sınır tabaka test borusu boyunca kalınlaşmaktadır.

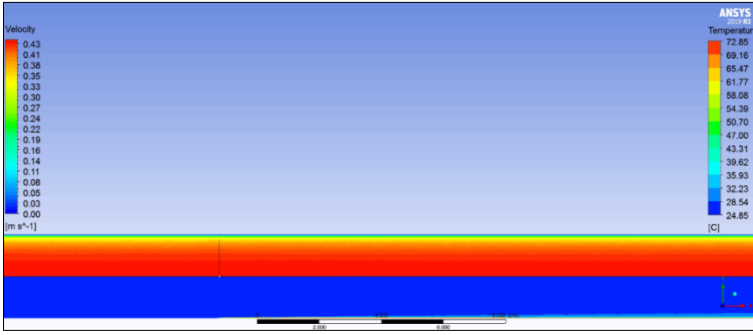


Şekil 4. Hidrodinamik ve Isıl Gelişmekte olan Durumu için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (3. Durum Laminer Akış,  $Re=2300$ )

Şekil 4’de laminer akış için, akış test bölgesinin girişinden itibaren hem hız sınır tabaka hem de ısı sınır tabaka olarak gelişmeye başlamıştır. Isıtılan bu test bölgesinde her iki sınır tabaka kalınlığı artarak ilerlemektedir. Laminer akışta en yüksek ısı iyileşme bu durumda gerçekleşmiştir.

### **Türbülanslı Bölge için Hız ve Sıcaklık Grafikleri**

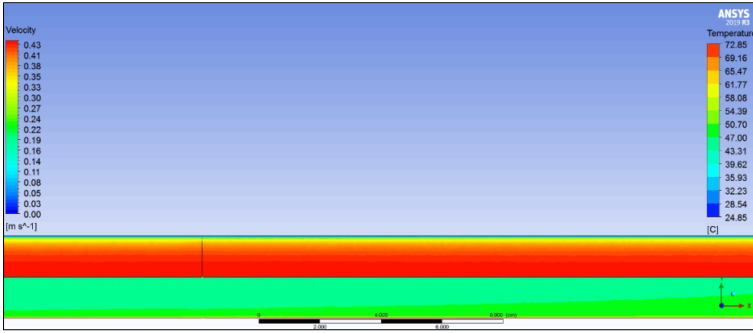
Türbülanslı bölgede sınır tabakaların gözlenmesi için  $Re=10000$  değerinde nümerik analizler yapılmış, hız ve sıcaklık grafikleri üç farklı durum için aşağıdaki gibi elde edilmiştir.



*Şekil 5. Hidrodinamik Gelişmiş ve Isıl Gelişmekte olan Durum için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (1. Durum Türbülans Akış,  $Re=10000$ )*

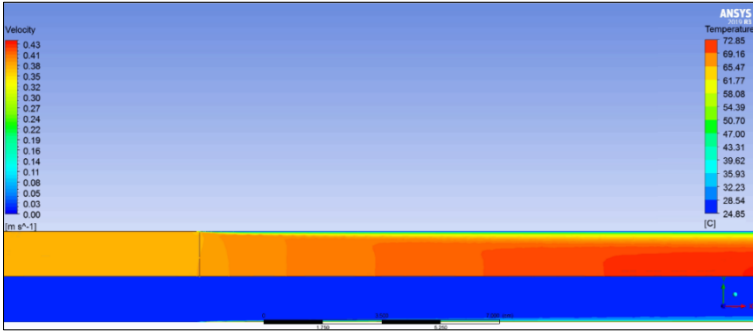
Şekil 5’de türbülanslı akış için, borunun üst yarısında gösterilen hız profillerinde hidrodinamik gelişmişlik sağlandığından dolayı hız profillerinde önemli değişiklik gözlenmemiştir. Hız şekilleri laminer akış ile kıyaslandığında boru yüzeyinden merkeze doğru uzaklaşıldığında maksimum hıza daha erken ulaşıldığı gözlenmiştir. Borunun alt yarısında ise ısı gelişmeye test bölgesinde başladığı için sıcaklık etkisiyle ısı sınır tabaka kalınlaşmaya başlamıştır.





Şekil 6. Hidrodinamik ve Kısmen Isıl Gelişmiş Durumu için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (2. Durum Türbülans Akış,  $Re=10000$ )

Şekil 6’da ise türbülanslı şartlarda sıcaklık sınır şartı giriş bölgesinden itibaren tanımlandığı için, test bölgesinde gelişmiş hız sınır tabaka ve kısmen ısıl gelişmiş sınır tabaka gerçekleşmiştir. Hız profilleri test bölgesinde sabittir. Türbülanslı akış verileri, laminar akış bölgesi ile kıyaslandığında hız değerinin borunun yüzeyinden merkezine doğru maksimum değerine daha erken ulaştığı gözlenmiştir.



Şekil 7. Hidrodinamik ve Isıl Gelişmekte olan Durum için Paylaşılan Hız ve Sıcaklık Grafikleri (3. Durum Türbülans Akış,  $Re=10000$ )

3. Durumda türbülanslı akış için, hız sınır tabaka ve ısıl sınır tabaka test bölgesinden itibaren gelişmeye başladığı için her iki sınır tabaka test bölgesinden itibaren kalınlaşmaya başlamıştır. Bu durumda ısı transferinde artış diğer türbülanslı durumlara göre (1. ve 2. duruma göre) daha fazla olmuştur.

## LİTERATÜRDE MEVCUT OLAN KORELASYONLAR

Hidrodinamik ve ısıl olarak gelişen ve gelişmiş akış bölgeleri için literatürde mevcut olan sürtünme faktörleri ve Nusselt sayısı korelasyonları, elde edilen nümerik sonuçlarla karşılaştırılmak üzere bu çalışmada kullanılmıştır. Literatürde mevcut olan ve bu çalışma parametrelerine göre seçilmiş bazı korelasyonlar sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı olmak üzere iki alt başlık altında sunulmaktadır.

### **Sürtünme Faktörü Korelasyonları**

Yapılan bu çalışmada Reynolds sayısı 250-4000 arasında laminer akış bölgesinde, ANSYS FLUENT yardımıyla laminer akış modeli ile hesaplanan sürtünme faktörü verileri, bu aralıkta önerilen literatürdeki bazı korelasyonlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmada kullanılan korelasyonlardan biri olan Blasius (1913) korelasyonu laminer akış rejimi için ( $Re \leq 10^5$ ) önerilmiş olup (1.6) numaralı denklem ile sunulmuştur.

$$f = 0,316Re^{-1/4} \quad (1.6)$$

Laminer akış rejimi için kullanılacak bir diğer sürtünme faktörü korelasyonu Konakov (1946) korelasyonu olup (1.7) numaralı denklem ile ifade edilmiştir.

$$f = (1,8\log Re - 1,5)^{-2} \quad (1.7)$$

Reynolds sayısı 4000-40000 aralığında akışın türbülanslı olduğu bölgede k-ε türbülans modeli ile nümerik olarak hesaplanan sürtünme faktörü verileri, bu aralıkta önerilen literatürdeki bazı korelasyonlarla kıyaslanmıştır. Türbülanslı akış rejimi için kullanılacak sürtünme faktörü korelasyonlarından biri olan Colebrook (1939) korelasyonu bu çalışma için uygun Reynolds aralığında ( $4000 \leq Re \leq 10^8$ ) olduğu için seçilmiştir. Colebrook vd., (1939) korelasyonu denklem (1.8) ile ifade edilmiştir.

$$f = (1,8\log \frac{Re}{6,9})^{-2} \quad (1.8)$$

Türbülanslı akış rejimi için kullanılabilir (3000 ≤ Re ≤ 10<sup>8</sup>) bir diğer sürtünme faktörü korelasyonu olan Fang vd. (2011) korelasyonu aşağıdaki gibidir.

$$f = 0,25 \left[ \log \left( \frac{150,39}{Re^{0,98865}} - \frac{152,66}{Re} \right) \right]^{-2} \quad (1.9)$$

### **Nusselt Sayısı Korelasyonları**

Reynolds sayısı 250-4000 arasında laminer akış bölgesinde ANSYS Fluent yardımıyla laminer akış modeli ile hesaplanan Nusselt sayısı verileri, bu aralıkta önerilen literatürdeki korelasyonlarla kıyaslanmıştır. Laminer akış rejimi için uygun aralıkta önerilen Petukhov (1967) korelasyonu (1.10) ve (1.11) numaralı denklemler ile gösterilmiştir. Bu korelasyon sadece 1. ve 2. durumdaki nümerik analiz verileri ile kıyaslanmıştır.

$$Gz = Re Pr \frac{D_i}{L} \quad (1.10)$$

$$Nu = \begin{cases} 3,567 + 0,2355 Gz \int_0^{\frac{1}{Gz}} \exp(-57,2 L) L^{-0,488} dL & Gz \leq 10^3 \\ 1,615 Gz^{1/3} - 1,7 & Gz > 10^4 \end{cases} \quad (1.11)$$

Bu çalışmada 3. durum için (1.12) ve (1.13) numaralı denklemler ile ifade edilmiş olan Stephan (1959) ve Hausen (1959) tarafından önerilen korelasyonlar kullanılmıştır. Ayrıca Petukhov (1967) ve Ebadian ve Dong, (1998) çalışmalarını sabit sıcaklık şartında Stephan (1959)'ın denklemine benzeterek korelasyonlarını basitleştirmişler ve bu korelasyonu (1.14) numaralı denklem ile sunmuşlardır. (1.12), (1.13) ve (1.14) numaralı denklemler ile ifade edilen korelasyonlar, ANSYS Fluent'ten laminer akış modeli ile elde edilen nümerik analiz verileri ile kıyaslanmıştır.

$$Nu = 3,657 + \frac{0,0677 Gz^{1,33}}{1+0,1 Pr^{0,17} Gz^{0,83}} \quad (1.12)$$

$$Nu = 3,66 + \frac{0,19 Gz^{0,8}}{1+0,117 Gz^{0,467}} \quad (1.13)$$

$$Nu = 3,657 + \frac{0,06 Gz^{1,117}}{1+0,031 Pr^{0,08} Gz^{0,779}} \quad (1.14)$$

Reynolds sayısı 4000-40000 aralığında türbülans akış bölgesinde k-ε türbülans modeli yardımıyla hesaplanan Nusselt sayısı verileri, bu aralıkta önerilen literatürdeki korelasyonlarla kıyaslanmıştır.

Türbülanslı akış rejiminde ilk olarak çalışma için uygun aralıkta olan (1.15) numaralı denklemde yer verilen Gnielinski (1976) korelasyonu tercih edilmiştir. Bu bölge için (1.16) numaralı denklemde yer verilen Hausen (1959), (1.17) ve (1.18) numaralı denklemlerde yer verilen Churchill (1977) korelasyonları da tercih edilmiştir. Ayrıca (1.19) numaralı denklemde bulunan Ditus Boelter (1930) korelasyonu ise sadece önerildiği  $Re > 10000$  aralığı için kullanılmıştır.

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re-1000)Pr}{1+12,7\left(\frac{f}{8}\right)^{1/2}(Pr^{2/3}-1)} \left[1 + \left(\frac{d}{x}\right)^{2/3}\right] \left(\frac{\mu_b}{\mu_s}\right)^{0,11} \quad (1.15)$$

$$Nu = 0,037(Re^{0,75} - 180)Pr^{0,42} \left[1 + \left(\frac{d}{x}\right)^{2/3}\right] \left(\frac{\mu_b}{\mu_s}\right)^{0,14} \quad (1.16)$$

$$Nu = 6,3 + \frac{0,079(f/2)^{1/2}Re Pr}{(1+Pr^{4/5})^{5/6}} \quad (1.17)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,21 \ln \left(\frac{Re}{7}\right) \quad (1.18)$$

$$Nu = 0,023Re^{0,8}Pr^{0,4} \quad (1.19)$$

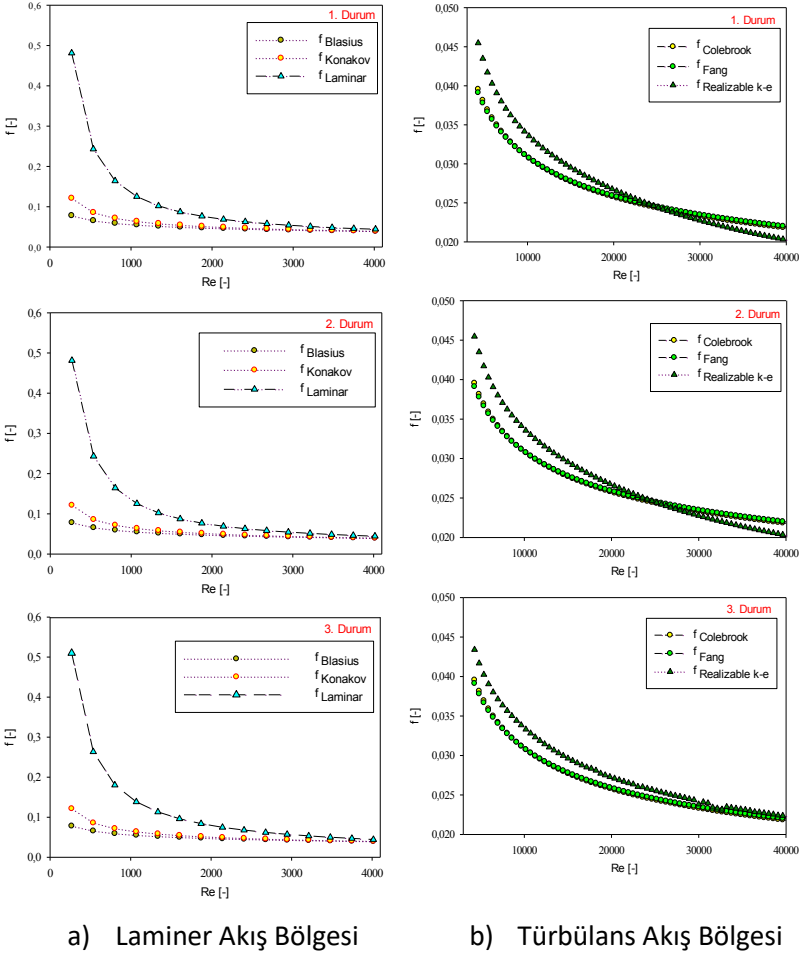
## NÜMERİK ANALİZ SONUÇLARININ KORELASYONLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

### *Sürtünme Faktörü*

Üç farklı durumda modellenen test bölgesi verilerinden sürtünme faktörünü hesaplamak için test bölgesi giriş ve çıkışlarında basınç değerlerinden basınç düşümleri belirlenmiştir. Daha sonra hesaplanan bu basınç düşümlerinden (1.20) numaralı denklemde gösterilen Darcy-Weisbach (Brown, 2003) eşitliğinden sürtünme faktörleri ( $f$ ) belirlenmiştir.

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (1.20)$$

Darcy-Weisbach eşitliğinden belirlenen sürtünme faktörleri laminer ve türbülanslı akış bölgelerinde üç ayrı durum için ayrı ayrı hesaplanıp, değişen Reynolds sayısı değerlerine göre Şekil 8'de paylaşılmıştır. Ayrıca Şekil 8'de görüldüğü gibi nümerik sonuçlar korelasyonlar ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 8. a) Laminer ve b) Türbülanslı Akış Durumları İçin Gelişen Ve Gelişmiş Akış Şartlarında Sürtünme Faktörleri

Laminer bölgede sürtünme faktörleri için nümerik analiz verileri korelasyonlarla kıyaslandığında  $Re=250$  değerinde en yüksek fark görülmüştür. Reynolds sayısı arttıkça bu fark azalmış ve  $2300 \leq Re \leq 4000$  aralığında sürtünme faktörleri birbirine yakın değerler almıştır. Laminer bölgede, sürtünme faktörü için 2. ve 1. durum kıyaslandığında fark görülmemiş, 3. durumda ise 1. duruma göre %10'lara ulaşan artış gözlenmiştir.

Türbülanslı bölge için grafikler benzer eğilimlerde olsalar da 1. ve 2. durumlarda belli bir Reynolds değerine kadar nümerik veriler korelasyonlardan bir miktar yüksek değer göstermektedir, daha sonra tersi durum söz konusu olmuştur. 3. Durumda ise nümerik veriler korelasyonlardan bir miktar yüksek değerler göstermiş ve bu fark Reynolds sayısı arttıkça azalmıştır.

Türbülanslı bölgede sürtünme faktöründe 1. ve 2. durumda değişim görülmemiş, 3. durumda ise 1. duruma göre önce %5'e ulaşan azalış, sonra %10'a ulaşan artış görülmüştür.

### **Nusselt Sayısı**

Üç farklı durumda modellenen test bölgesi verilerinden Nusselt sayısını hesaplamak için test bölgesinde ısı transferi belirlenmiştir. Ayrıca logaritmik ortalama sıcaklık farkını belirlemek için akışkanın test bölgesi giriş ve çıkışlarında sıcaklık değerleri ve test bölgesi yüzey sıcaklığı dikkate alınmıştır. (1.21) Numaralı denklem yardımıyla ısı transfer katsayıları ( $h$ ) elde edilmiştir.

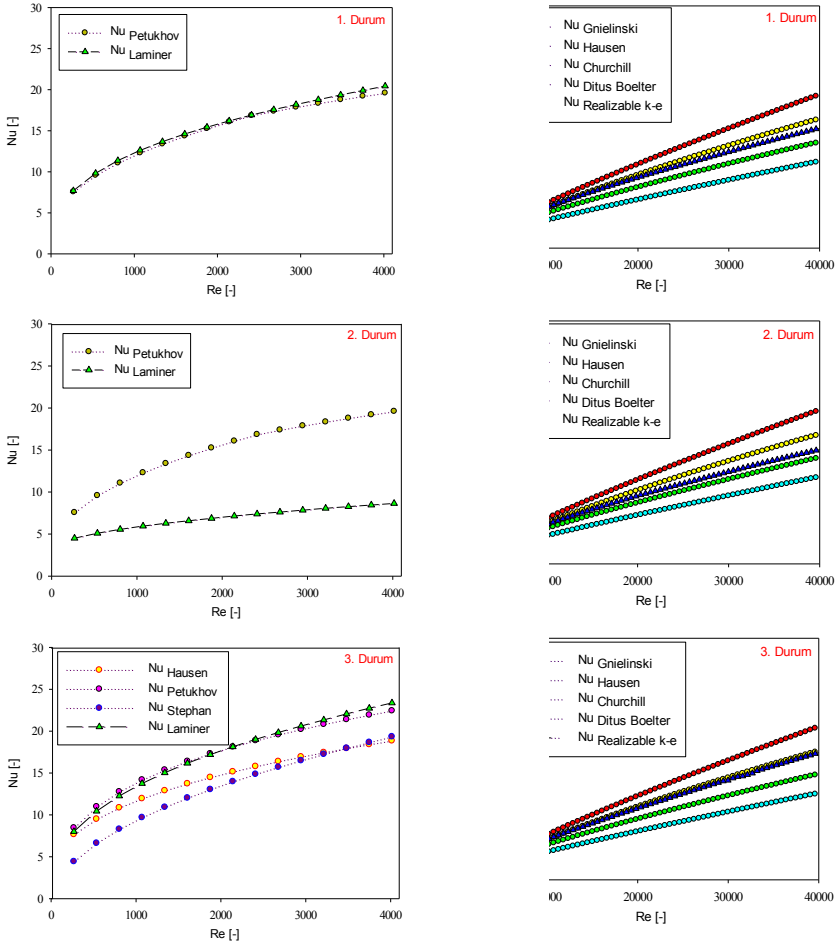
$$\dot{Q} = h A_s \Delta T_{ln} \quad (1.21)$$

Isı transfer katsayıları hesaplandıktan sonra (1.22) numaralı denklem yardımıyla her üç farklı durumda Nusselt sayısı, laminar ve türbülans akış bölgeleri için ayrı ayrı hesaplanıp, değişen Reynolds sayısı değerlerine göre Şekil 9'da paylaşılmıştır.

$$Nu = \frac{h D}{k} \quad (1.22)$$

Laminar bölgede nümerik analiz sonucunda hesaplanan Nusselt değerleri korelasyonlarla kıyaslandığında 1. ve 3. durumda Petukhov (1967) korelasyonlarıyla uyumlu iken, 2. durumda ise nümerik veriler söz konusu korelasyonu karşılayamamıştır.

Laminar bölgede Nusselt sayısı, 2. durum ile 1. durum kıyaslandığında % 41-57 arasında kötüleşme hesaplanmışken, 3. durum ile 1. durum kıyaslandığında ise %4-14 arasında iyileşme gerçekleşmiştir.



a) Laminer Akış Bölgesi

b) Türbülans Akış Bölgesi

Şekil 9. a) Laminer ve b) Türbülanslı Akış Durumları İçin Gelişen Ve Gelişmiş Akış Şartlarında Nusselt Değerleri

Türbülanslı bölgede ise nümerik veriler 1. durumda Hausen (1959) korelasyonu ile, 2. durumda ise Ditus Bolter (1930) korelasyonu ile benzerlik göstermiştir. 3. Durumda nümerik veriler Hausen (1959) korelasyonu ile oldukça uyum içerisinde.

Türbülanslı bölgede Reynolds sayısı aralığı 4000-40000 için Nusselt sayısı 2. durum ile 1. durum kıyaslandığında % 4-7 arasında kötüleşme

hesaplanmışken, 3. durum ile 1. durum kıyaslandığında ise önce %6'lere varan kötüleşme daha sonra %6'lere varan iyileşme görülmüştür.

## SONUÇ

Bu çalışma ısı değiştiricilerinde ısı transferini artırmak, basınç düşümünü azaltmak ve buna bağlı olarak uygun pompa seçimi yapmak üzere yürütülmüştür. Literatürde yapılan boru içi zorlanmış taşınım çalışmalarında mikro-kanatların etkisi araştırılırken düz boru üzerinde yeterli çalışma yapıldığı düşünülerek çalışmalar kanatlı boru üzerine yoğunlaşmıştır. Boru içinde türbülator görevi üstlenen mikro-kanatların ısı transferini artırarak enerji verimliliğinde önemli bir etkisi vardır. Bu çalışmada mikro-kanat kullanılmadan düz boruda farklı giriş şartlarında basınç düşümü ve ısı transferi sırasıyla sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı cinsinden araştırılmıştır. Akışın hidrodinamik ve ısı olarak gelişen ve gelişmiş bölgelerde olmasının ısı transferi ve basınç düşümü üzerine etkisini araştırmak için üç farklı sınır tabaka modeli (üç durum) oluşturulmuştur. Bunlardan 1. durum test bölgesinde hidrodinamik olarak gelişmiş ve ısı olarak gelişmekte olan koşullardır. 2. Durumda hidrodinamik gelişmiş ve ısı kısmen gelişmiş şart dikkate alınmıştır. 3. Durumda ise akış test bölgesinde hidrodinamik ve ısı birlikte gelişmektedir.

En iyi ısı transferi 3. durumda gözlenirken, en düşük ısı transferi ise 2. durumda gözlenmiştir. Sürtünme faktörleri dikkate alındığında ise 1. durum ve 2. durum aynı değerlere sahip iken, 3. durumda ise diğer durumlara göre daha büyük sürtünme faktörü değerleri elde edilmiştir.

Bu çalışma düz boru içinde gerçekleşen akış için yürütülmüştür. Gelecekteki çalışmalarda ısı transferini daha fazla artırmak için boru içine farklı geometriler yerleştirerek ve bu çalışmada oluşturulmuş olan üç sınır tabaka modelini de kullanarak araştırmalar yapılabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada danışmanlık ederek, yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan Sayın Prof. Dr. Sebiha Yıldız başta olmak üzere çalışma süresince ve diğer zamanlarda yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Alişan Gönül ve Sayın Prof. Dr. İsmail Cem Parmaksizoğlu'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimizi sunarız.



## KAYNAKÇA

Abraham, J. P., Sparrow, E. M. ve Tong, J. C. K. (2009). Heat transfer in all pipe flow regimes: laminar, transitional/intermittent, and turbulent. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52 (3-4), 557-563.

Blasius, P. R. H. 1913, "Das Aehnlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten," in *Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens*, Springer Berlin Heidelberg, 1-41.

Brown, G. O. (2003). The history of the Darcy-Weisbach equation for pipe flow resistance. In *Environmental and water resources history*, 34-43.

Celen, A., Dalkilic, A. S. ve Wongwises, S. (2013). Experimental analysis of the single phase pressure drop characteristics of smooth and microfin tubes. *International communications in heat and mass transfer*, 46, 58-66.

Cengel, Y. (2014). *Heat and mass transfer: fundamentals and applications*. McGraw-Hill Higher Education.

Churchill, S. W. (1977). Comprehensive correlating equations for heat, mass and momentum transfer in fully developed flow in smooth tubes. *Industrial ve Engineering Chemistry Fundamentals*, 16 (1), 109-116.

Colebrook, C. F., Blench, T., Chatley, H., Essex, E. H., Finnicome, J. R., Lacey, G., ... ve Macdonald, G. G. (1939). Correspondence. turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws.(includes plates). *Journal of the Institution of Civil engineers*, 12 (8), 393-422.

Dittus, F. W. (1930). Heat transfer in automobile radiators of the tubler type. *Univ. Calif. Pubs. Eng.*, 2, 443.

Ebdian, M. A., & Dong, Z. F. (1998). Forced convection, internal flow in ducts. *Handbook of heat transfer*, 5.

Fang, X., Xu, Y. ve Zhou, Z. (2011). New correlations of single-phase friction factor for turbulent pipe flow and evaluation of existing single-phase friction factor correlations, in *Nuclear Engineering and Design*, 241 (3), 897-902.

Gnielinski, V. (1976). New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow. *Int. Chem. Eng.*, 16 (2), 359-368.

Hausen, H. (1959). 2011Neue Gleichungen für die Wärmeübertragung bei freier oder erzwungener Stromung. *Allg. Waermetech*, 9, 75-79.

Incropera, F. P., Lavine, A. S., Bergman, T. L. ve DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer*. Wiley.

Jacimovic, B., Genic, S. ve Lelea, D. (2018). Calculation of the heat transfer coefficient for laminar flow in pipes in practical engineering applications. *Heat Transfer Engineering*, 39 (20), 1790-1796.

Konakov, P. K. (1946). A new correlation for the friction coefficient in smooth tubes. *Berichte der Akademie der Wissenschaften der UDSSR*, 51, 51.

Li, L., Cui, W., Liao, Q., Mingdao, X., Jen, T. C. ve Chen, Q. (2005). Heat transfer augmentation in 3D internally finned and microfinned helical tube. *International journal of heat and mass transfer*, 48 (10), 1916-1925.

Petukhov, B. S. (1967). Heat Transfer and Resistance in Laminar Flow of Liquid in Tubes. *E' nergiya, Moscow*.

Shad Al, S. I. ve Malipatil, (2018). M. A. S. Investigation of Heat Transfer in Helically Grooved Pipe Using Cfd. *Benefits*, 2, 17.

Stephan, K. (1959). Wärmeübergang und Druckabfall bei nicht ausgebildeter Laminarströmung in Rohren und in ebenen Spalten. *Chemie Ingenieur Technik*, 31 (12), 773-778.

Zheng, N., Liu, P., Shan, F., Liu, Z. ve Liu, W. (2017). Turbulent flow and heat transfer enhancement in a heat exchanger tube fitted with novel discrete inclined grooves. *International Journal of Thermal Sciences*, 111, 289-300.

# **Nanoyapılı Molibden Oksitin Değişen Hidrotermal Parametrelerinde Sentezi ve Lityum-İnterkalasyon Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

**Billur Deniz Karahan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-7839-2222)*

**Eren İnel**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0003-4127-1803)*

## GİRİŖ

Günümüzde, taşınabilir elektronik cihazların ve elektrikli araçların yaygınlaşması ile enerji depolama teknolojilerine duyulan ilgi artmaktadır. Lityum iyon batarya (LİB) teknolojisi ise 1990 yılında ilk defa ticarileşmiş olmasına rağmen 2027’de 129 milyar dolarlık pazar payına sahip olması beklenen bir ürün olarak hem araştırmacıların hem de endüstrinin dikkatini çekmektedir. Geçmiş 30 yıl içerisinde LİB’ların performansını geliştirme üzerine yapılmış çalışmalar incelendiğinde temelde malzeme ve hücre tasarımı üzerine oldukları görülmektedir. Bu çalışmada da malzeme ve proses tasarımı kriterleri temel alınmak suretiyle öncelikle batarya teknolojisinde anot olarak kullanımının inceleneceği uygun malzeme seçimi literatür incelemesi sonucunda yapılmış, sonra söz konusu molibden oksit malzemesinin üretim metotları analiz edilerek bu araştırma kapsamında hidrotermal sentez yöntemi ile üretilmesi tercih edilmiştir. Bu çerçevede metnin ilk bölümünde, molibden oksit nanopartikül oluşumu ve büyümesinin doğası hakkında bilgi edinmek amaçlı bir hidrotermal proses haritası eldesi hedeflenmiştir. Burada proses sıcaklığı, süresi, otoklav doldurma oranı, asit tipi ve prekürsör çözeltilsinin yaşlanması toz oluşumuna etkileri elde edilen molibden oksit tozun morfolojik ve yapısal analiz sonuçlarına göre tartışılmıştır. Daha sonra, makalenin ikinci bölümünde, farklı parametrelerde üretilmiş tozların lityum iyon bataryalarda anot malzemeleri olarak olası kullanımları, yarı hücrelerin kapasite-çevrim eğrileri gözlenerek incelenmiştir. Sonuçlar, değişen proses parametrelerinin malzeme özelliklerine etkisini göz önüne alarak, LİB teknolojisinde kullanılacak uygun anot malzemesi sentezinin mümkün olabileceğini göstermektedir.

## LİTERATÜR TARAMASI

Yeniden şarj edilebilir lityum iyon piller (LİB’ler), yeşil enerji depolama teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Son zamanlarda, yüksek enerji yoğunlukları ve uzun raf ömürleri nedeniyle hem akademi hem de endüstride büyük önem kazanmışlardır. Ancak günümüzde ticari bataryalarda sıklıkla kullanılan grafit sergilediği sınırlı kapasite sebebiyle (372 mAsa/g), kullanılan bataryaların müşterilerin artan enerji ihtiyacına karşılık vermemesine neden olmaktadır. Bu durum alternatif elektrot malzemesi tasarımı ve üretimi üzerine çalışma yapılmasına neden olmaktadır. Alternatif malzemeler

arasından geçiş metal oksitleri yapılarında bulunan geçiş metallerinin birden çok değerliliğe sahip olmaları ve yüksek teorik kapasite sergilemeleri nedeniyle gelecekte grafit yerine kullanılabilir, ümit vaat eden malzemeler olarak tanımlanmalarına sebep olmaktadır (Zheng vd., 2018).

Molibden oksit ise göreceli olarak sergilediği çevre dostu özellikleri ve yüksek teorik kapasitesi ile lityum iyon batarya uygulamalarında dikkat çekmektedir. Fakat, lityumla reaksiyon sırasında yüksek hacimsel dönüşüm (~%90) sergilemesi ve çok düşük reaksiyon kinetiğine sahip olması ticari olarak kullanımını sınırlandırmaktadır (Li vd, 2016; Hassan vd., 2010).

Kristal yapı analizleri molibden oksitin oda sıcaklığında üç farklı fazda olabileceğini göstermiştir: ortorombik ( $\alpha$ ), monoklinik ( $\beta$ ) ve hegzagonal (h). Bunların arasında, termodinamik olarak kararlı tek faz  $\alpha$ -MoO<sub>3</sub>'tür. Bu yapı, Mo atomunun bozulmuş bir oksijen oktahedronu ile çevrili olduğu MoO<sub>6</sub> katmanlarını içerir. Bu oktahedral yapılar [001] kristal doğrultu boyunca kenarları ile birbirine bağlıdır. Bu katmanların Van der Waals kuvveti tarafından bir arada tutulması gerçeği, molibden oksitin genelde bir boyutlu (1D) olmasına ve teorik olarak Li ile reaksiyona girdiği durumda Li'un katmanlarının arasından geçerek, yapıdaki oktahedral boşluklara kolaylıkla ulaşmasına neden olur. Dolayısıyla, "bu çift katmanlı düzlemsel" yapı ve Mo'in çoklu değerliliklere sahip olması (Nadimicherla vd, 2016; Lou ve Zeng, 2002; Hassan vd., 2010) molibden oksit yapısından teoride grafitten daha yüksek performans eldesi beklentisine sebep olmaktadır.

Bahsi geçen bu performans avantajından yararlanabilmek için çeşitli yöntemlerle farklı şekil ve boyutta molibden oksit tozlar üretilmiştir. Sonuçlar kitle ('bulk') molibden oksitlerin yapısına lityum iyonlarının ekleme-tipi ('insertion type') reaksiyon mekanizmasını takiben girmesi sonucu anottan 250 mAsa/g, nano boyutta molibden oksit tozlarının anot olarak kullanımı durumunda gerçekleşen dönüşüm tipi ('conversion-type') reaksiyon mekanizması sonucu ise anottan 1000 mAsa/g civarında teorik kapasite elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir.

Yapılan incelemelerde her ne kadar teoride nano boyutta üretilen anot malzemelerinin artan yüzey alanları ve düşük katı difüzyon yol mesafeleri sebebiyle üstün performans sergileyecekleri ifade edilmiş

olsa da pratikte artan elektrot yüzey enerjisine bağlı (çevrim testi sırasında) meydana gelen elektrokimyasal olarak indüklenmiŖ aglomerasyon sonucu nano tozların düşük kapasite korunumuna sahip olabilecekleri de iŖaret edilmektedir (Cai ve Wang, 2009; Cao vd, 2017).

Günümüzde solvotermal (Wang vd, 2019), hidrotermal (Liu vd, 2013), manyetik sıçratma (Hwang ve Park, 2010) gibi yöntemler kullanılarak farklı özelliklerde molibden içeren anotlar üretilmiŖtir. Bu üretim yöntemleri arasından hidrotermal proses yüksek saflıkta tozların kontrol edilebilir Ŗekil ve bileŖimle, tekrarlanabilir olarak üretilmesine imkan vermesi sebebiyle bu çalıŖmada tercih edilmiŖtir. Ayrıca, hidrotermalle elde edilen tozun parçacık boyut dağılımını nispeten dar ve kristalliği yüksektir. Ancak kristalleŖme ve büyüme mekanizmaları karmaŖık olduğundan ve henüz tam olarak anlaŖılmadıęından; hidrotermal koŖullar altında parçacıkların çekirdeklenmesi, kristalleŖmesi ve büyümesi hakkında ayrıntılı araŖtırmalara büyük ihtiyaç vardır. Bu sebeple bu bölümde öncelikle tanımlanan deneysel koŖullar altında hidrotermal proses parametrelerinin (proses sıcaklığı, süresi, otoklav doldurma oranı, asit tipi ve prekürsör çözeltilsinin yaŖlanmasının) elde edilen tozun morfolojik ve yapısal özelliklerine etkisi incelenmiŖ, daha sonra elde edilen tozların anot olarak değerlendirilebilmesi için tozlardan anotlar üreterek, elektrotlar galvanostatik teste sokulmuŖtur. Sonuçlar deęiŖen proses parametrelerine bağlı tozların özelliklerinin farklılaŖabileceęini, bu durumun da anot performansını etkilediğini göstermektedir.

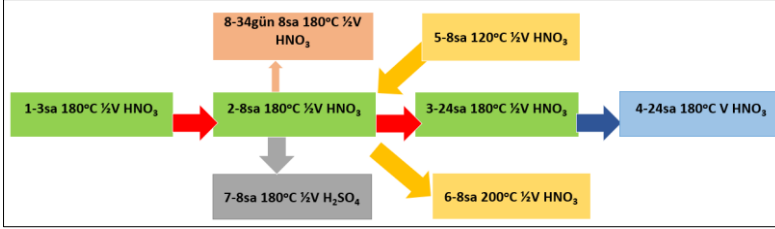
## **MALZEMELER VE METOT**

Bu baŖlık kapsamında öncelikle sentez daha sonra karakterizasyon için uygulanan prosedürler detaylı olarak tanımlanacaktır.

### ***Sentez Prosedürü***

Bu çalıŖmada analitik kalitede amonyum heptamolibdat (AHM. Merck: 1.01180.0250), nitrik asit (% 65 HNO<sub>3</sub>, Merck 1.00456.2500) sülfürik asit (% 95-98 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Merck: 1.00713.2500) ve teknik kalitede etil alkol kullanılmıŖtır. Proses sıcaklığı, süresi, otoklav doldurma oranı, asit tipi ve öncül çözeltilinin yaŖlanmasının etkilerini analiz etmek için sekiz farklı deney yapılmıŖtır. Ŗekil 1 bu çalıŖma için tasarlanan

haritayı ve Tablo 1 her numunenin deneysel parametrelerini göstermektedir.



Şekil 1. Hidrotermal yöntemle molibden oksit toz üretimine dair proses haritalaması

Molibden oksit üretiminde her deney için taze çözelti hazırlanmıştır: 2g AHM, 20 ml suda manyetik bir karıştırıcı ile 30 dakika süreyle karıştırılırken, diğer bir manyetik karıştırıcı üzerinde 50 ml HNO<sub>3</sub> ile 180 ml distile su 30 dakika süreyle işlem görmüştür.

Tablo 1. Çalışma kapsamında üretilen tozlar ve üretim parametreleri

Numune kodu	Çözelti hacmi (ml)	Yaşlandırma	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Asit tipi
1	100	-	180	3	Nitrik Asit
2	100	-	180	8	Nitrik Asit
3	100	-	180	24	Nitrik Asit
4	200	-	180	24	Nitrik Asit
5	100	-	120	8	Nitrik Asit
6	100	-	200	8	Nitrik Asit
7	100	-	180	8	Sülfirik asit
8	100	34 gün	180	8	Nitrik Asit

Her iki çözelti de homojen hale geldiğinde, AHM içeren çözelti asidik çözelti içine dökülmüş ve karışım manyetik olarak (500 rpm) 2 saat karıştırılmıştır. Yaşlandırma işlemi için ise hidrotermal öncesi, yukarıda bahsedildiği şekilde hazırlanmış karışım oda sıcaklığında, ağzı kapalı cam bir kap içerisinde 34 gün boyunca bekletilerek hazırlanmıştır. Karışım hazır olduğunda, Tablo 1'de sunulan deney planına uygun olarak, belirli bir miktarda çözelti paslanmaz çelik reaktöre (200 ml iç hacime sahiptir) aktarılmıştır. Deney süresince reaktör ağzı sıkıca kapalı olacak şekilde elektrikli bir fırına yerleştirilmiştir. Hidrotermal işleminden sonra reaktör fırından çıkarılmış ve oda sıcaklığında soğutulmuştur. Daha sonra çökeltiler, üç

kez (30 dakika boyunca 6500 rpm) distile su ve etanol ile santrifüjde yıkanmış, toplanan tozlar gece boyunca 80°C'de hava atmosferinde kurutulmuştur.

### ***Morfolojik ve Yapısal Karakterizasyon***

Tozların kristal yapısı,  $2\theta = 20^\circ - 80^\circ$  arasında değişen  $2^\circ/\text{dk}$ 'lık bir tarama hızıyla  $\text{CuK}\alpha$  radyasyonu kullanılarak Bruker D2 Phaser ile analiz edilmiştir. Yapının morfolojisi, taramalı elektron mikroskobu (Zeiss Gemini 500) ile gözlemlenmiştir.

### ***Elektrokimyasal Karakterizasyon***

Tozların elektrokimyasal performanslarını analiz etmek için önce anotlar hazırlanmış, ardından yarım hücreler oluşturulmuştur. Üretilen tozlar, hazırlanacak çamurda aktif malzemeyi temsil etmektedir. Ağırlıkça% 80 aktif madde, % 10 poliviniliden florür (PVDF) (N-Metil piperidon (NMP) içinde çözülmüş) ve % 10 Süper P65 ile karıştırılmıştır (Thinky ARE250). Çamur homojen hale geldiğinde Dr Blade yöntemi ile bakır folyo üzerine dökülmüştür. Daha sonra anot, vakumlu bir elektrikli fırında gece boyunca 70°C'de kurutulmuştur, ardından 30 mikron kalınlığa indirilmek için haddelenmiştir.

Söz konusu malzemenin anot olarak test edilmesi için CR2032 standartlarına uygun olarak düğme piller koşullandırılmış ortamda (MBraun, Labmaster) kapatılmıştır. Pil kapatma işlem süresince ortamdaki su ve oksijen miktarı 1 ppm'in altında olarak belirlenmiştir. Yarı hücre içerisinde katot olarak lityum metal, seperatör olarak Celgard 2400, elektrolit olarak 1M  $\text{LiPF}_6$  içeren dimetil karbonat: etilen karbonattan (DMC: EC) içeren standart çözelti kullanılmıştır. Hücrelerin galvanostatik performansları 50 mA/g hızında 1mV-3V (Li'a karşı) arasında ölçülmüştür.

## **TARTIŞMA**

### ***Hidrotermal Proses Parametrelerinin Molibden Oksit Toz Morfolojisi Üzerindeki Etkisi***

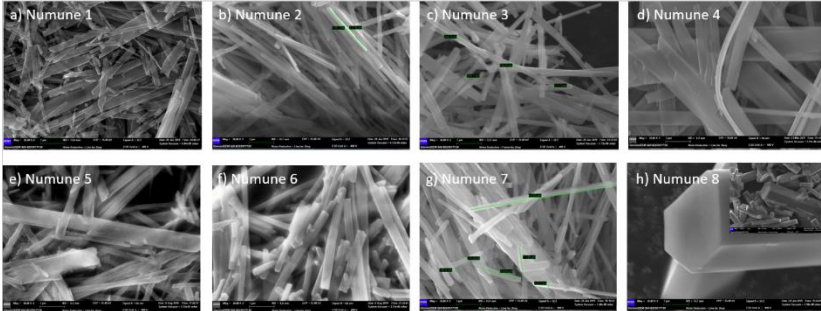
34 gün yaşlandırma işlemi sonunda cam kabın altında beyaz tuzların oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu oluşumlarla beraber sıvı çözelti reaktöre alınarak deneyler gerçekleştirilmiştir.



SEM görüntüleri hidrotermal işlem sıcaklığı, süresi, otoklav doldurma oranı, asit tipi ve çözelti yaşlanmasına göre elde edilen tozların morfolojisinin değiştiğini ortaya çıkarmaktadır (Şekil 2a-h).

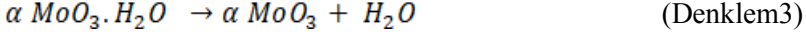
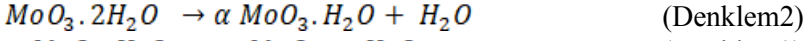
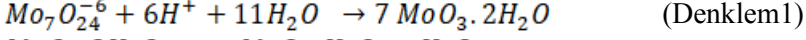
Şekil 2 a-b, 3 saat işlem sonunda önce ince cam plakaların kırılmasına benzer görüntü oluştuğunu, 8 saatte bu plakaların ince uzun çubuk şeklini (çap olarak yaklaşık  $130 \pm 10$  nm) aldığını göstermiştir. Reaksiyon süresinin 24 saate uzaması ile de çubukların çaplarının kalınlaştığı (çap olarak yaklaşık  $200 \pm 20$  nm) Şekil 2c'de gözlemlenmiştir. Öte yandan Şekil 2 c-d, otoklav % 100 dolu olduğunda reaktör içinde artan molibden iyonları ve değişen reaktör iç basıncı sebebiyle, elde edilen yapının bükülebilir özellikte, kurdeleye benzer bir oluşuma dönüştüğü görülmüştür. Bu durum diğer örneklerde bulunan çubuk benzeri morfolojiden oldukça farklıdır.

Şekil 2e, b, f ise artan işlem sıcaklığının etkisini göstermektedir:  $120^\circ\text{C}$ 'de gerçekleşen hidrotermal reaksiyon sonucu plakaya benzer şekiller elde edilirken,  $180^\circ\text{C}$ 'de nano çubuklar,  $200^\circ\text{C}$ 'de ise köşeli açısall ('angular') yapıların oluştuğu anlaşılmıştır. Bu durum, sıcakla beraber atomların ( $120$ - $180^\circ\text{C}$ 'de) yüzey difüzyon hızlarının artmasıyla ve toz morfolojilerinin homojenleşmesiyle açıklanabilir. Fakat sıcaklığın daha yüksek seviyeye çıkması ( $180$  -  $200^\circ\text{C}$ 'de) çubuk yapısından ziyade toz morfolojisinde köşeli yapıda toz eldesine neden olduğu Şekil 2f'den anlaşılmaktadır. Nitrik asit yerine sülfirik asit kullanımı sayesinde kısmen köşeli yapıda tozlar elde edildiği ise Şekil 2g'den görülmektedir. Son olarak, nitrik asitten hazırlanan öncül çözeltinin 34 gün yaşlandırılmasının ardından  $180^\circ\text{C}$ 'de 8 saat %50 dolu reaktörde işleme alınması sonucu farklı boyutlarda köşegen yapıları partiküller elde edilmektedir (Şekil 2g).



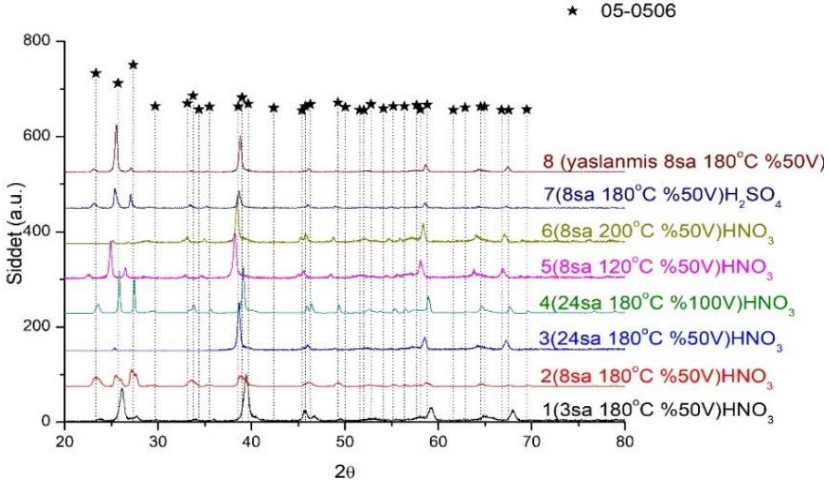
Şekil 2. SEM görüntüleri a) Numune 1, b) Numune 2, c) Numune 3, d) Numune 4, e) Numune 5, f) Numune 6, g) Numune 7, h) Numune 8

İzopolimolibdat anyonlarının ( $Mo_7O_{24}^{6-}$ ) molibden oksite dönüŖüm reaksiyonu Xia ve arkadaşları tarafından geçmiŖte önerilmiŖtir (Denklem 1-3) (Xia vd, 2006).



Bu denklemler, molibden oksit materyali imal etmek için solüsyondaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun önemini açıkça ortaya koymaktadır. DönüŖüm çok aşamalı olarak gerçekteŖtiğinden hidrotermal prosesin sıcaklığı, reaktör doluluk oranı ve reaksiyon süresinin dönüŖüm kinetiğini değıŖtirmesi beklenir. Son olarak, çözelti içerisindeki iyon konsantrasyonunun yaŖlanma süresine bağlı değıŖmesi sebebiyle öncü çözeltinin yaŖlanmasının da mekanizmayı etkilemesi beklenir.

2002'de Lou ve Zeng (2002), izopolimolibdat iyonlarını nötr molibdatlara dönüŖtürmek için oksijen gideriminin öneminden bahsetmiŖlerdir. Bu gerçekte, molibden oksit tozlarının imalatında kullanılan asit tipinin önemini vurgulamaktadır. Çünkü asidik ortamdan kaynaklanan protonlar,  $MoO_3$  ve su molekülleri (EŖitlik1) oluŖturmak için Denklem1'i takiben reaksiyon geçirmelidir. Bu noktada, monotonik asit (nitrik asit) yerine diprotonik asit (sülfürik asit) kullanımının molibden oksit oluŖumunu etkilemesi beklenmektedir. Ŗekil 3'de 8 numuneye ait XRD sonuçları tüm molibden oksit tozlarının ortorombik kristal yapısına sahip olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Kristal yapıya ait bazı piklerin farklı Ŗiddette olması, değıŖen parametrelerde dönüŖüm reaksiyon kinetiğinin ve böylece atomik dizilimin değıŖmesi Ŗeklinde açıklanabilir (Ŗekil 3).



Şekil 3. 8 farklı şekilde üretilen tozlara ait XRD verilerini göstermektedir

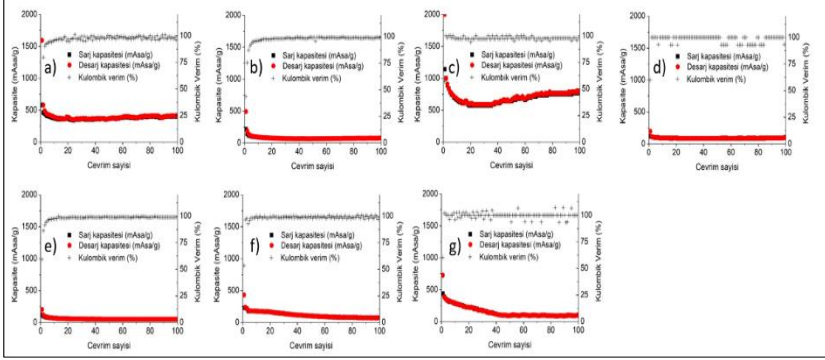
Özetle, karakterizasyon sonuçları önce molibdat içeren kompleksin asidik çözelti içinde ayrıştığını ve sonra oksitlenerek, enerji açısından uygun kristal doğrultu yüzeyinde, eksenel olarak tercihli birikmeye başladığını göstermektedir.

### **Elektrokimyasal Performans Analizi**

Şekil 4a-g, yukarıda özellikleri belirlenen ve farklı şekilde üretilen molibden oksit tozlarından üretilen anot malzemelerine ait çevrim-kapasite eğrilerini vermektedir.

Sonuçlar en küçük çapa sahip, boyutsal ve morfolojik olarak homojen özellik gösteren, çubuk morfolojisindeki 2 numaralı numune ile kurdele gibi eğrilebilen özellik gösteren 4 numaralı numunenin dikkat çekici kapasite -çevrim performansı sergilediğini ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, homojen yapıda iki boyutu nanometrik, bir boyutu mikrometrik ölçekte malzeme üretimi sayesinde hem nano hem de mikromalzemelerin avantajlarının başarıyla bir araya getirilebileceğini ortaya koymuştur (Yang vd, 2012). Bu sayede artan yüzey alan ile hem elektrolit/aktif malzeme arası temas alanı artacak hem de Li difüzyon mesafesi azalacaktır. Bu noktada, ayrıcalıklı olarak 4 numaralı numunede yapının bükülebilir olması lityumla gerçekleştirdiği reaksiyon sırasında oluşan büyük deformasyona karşı malzemenin uyum gösterebileceğini işaret etmektedir. Bu durum üstün

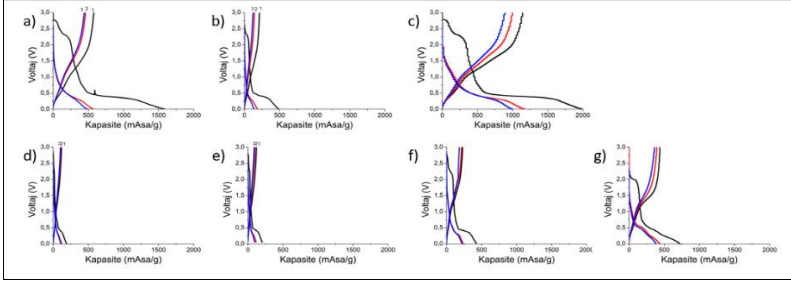
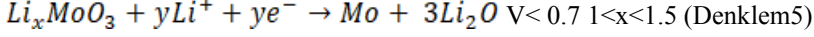
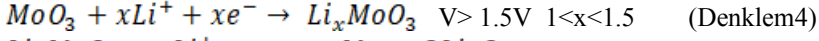
mekanik özelliklere sahip yüksek performanslı elektrotların geliştirilmesinde arzu edilen özelliklerden biri olması sebebiyle dikkat çekmektedir (Li vd, 2016).



Şekil 4. Kapasite-çevrim performansları a) Numune 2, b) Numune 3, c) Numune 4, d) Numune 5, e) Numune 6, f) Numune 7, g) Numune 8.

Şekil 5a-h ise bahsi geçen elektrotlara ait voltaj-kapasite eğrilerini vermektedir. Farklı potansiyellerde ortaya çıkan platoları Meduri ve arkadaşları (Meduri vd., 2012), nano boyutlu  $\text{MoO}_3$ 'ün lityasyonunun iki aşamada gerçekleşmesiyle açıklamışlardır: lityumla reaksiyonun ilk başlaması ile ( $>1.5\text{V}$ ) çoğunlukla tersine çevrilebilir Li interkalasyonu meydana gelir (Denklem 4). Burada Li, Mo-O'nun katman aralığında yer alır; daha sonra potansiyelin düşmesiyle  $\text{Li}_2\text{O}$  oluşturur. Burada nano ölçekli Mo partikülleri,  $\text{Li}_2\text{O}$ 'nun Li'ye katalitik olarak tersine çevrilebilir reaksiyon vermesini indükleyebildikleri için birincil öneme sahiptirler (Denklem 5). 2016 yılında çevrim testiyle eş-zamanlı sürdürülen geçirimli elektron mikroskobu (TEM) analizi sayesinde bu açıklama deneysel olarak kanıtlanmış, Li interkalasyonu sırasında öncelikle  $\text{Li}_2\text{MoO}_3$  kristalinin, daha sonra  $\text{Li}_x\text{MoO}_3$  ve en sonunda metalik Mo ve amorf  $\text{Li}_2\text{O}$  matrisinin olduğu kanıtlanmıştır (Li vd., 2016). Bu sonuçlara göre Li interkalasyonu, öncelikle Li'un katmanlı yapıdaki uygun geçiş sitelerine ilerlemesiyle gerçekleştiği (çok az miktarda yapısal deformasyon oluşur), daha sonra potansiyelin daha azalmasıyla yapıdaki artan Li doygunluğundan dolayı dönüşüm reaksiyonunun hız sınırlayıcı adım haline gelerek, katı hal amorfizasyonu ve büyük hacimsel genişlemeyle deşarj reaksiyonunun devam ettiği ifade edilmiştir (Li vd., 2016). İlk şarj reaksiyonu sırasında, Mo ve  $\text{Li}_2\text{O}$  karışımı, amorf yapıda  $\text{Li}_2\text{MoO}_3$  oluşturmak için reaksiyona girerken, ilerleyen çevrimlerde molibden oksitin lityumla

olan reaksiyonun, Mo – Li<sub>2</sub>O ve Li<sub>2</sub>MoO<sub>3</sub> oluşumu üzerine süregeldiği yine Li ve arkadaşları tarafından açıklanmıştır (Li vd, 2016).



Şekil 5. Kapasite-voltaj eğrisi a) Numune 2, b) Numune 3, c) Numune 4, d) Numune 5, e) Numune 6, f) Numune 7, g) Numune 8. (siyah eğri:1. Çevrim, kırmızı eğri:2. Çevrim, mavi eğri: 3. Çevrimi göstermektedir)

## SONUÇ

Bu çalışma ile literatürde ilk defa değişen hidrotermal parametrelerinde farklı molibden oksit tozlar üretilmiş ve lityum iyon bataryalarda anot olarak kullanımları incelenmiştir.

Çalışma kapsamında hidrotermal reaksiyon sıcaklığının, süresinin, reaktör doluluk oranının, asit tipinin ve prekürsör yaşlandırmanın molibden oksit toz eldesine etkisi detaylı tartışılmıştır. Morfolojik ve yapısal karakterizasyon sonuçları hidrotermal prosese ait sıcaklık artışının (120°C, 180°C, 200°C) atomik düzende homojenliği bir seviyeye kadar arttırdığını, daha fazla sıcaklık artışının ise açılmalı yapı oluşumuna yol açtığını ortaya koymuştur. Değişen işlem süresinin (3 saat, 8 saat, 24 saat) ise toza ait morfoloji ve kristal yapıyı etkilediği anlaşılmıştır: 3-8 saat arası homojen nanoçubuk oluşumu gözlemlenirken, ilerleyen süre ile (8 sa – 24 sa) yapıların kalınlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan reaktör doluluk oranı (% 50 - % 100) ile belirli sürede daha fazla iyonun çekirdeklenmesi ve büyümesi sağlanmış, değişen iç basıncın etkisiyle nanoçubuk yerine kurdeleye benzer, bükülebilir özellikte yapılar elde edilmiştir. Asit türünün

etkisini incelemek için monoprotolitik asit ( $\text{HNO}_3$ ) yerine diprotolitik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) kullanarak tekrarlanan deney sayesinde çözelti içerisindeki fazla miktarda hidrojenin, numunenin kristal özelliklerini ve morfolojisini etkilediği anlaşılmıŖtır. Öncü çözeltinin hidrotermal reaksiyondan önce 34 gün yaŖlandırılmasıyla elde edilen köŖegen yapılı parçacıklar ise yaŖlandırmanın toz oluŖumuna etkisini göstermiŖtir. Son olarak, tanımlanan bu farklı özellikteki molibden oksit tozların negatif elektrot malzemeleri olarak olası kullanımı galvanostatik test sonuçlarına göre deđerlendirilmiŖtir. Numunelerden elde edilen voltaj-kapasite eğrileri deđiŖen morfolojik ve kristal özelliklerin tozların lityum ile gerçekteŖtirdikleri reaksiyonları etkilediğini ortaya çıkarmıŖ; nitrik asit varlığında %50 reaktör doluluk oranında  $180^\circ\text{C}$ 'de 8 saat ve %100 reaktör doluluk oranında  $180^\circ\text{C}$ 'de 24 saatte üretilen iki tozun da ümit vaat eden performanslar sergilediğini ortaya koymuŖtur.

## TEŖEKKÜR

Yazarlar Prof. Dr. Özgül Keles (İTÜ) ve Mehmet Feryat Gülcan (İTÜ)'a çalıŖmaya verdikleri destekten ötürü teŖekkür eder.

## KAYNAKÇA

Cai, C. ve Wang, Y. (2009). Novel nanocomposite materials for advanced Li-ion rechargeable batteries. *Materials*, 2(3), 1205-1238.

Cao, K., Jin, T., Yang, L. ve Jiao, L. (2017). Recent progress in conversion reaction metal oxide anodes for Li-ion batteries. *Materials Chemistry Frontiers*, 1(11), 2213-2242.

Hassan, M. F., Guo, Z., Chen, Z. ve Liu, H.-K. (2010). Carbon-coated  $\text{MoO}_3$  nanobelts as anode materials for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 195(8), 2372-2376.

Hwang, C.-M. ve Park, J.-W. (2010). Investigation of Si-M (M= Mo, Ti, or V) negative electrodes fabricated using RF/DC magnetron sputtering for lithium ion batteries. *Surface and Coatings Technology*, 205, S439-S446.

Li, Y., Sun, H., Cheng, X., Zhang, Y. ve Zhao, K. (2016). In-situ TEM experiments and first-principles studies on the electrochemical and mechanical behaviors of  $\alpha\text{-MoO}_3$  in Li-ion batteries. *Nano Energy*, 27, 95-102.

- Liu, Y., Zhang, H., Ouyang, P. ve Li, Z. (2013). One-pot hydrothermal synthesized MoO<sub>2</sub> with high reversible capacity for anode application in lithium ion battery. *Electrochimica Acta*, 102, 429-435.
- Lou, X. W. ve Zeng, H. C. (2002). Hydrothermal synthesis of  $\alpha$ -MoO<sub>3</sub> nanorods via acidification of ammonium heptamolybdate tetrahydrate. *Chemistry of materials*, 14(11), 4781-4789.
- Meduri, P., Clark, E., Kim, J. H., Dayalan, E., Sumanasekera, G. U. ve Sunkara, M. K. (2012). MoO<sub>3-x</sub> nanowire arrays as stable and high-capacity anodes for lithium ion batteries. *Nano letters*, 12(4), 1784-1788.
- Nadimicherla, R., Zha, R., Wei, L. ve Guo, X. (2016). Single crystalline flowerlike  $\alpha$ -MoO<sub>3</sub> nanorods and their application as anode material for lithium-ion batteries. *Journal of Alloys and Compounds*, 687, 79-86.
- Wang, X., Liu, Y., Zeng, J., Peng, C. ve Wang, R. (2019). MoO<sub>2</sub>/C hollow nanospheres synthesized by solvothermal method as anode material for lithium-ion batteries. *Ionics*, 25(2), 437-445.
- Xia, T., Li, Q., Liu, X., Meng, J. ve Cao, X. (2006). Morphology-controllable synthesis and characterization of single-crystal molybdenum trioxide. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(5), 2006-2012.
- Yang, L., Liu, L., Zhu, Y., Wang, X. ve Wu, Y. (2012). Preparation of carbon coated MoO<sub>2</sub> nanobelts and their high performance as anode materials for lithium ion batteries. *Journal of Materials Chemistry*, 22(26), 13148-13152.
- Zheng, M., Tang, H., Li, L., Hu, Q., Zhang, L., Xue, H. ve Pang, H. (2018). Hierarchically nanostructured transition metal oxides for lithium-ion batteries. *Advanced Science*, 5(3), 1700592.

# **Tahribatsız Replika Tekniği Kullanılarak Süper Isıtıcı Borularda Sürünme Hasarı ve Kalan Ömrün Belirlenmesi**

**Tuba Karahan**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0002-9896-649X)*

**Ahmet Topuz**

*İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0003-4925-7272)*

**Sunullah Özbek**

*Doğuş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
(0000-0001-6584-7876)*



## **GİRİŞ**

Enerji, dünya çapındaki en önemli gerçeklerden biridir. Süper ısıtıcılar, enerji endüstrisindeki ısı eşanjörü uygulamasının en önemli bileşenlerindedir. Yakıt tüketimini azaltmak için süper ısıtıcı borular kullanılması çok avantajlıdır (Viswanathan, 1994).

Gerilme ve termal yük altında çalışan enerji santrali bileşenleri çoğunlukla sürünme hasarına maruz kalır. Birçok araştırmacı, süper ısıtıcı borulardaki hasarlar üzerine araştırma yapmıştır. Süper ısıtıcılar bir seri boru demetinden oluşmaktadır ve ıslak ya da doymuş buharı kuru buhar haline dönüştüren donatılardır. Yüksek sıcaklık ve basınç etkisinde çalışırlar. Süper ısıtıcı borularının içerisinde buhar geçerken dış kısmından da sıcak yanma gazları geçerek bu buharı kuru buhar haline dönüştürür.

## **LİTERATÜR TARAMASI**

Bazı araştırmacılar, bir süper ısıtıcı içeren, basınçlı borulardaki sürünme hasarı konusunu değerlendirmişlerdir. Başka bir çalışmada, sürünme hasarlı süper ısıtıcı boruların metalürjik karakterizasyonu hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, sürünme hasarının replika ölçümleri ile sürünme sonrasındaki kalan ömür arasındaki ilişki kurulmuştur (HShishaven, 2019, Ardy, 2019, Rad, 2015).

Replika yöntemi, süper ısıtıcı boruların sürünme hasarı ve/veya kalan servis ömrü için en uygun değerlendirme haline gelmiştir (Neuber, 1983).

Yüzeysel replika işlemi, yüksek sıcaklıkta çalışan enerji santrallerinin durumunu değerlendirmek için mikro yapıyı aynen kopyalayan ve aynı zamanda sürünme hasarını tahribatsız bir şekilde tespit eden güvenilir bir metalografi yöntemidir. Plastik replikalar, tahribatsız muayene tekniklerinden biri olarak bilinir (ASM Handbook, 1992b). Replika tekniği, mikro yapısal sürünme hasarının sınıflandırılmasına ve kalan ömür korelasyonunu sağlayacak kadar çok yönlüdür. Sürünme hasarı, genellikle malzemenin çalışma sürecinde yüksek sıcaklık ve basınç sonucu meydana gelir. Belirtilen şartlarda deformasyon sonucu malzeme yapısı içindeki tanelerde veya tane sınırları boyunca boşluklar oluşarak büyürler. Sürünme sonucu malzeme iç yapısında

meydana gelen değişikler replika tekniğiyle tespit edilerek malzemenin minimum ve maksimum kalan ömrü belirlenebilmektedir.

Gelecekte muhtemel olan onarımları veya parça değişimlerini planlamak için, maksimum bakım ömrünü tahmin etmek gerekir. VGB R-509L'ye göre yapı ve hasar durumunu değerlendirme kriterleri Tablo 1'de verilmiştir. Malzemenin kalan ömrü genellikle, bir yüzey replikasındaki sürünme boşluklarının metalografik yapılarla eşleştirilmesi sonucu oluşturulan, ASM Handbook'da (1992b) verilen Sürünme Hasarı Sınıflandırılması ve Yeniden Muayene Süresi tablosu, Tablo 2'de verilmiştir (VGB TW 507, 2005).

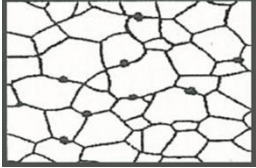
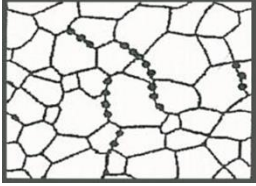
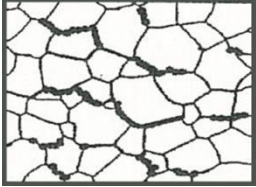

Asetat akrilik reçine ve kauçuk, yüzey replika tekniği için en çok kullanılan malzemelerdir. Bileşenin geometrisine ve mikro yapısal özelliklerine bağlı olarak uygun malzeme seçilir. Asetat yönteminde, esnek ve dayanıklı replika malzemesi olarak, asetat bant bir çözücü (genellikle aseton) ile yumuŖatılır ve dağlanmış yüzeye tatbik edilir. Aseton, asetat bandını yumuŖatarak yüzeyin tüm girinti çıkıntılarına nüfuz etmesini sağlar. Kuruduktan sonra, yüzeyden alınır.

Malzemenin kalan ömrü genellikle, bir yüzey replikasındaki sürünme boşluklarının Tablo 2'de verilen metalografik yapılarla eşleştirilmesi sonucu belirlenir (ASM Handbook, 1992a; Jana, 1995).

*Tablo 1a. VGB R-509L'ye göre yapı ve hasar durumunu değerlendirme kriterleri*

<b>Mikro yapısal Hasar Sınıfı</b>	<b>Yapısal Hasar Durumu</b>
<b>0</b>	Mikro yapıda değişiklik yoktur.
<b>1a</b>	Boşluksuz sürünme gerilmesi, ısıl yaşlandırma.
<b>1b</b>	Boşluksuz sürünme hasarı, kuvvetli ısıl yaşlandırma.

Tablo 1a. (devam)

Mikro yapısal Hasar Sınıfı	Yapısal Hasar Durumu	
2		İzole boşluklu sürünme gerilmesi.
3		Boşluk zincirli sürünme hasarı.
4		Mikro çatlaklı sürünme hasarı.
5		Makro çatlaklı sürünme hasarı.

Kaynak: VGB-R 509L, 1989

*Tablo 1b. VGB R-509L'ye göre harcanan ömür değerinin (%) değerlendirme kriterleri*

<b>Mikro yapısal Hasar Sınıfı</b>	<b>Harcanan Ömür Değeri (%)</b>
<b>0</b>	<10
<b>1a</b>	<30-60
<b>1b</b>	<40-70
<b>2</b>	40-80
<b>3</b>	60-90
<b>4</b>	85-95
<b>5</b>	95-100

*Kaynak: VGB-R 509L, 1989*

*Tablo 2. Sürünme Hasarı Sınıflandırılması ve Yeniden Muayene Süresi*

<b>Hasar Sınıfı</b>	<b>Yapı</b>	<b>Aksiyon</b>
<b>1</b>	Sürünme hasarı yok	Hiç bir aksiyona gerek yok
<b>2</b>	Ufak boşluklar	20000 saatlik servis sonrası Yeniden Muayene
<b>3</b>	Birleşmiş boşluklar	15000 saatlik servis sonrası Yeniden Muayene
<b>4</b>	Mikro çatlaklar	10000 saatlik servis sonrası Yeniden Muayene
<b>5</b>	Makro sürünme çatlakları	Yönetim acilen bilgilendirilmeli

*Kaynak: ASM Handbook Vol.17, 1992*

## **MALZEMELER VE METOT**

Bu çalışmada SA213-T11veT22 çeliğinden yapılmış her bir çelik malzemeden 20 adet toplamda 40 adet süper ısıtıcı boru hatlarının, mikro yapısal sürünme hasarı ve çalışma koşulları altındaki kalan ömür hesabı tahribatsız bir yöntem olan plastik replika tekniği kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir.

Test edilen 40 adet süper ısıtıcı boruların çalışma koşulları; 495°C sıcaklık ve 59 bar basınçtır. Çalışma süresi 201000 saattir.

## TARTIŞMA

Süper ısıtıcı boruların teğetsel gerilme değerleri 23 MPa'dır. Larson Miller parametresi (LMP) 34980 bulunmuştur. Gerilme değerleri ve LMP ilişkisine göre süper ısıtıcı boru tasarımları uygundur. Ayrıca ölçülen ortalama sertlik değerleri 154 HV ölçülmüştür, yani sertlik ile LMP ilişkisi de uyumludur.

40 adet süper ısıtıcı boruların replika incelemeleri Nikon-ECLIPSE MA100 model ışık metal mikroskobu ile yapılmış, mikro yapı değerlendirmelerinde VGB TW 507 kullanılmış ve mikro yapılarının ferrit ve perlitten oluştuğu gözlemlenen, SA213 –T11 ve T22 bileşenlerine sahip 20'şer adet boru değerlendirilmiştir, kimyasal kompozisyonları ve sertlikleri Tablo 3'de verilmiştir (VGB TW 507, 2005; URL-1; URL-2).

Tablo 3. SA213-T11 ve T22'nin kimyasal kompozisyonları

Kimyasal Kompozisyon (%) / Sertlik (HV)	SA213-T11	SA213-T22
C	0,5-0,15	0,05-0,15
Mn	0,3-0,6	0,3-0,6
Si	0,5-1	0,5
Cr	1-1,5	1,9-2,6
Mo	0,44-0,65	0,87-1,13
P, S	0,025	0,025
Sertlik	170	170

Kaynak: URL-1, URL-2

Süper ısıtıcı borulardaki iç gerilim aşağıdaki denklemle hesaplanır;

$$S=P.(r+h/2)/h \quad (1)$$

S gerilimi, P basıncı, r borunun iç yarıçapını, h ise borunun et kalınlığını vermektedir.

Larson Miller parametresi aşağıdaki denklemle hesaplanır;

$$LMP = T(C + \log t) \quad (2)$$

C malzeme sabitini (genellikle 20'ye eşit olduğu varsayılır), T mutlak sıcaklığı  $F+460$  ve t saat cinsinden zamanı vermektedir.

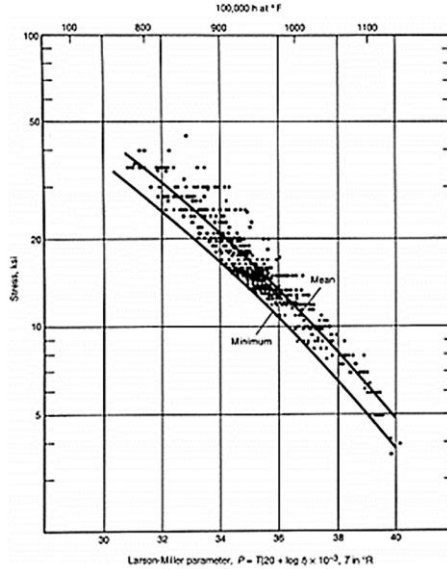
$$HV = 595,453 - 0,012603LMP \quad (3)$$

HV Vickers sertliğini vermektedir.

Şekil 1, SA 213 çeliği için tipik Larson Miller parametresi-gerilme eğrisini göstermektedir.

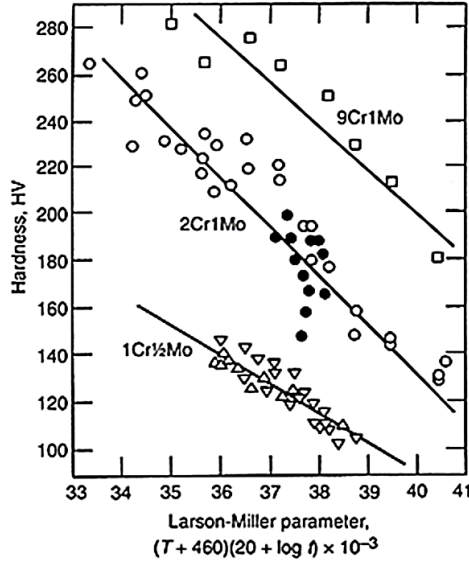
Servis süresi ve mevcut sertlik biliniyorsa, Şekil 2, boruların eşdeğer sıcaklığını hesaplamak için kullanılabilir (ASM Handbook, 1992a).

Burada boruların çalışma süreleri 201.000 olarak aynı olmasına rağmen, ölçülen 154 HV sertlik için LMP parametreleri farklılık göstermektedir. Şekil 2'ye göre, SA 213-T22 (2Cr1Mo) süper ısıtıcı borularının çalışma sıcaklığı, SA 213-T11 (1Cr½Mo) süper ısıtıcı borularından daha yüksektir.



Şekil 1. SA 213-T22 çeliği (2/25 Cr-1Mo) için Larson miller parametresi-gerilim ilişkisi

Kaynak: ASM Handbook, 1992a



Şekil 2. Farklı çeliklerin Larson miller parametresi–sertlik ilişkisi  
Kaynak: ASM Handbook, 1992a

Boru dış çapı 68 mm ve kalınlığı 7.8 mm'dir. Larson Miller parametresi (LMP) ve iç borunun gerilmesi bu veriler kullanılarak hesaplanmıştır. LMP 34980 bulunmuştur. Gerilme 23 MPa bulunmuştur. Çalışma sıcaklığının 495°C olduğu göz önüne alındığında, Tablo 4'e göre SA213 çeliği için bu değer emniyetli olduğu görülmektedir.

Kontrol ettiğimiz süper ısıtıcı boruların gerilme yönündeki tasarım değerlerinin Şekil 1 ve Tablo 2'ye göre emniyetli olduğu görülmüştür. SA213 dikişsiz boruda farklı çalışma sıcaklıkları için izin verilen maksimum gerilme Tablo 4'te verilmiştir.

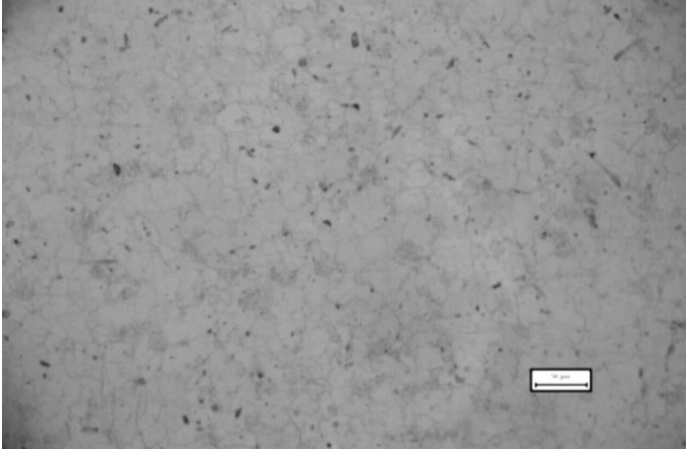
Tablo 4. Sıcaklığa Bağlı İzin Verilen Maksimum Gerilme

Sıcaklık (°C)	Maksimum Gerilme (MPa)
477	55
506	39
533	26
561	16

Kaynak: Viswanathan, 1994

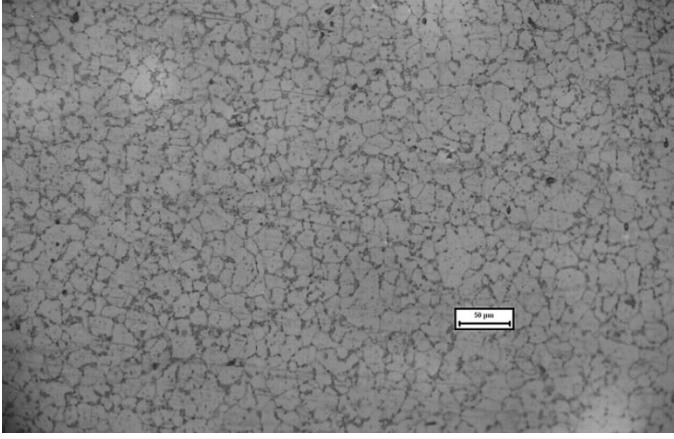
40 adet süper ısıtıcı borunun yüzeyi önce parlatılıp dađlanmıŖtır. Daha sonra asetat ile replika iŖlemi uygulanmıŖtır. Replikalar yüzeyden dikkatlice çıkarıldıktan sonra, yumuŖatılmıŖ ve kurutulmuŖ asetat bant, mikro yapının birebir kopyasını içermektedir. Plastik replikalar, 200X ve 500X büyütmelemlerde Nikon-ECLIPSE MA100 model ışık metal mikroskobu yardımıyla incelenmiŖtir ve replika değerlendirmeleri için kullanılmakta olan VGB TW 507'ye göre mikro yapı ferrit ve perlitlen oluŖmaktadır (VGB TW 507, 2005).

39 süper ısıtıcı boru için sürünme hasarı derecelendirme sınıfı bulundu (Viswanathan, 1994). “Sürünme boşlukları olmadan sürünme yüklemesine maruz kaldığı” görülen SA 213'ün yapısının uzun süreli termal çalışma yüklemesi sonrasında deđiŖtiđi görülmüŖtür. Bu tür bir yükleme altında, ferritik çelik, perlitik fazı VGB TW 507'ye göre ferrit ve karbür olarak çözünme eğilimindedir. SA213-T22 çeliği için yalnızca 34 nolu tek bir borunun derecelendirme sınıfı farklı bulunmuŖtur (HShishaven, 2019). “Daha ileri düzeyde sürünmeye maruz kalmıŖ, çok sayıda boşluk” içeren bu çelik tipinde tipik olarak tane sınırlarında, mikro boşluklar gözlenmiŖtir. VGB TW 507'ye göre değerlendirme sınıfı sadece bir boruda Klas 2'dir. Diğer 39 borunun değerlendirme sınıfı Klas 1 olarak bulunmuŖtur. Klas 1 ve 2 derecelendirmesi için SA213-T11 ve T22 çelik borulara ait mikro yapılar Ŗekil 3 ve Ŗekil 4'te verilmiŖtir (Özbek, 2016).



Ŗekil 3. SA213-T11 ve T22 / 39 boru örneğinin mikro yapısı (X200)  
Kaynak: Özbek, 2016





Şekil 4. SA213-T11 / 34 nolu tek bir boru örneğinin mikro yapısı (X200)

Kaynak: Özbek, 2016

## SONUÇ

Süper ısıtıcı boruların sürünme hasarını ve kalan ömrünü belirlemek için yüzey replika tekniği başarıyla uygulanmıştır.

Süper ısıtıcı borularda yüzey replika yöntemiyle sürünme hasarının derecesi ile harcanan ömür arasında bağıntılar gösterilmiştir. Böylece kalan ömür belirlenmiştir.

Süper ısıtıcı boru tasarım parametrelerinin bu uygulamada tatmin edici olduğu anlaşılmıştır. 39 süper ısıtıcı borunun kalan ömrünün, VGB R-509L'ye göre yaklaşık olarak minimum 80000 saat ve maksimum 120000 saat olduğu belirlenmiştir. Sadece değerlendirme sınıfı Klas 2 olan bir borunun kalan ömrünün, derecelendirme sınıfına göre yaklaşık olarak minimum 40000 saat ve maksimum 120000 saat olduğu belirlenmiştir (VGB-R 509L, 1989). 20000 saatlik hizmetten sonra yeniden muayene yapılması öngörülmüştür (ASM Handbook, 1992b).

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, "Investigation of In-Service Degradation of Steels and Welded Joints of Thermal Power Engineering Facilities" başlığı ve 113M909 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

Rad A. M., Plsseyed S. S., Attarian M. (2015). Failure Analysis of Super Heater Tube, *Engineering Failure Analysis*, 48, 94-104.

ASM Handbook. (1992a). Failure Analysis and Prevention, *ASM International*, Materials Park, 11, 652-661.

ASM Handbook. (1992b). Non-Destructive Evaluation and Quality Control, *ASM International*, 17, 97-99.

HShishaven B., Nerbin H. F., Samani M. Z., Ashtari P., Nasirpovri F.. (2019). Failure Analysis Of Super heater Tube Ruptured In Power Plant Boiler Main Causes Preventive Strategies, *Engineering Failure Analysis*, 98, 131-140.

Neuber B., Wedel V. (1983). Rest Life Estimation of Creeping Components by Means Replica, *ASME*, 307.

Ardy H., Andika D., Angün B.. (2019). Failure analysis of super heater boiler tube SA213-T12, *Materials Science and Engineering*, 547

Jana S. (1995). Non-Destructive In-Situ Replication Metallography, *Journal of Materials Processing Technology*, 49, 85-114.

Özbek S., Yasny P., (2016). Investigation of In-Service Degradation of Steels and Welded Joints of Thermal Power Engineering Facilities, *TÜBİTAK 2512 Uluslararası İkili İş birliği Programı, Proje Numarası: 113M909*, İstanbul Gedik Üniversitesi-Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukrayna.

Viswanathan R., Patterson S. R., Grunloh H. ve Gehl S. (1994). "Life Assessment of Super Heater/Reheater Tubes in Fossil Boilers" *J. of Pressure Vessel Technology Trans ASME* 1-16, 1-16

VGB-R 509L, (1989) Wiederkehrende Pruefungen an Rohrleitungsanlagen in fossilbefeueerten Waermekraftwerken, VGB Kraftwerkstechnik GmbH, Essen

VGB TW 507. (2005). Microstructure Rating Charts for Evaluating the Microstructure and Creep Damage of High-Temperature Steels for High-Pressure Piping and Boiler Components, *VGB Powertech*, 2nd Edition

URL-1 <https://www.metroboilertube.com/sa-213-t11-boiler-tube-stock.html> adresinden Mart 2021'de alınmıştır.

URL-2 <https://www.metroboilertube.com/sa-213-t22-boiler-tube-stock.html> adresinden Mart 2021'de alınmıştır.

**KISIM 2**  
**İNGİLİZCE ÖZETLER**  
**(ABSTRACTS)**

# Industry 4.0 Paradigm: A Bibliometric Analysis

**Mahmut Tekin**

*Selçuk University, Turkey*  
(0000-0001-2345-6789)

**Emel Gelmez**

*Selçuk University, Turkey*  
(0000-0002-8774-607X)

## **ABSTRACT**

When the historical development process of industrial revolution in the history of industry is analysed, it is observed that there is continuous change and transformation in industrial activities and thus in business conduct models together with the constant development of technology. The last phase of this transformation is Industry 4.0. As a matter of fact, this process directly has affected various sectors and this new paradigm has become the focus of several academic studies as it produces significant effects on business conduct models and management styles. Therefore, studies conducted on Industry 4.0 have been assessed in various fields and in a number of ways and have taken part in the literature. In this context, the purpose of this study is to analyse the studies carried out in the field of business concerning Industry 4.0 paradigm by means of bibliometric analysis method. Within the direction of this fundamental purpose, 364 publications published between the years 2015 and 2021 directed on the notion of Industry 4.0

in the field of business and included in Web of Science Core Collection database were assessed by means of co-citation analysis and co-word analysis benefitting from R programming language and bibliometric package.

As a result of the analysis conducted, it is detected that studies on Industry 4.0 drew attention in the literature in 2015 and the studies carried out in this field showed an increase in a consistent manner from 2017 to 2019 and the conclusion that there has been a decrease in the rate of these studies as of 2019 is reached. At the same time, when the number of citations to Industry 4.0 studies is evaluated besides the studies on Industry 4.0, a predisposition to increase in the number of citations has been observed as of 2015 and it is found out that there has been an increase in the number of citations related to the publications up to 2021 on regular basis.

It is seen that Germany is on the first rank when it is analysed within the context of the countries that cite most. And also, when the ranking of the countries citing most is examined, USA, Russia, Italy and United Kingdom pursue Germany respectively. Furthermore, when the number of total citations and average number of citations of the studies conducted in Turkey among these countries are estimated, it can be expressed that it comes into prominence in the literature and contributes to the field. In addition to this, when the densities of the countries cooperating in the field of Industry 4.0 are assessed, it can be seen that the countries being in cooperation at the most in these studies are Brazil and France, Italy and United Kingdom. At the same time, it is observed that the countries cooperating with at the most are ranked respectively as Finland and Sweden, Germany and USA, Italy and USA, and USA and France.

When the studies on the concept of Industry 4.0 are evaluated within the scope of key words, it is concluded that the concepts such as future, innovation, management, system, big data, design, capabilities, knowledge, technology and performance are frequently used. At the same time, the course of development of Industry 4.0 studies between 2015-2021 is analysed through key words. It is observed that the studies conducted on this field are generally studied under the titles as big data, firm performance, supply chain management throughout the period from the years of emergence of the concept to 2019 to a high

degree. Besides the facts specific to the nature of the concept such as big data added to the field by Industry 4.0, it can be said that concepts of logistics and global value chains are focused in the studies carried out particularly from 2019 to the present.

It is detected that the focus is on the definition of concept of Industry 4.0 in business literature in general and on assessment of general perspective of this concept identified as Fourth Industrial Revolution. Within this direction, as well as definition of the concept, Industry 4.0 is also analysed in the literature within the context of knowledge economy, digital economy, intellectual capital, digitalisation, sustainability, internet of things, innovation, supply chain management and smart factories.

**Keywords:** Industry 4.0, Bibliometric Analysis, Co-citation Analysis, Co-word Analysis.

# Digital Transformation of Businesses

**Abdullah Türk**

*İstanbul Gelişim University, Turkey*  
(0000-0002-2804-4203)

**Pelin Vardarlier**

*İstanbul Medipol University, Turkey*  
(0000-0002-5101-6841)

**Yasemin Tunç**

*İstanbul Medipol University, Turkey*  
(0000-0002-9704-1057)

## **ABSTRACT**

Digitalization has started to take place on the most basic ground for companies in the hierarchy of needs of the age. At this point, the adoption of the World Wide Web, which means the digitalization of not only the internal processes of the enterprises but also the relational processes with the external environment, the accompanying technologies are broadband internet, e-application, virtual interviews, remote recruitment applications, smart phones, Web 2.0, SEO, cloud computing, speech recognition, online payment systems, and cryptocurrencies have fueled development even more. Especially with the participation of the companies that have direct sales relations, especially face-to-face and company-to-company (B2B), to the

commercial network via digital platforms, the global e-commerce revenues of e-organization companies were \$ 2.3 trillion in 2017 and e-retail revenues were It is expected to rise to \$ 4.88 trillion towards the end of the year. At this point, it can be thought that these sales figures, which are revealed with the returns of the COVID-19 pandemic, which has surrounded the world for the current period of the study, will go further than expected. Currently, the ubiquity of big data and the emergence of developing digital technology - artificial intelligence (AI), blockchain, internet-of- technologies such as objects (IoT) and robotic technology and the industrial revolutions and accumulations of these technologies have shaped the business world today. This has had groundbreaking consequences for business processes. In particular, the digital transformations of these processes have provided businesses with both opportunities and obligations for process harmonization with their internal and external environment. Although this harmonization process, which is out of the line of responsibility, does not provide a general prescription for every business. At this point, the most important issue that businesses should pay attention to is to act in accordance with their own ecosystems. The theory of population ecology on which we are trying to build the research warns organizations that have developed rigidity against changes in the environment. Especially, organizational ecology theory, which sets out from the question of why some organizations within the same population behave differently than others, sees the degree of environmental sensitivity as vital. At this point, while talking about the lack of a general adaptation prescription specific to each business, a perspective based on population ecology has been tried to be drawn. In this study, based on the necessity for organizations to adapt to ecological changes, digital transformation processes are handled over the internal environment, Products and Assets, while external processes are evaluated from the Customer focus. In this study, the transformation of departments such as digital human resources management from the employee focus, digital accounting management in terms of assets, digital production management in terms of products and digital marketing management from the customer focus and the transformation are examined. As a result, shortening of functional processes in human resources and increasing motivation, reducing costs by reducing physical processes by preventing informality in the accounting department, reducing the margin of error in determining the



market and the target audience in the marketing department and entering the customers' special areas, reducing wastage to a minimum in production management and maximizing quality. The road map to smart factory systems has been presented. In the main theme of the study, it was stated that digital transformation for businesses is an obligatory journey beyond responsibility.

**Keywords:** Digitalization, Human Resources, Accounting, Marketing, Production.

# **Paradox of Institutionalization Process Concept in Business and Academic Circles: Another Way of Journey to Smart Transformation**

**N. Ümit Başdaş**

*Tess Design Management Consultancy PLC, Turkey*  
**(0000-0002-9755-0134)**

## **ABSTRACT**

Institutions and institutional theory (IT) have received increased attention lately since the average life of the companies have been decreasing in the last two decades. While the average life of leading American giants listed in S&P 500 list in 1920s were 67 years and 60 years in 1950s, the average has hit the lowest 15 years in a survey made in 2010! The situation for small and medium sized enterprises (SMEs) that forms 96 per cent of all the organizations in the world is not little less than the Fortune or S&P lists. 56 per cent of the SMEs disappear in the thin air in the first four years stage of their corporate life-cycles according to The Bureau of Labor Statistics, Labor department report published in 2017.

Nevertheless institutional theory has had relatively little influence on managers and practitioners outside the scientific community, a phenomenon which can be attributed to the diminished role of management in determining organizational survival. On the contrary,

the concept of institutionalization is highly used, albeit far from its genuine meaning, in Turkish business and even in academic circles. Similar use of the word exists in everyday language of the society too. This loose understanding of the concept causes errors in the analysis of small and medium sized enterprises (SMEs) as well as in family enterprises, both of which constitute 99 per cent of the business organizations, and leads to inaccurate diagnosis of the problems identified for companies. Is it IT or organisational structural studies or institutional work or institutional entrepreneurship that is meant? This qualitative study aims to identify what is really meant by institutionalism in Turkish business circles and to bridge the genuine meaning and the attributed meaning in the context of the institutionalization process which indeed an abstract concept that is not easy to be understood and that has been defined in diverse ways with substantial differences among approaches with almost no mutual way of measuring its dimensions on the other hand. Clarifying the confusion over this concept will also help to increase the number of articles and conference papers written by Turkish academicians in international journals and events.

**Keywords:** Institutionalization, business circles, SME's.

# **Analysis of the Studies on Industry 4.0 by Content Analysis Method**

**Hasan Barboros**

*Kygryz - Turkish Manas University, Kyrgyzstan*  
**(0000-0002-2585-450X)**

**Kasım Baynal**

*Kygryz - Turkish Manas University, Kyrgyzstan*  
*Kocaeli University, Turkey*  
**(0000-0003-1448-5937)**

## **ABSTRACT**

Production will continue to exist in the future as it did in the past. However, this continuity will never be the same as yesterday. Knowledge and developing technology will renew this difference every day and pass it on to the next generations. One of the stages of these industries is industrial production. Industrial production has also changed throughout history and has undergone changes of its own. Until recently, three industrial revolutions have taken place. The Industry 4.0 revolution is happening right now. For this reason, it is aimed to analyze the content of theses, articles and papers written on Industry 4.0 in 2019 and after, and to determine the research trends. In this direction the relevant literature was scanned, the appropriate sample was made from the studies, and one doctoral thesis, 7 master theses, 30 articles and 2 papers were included in the study. These

studies were evaluated and analyzed in terms of purpose, method, sample, data collection tool, findings and results. The data obtained are given in tables. The most obvious results of the research: after the Industry 4.0 transformation, unemployment will increase, factories / machines will become smart, new business areas will emerge and states that cannot realize this transformation will experience great economic losses. Various suggestions have been made based on the research data.

**Keywords:** Industry 4.0, Content Analysis, Industrial Revolution, Industrial Transformation.

# **Determining the Industry 4.0 Maturity Level of an Automotive Clustering with IMPULS Model**

**Tuğbay Burçin Gümüş**  
*Istanbul Gedik University, Turkey*  
**(0000-0003-4225-2313)**

**Semra Birgün**  
*Doğuş University, Turkey*  
**(0000-0001-5018-6120)**

## **ABSTRACT**

The year 2020 is considered the beginning of the digital age and is a gateway to the dizzying technological changes and innovations we will see in the coming centuries. In line with the latest developments, the way all organizations, including individuals, do business has changed depending on technology. Clusters as well as businesses strive to make maximum use of technology, which was a pre-pandemic choice but later a necessity in all areas. Managers have to constantly adapt and cope with socio-cultural differences, technological changes, economic difficulties and commercial conditions. Therefore, they need to sustainably revise and support their ecosystems. They only need to realize this by thinking innovatively and by taking advantage of technological innovations and apply them to all units.

A new ecosystem will be created through software, sensors, robot systems, elimination of the human factor in the production phase, reduction of error rate, integration of systems with each other and communication without data loss, and the main target will be efficiency.

In this study, in order to compete in the international environment in the digitalization process, the solutions offered to measure the maturity level and eliminate the deficiencies in order to improve the Industry 4.0 capabilities of an automotive cluster are discussed. Our research cluster to be analyzed is the cluster that was determined as the most effective organic automotive cluster of Turkey's internationalized cluster in our previous study. This cluster has created with the success the cluster ecosystem between 356 clusters in Turkey and maintains, and also fulfilled with success the requirements of the internationalization process, high export rates, effective spread power, the dynamics of internationalization speed, and effective internationalization level. Therefore, it is an important and valuable cluster for Turkey. Our aim is to shed light on the determination of the current situation, the level of digital transformation, and what should be done to reach a better level by applying the Industry 4.0 IMPULS Maturity Model to the cluster in the automotive sector which is one of the sectors where change is most felt and observed.

Cluster strategy and organization has been analyzed in 6 main axes as smart factories, smart operations, smart products, data-based services and employees. The model scores the organizations that best practice digital transformation with a score between 0 and 5. Applying the IMPULS Model, it was concluded that the cluster was in the third level and experienced class of the Industry 4.0 general maturity over six maturity levels. In line with these data, the weighted total score of the cluster was 3.003, and the overall evaluation result was found to be in line with the level 3 (experienced). Level 3 out of five levels is an average score in six dimensions. The cluster was evaluated separately for each dimension and suggestions were made for the cluster to be developed according to these dimensions.

**Keywords:** Clustering, Digital Transformation, IMPULS Maturity Model, Industry 4.0.

# Smart Grids and Blockchain Applications

**Abdulkadir Yelman**  
*İnönü Üniversitesi, Turkey*  
**(0000-0002-0887-7945)**

**Asım Kaygusuz**  
*İnönü Üniversitesi, Turkey*  
**(0000-0003-2905-1816)**

## **ABSTRACT**

Blockchain technology has applications in many areas today. Blockchain will cause the current world order to change and eliminate people from sticking to a hub when doing business, trading or shopping. Considering the many benefits of blockchain technology such as the defense of decentralization, its technological infrastructure, the inability of third parties to make changes on information and the innovations it can make in the current system, it is thought that it can be a solution to many problems. In this study, research has been done on the applications of blockchain in smart networks and the areas where it can be applied. The benefits of blockchain technology on EV (electric vehicle) and its relationship with smart grids, the benefits of blockchain in the purchase and sale of renewable energies, increasing security and traceability in smart grids, if applied in smart grids, what benefits can it provide? The use of blockchain technology to detect



leakage situations in meters and power lines was discussed. In addition, using the infrastructure of blockchain technology, more transparent impressions in smart grids, production phases, where the generated electricity is produced and used, green energy certificates, balancing lost leakages, making energy pricing more transparent, providing more efficient storage of energy, possible negativities in case of joining of electric vehicles to the grid. The theories and applications that can be done and anticipated about applications such as, better monitoring of smart meters are shared.

**Keywords:** Blockchain, Smart Grid, P2P Energy Trading, Renewable Energies, Microgrid .

# **The Role of Digital Twin Technology in the Digital Transformation Process in Business**

**Polathan Küsbeci**

*Kapadokya University, Turkey*  
**(0000-0002-4858-3853)**

** lk  Uzunçarşılı**

*Beykent University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0001-7855-2268)**

## **ABSTRACT**

Digital transformation is a new paradigm that brings strategy and customer-oriented changes in infrastructure and processes in modern organizations based on contemporary information and communication technologies. Digital transformation is not a one-time process but offers a holistic approach to the implementation of new methods to improve organizational performance by increasing organizational capabilities and competitiveness. Digital twin technology is a new concept that has become the center of attention in the fields of academia and industry in recent years. Digital twin technologies allow manufacturers to remotely monitor, view and control both assets and production by copying the physical model. Digital twin technology provides data integration between physical and virtual machines,

offering smart production, better quality, higher productivity, lower cost and increased production flexibility. Thanks to digital twin technologies, businesses obtain copies of physical production assets and ensure automatic and continuous evaluation of assets.

With the rapid development of technology, the current state of the economy and the future situation are also changing. Today, businesses are rapidly developing and growing by making significant investments in technology and software applications. As a result, businesses have the opportunity to take many advantages by reducing infrastructure investments and administrative costs.

Today, businesses that can use digital transformation effectively and efficiently can survive. While businesses that can integrate technology quickly survive, businesses that cannot adapt to technology disappear by falling behind their competitors. For this reason, it is possible for businesses to adapt to technology by using both software and hardware effectively and efficiently.

Thanks to the digital twin technology, businesses can gain many advantages such as monitoring and testing a product in a virtual environment before the production phase. Being able to test a product in a virtual environment before the production phase is important in terms of both cost and better quality. Therefore, the ability of businesses to test a product in a virtual environment using digital twin technology before the production phase offers a significant benefit in preventing errors that may arise as a result of the production phase.

Along with digital transformation, the inclusion of smart devices in life brings many advantages. With the effect of Industry 4.0, it is important for businesses to use technology more effectively and efficiently. In particular, digital twin technology has an important role in the production process. The ability of this technology to work with sensors allows data to be obtained and processed faster. The adoption of digital transformation by businesses provides a significant increase in product quality. It is also an important factor in achieving financial success.

With the digitalization process, significant changes occur in the management approach of businesses. The ability of businesses to adapt to information technologies is an important factor in making management decisions and in production processes. Therefore, the use

of digital transformation in the strategic decision stages and processes of enterprises is important in achieving many successes.

In this study, primarily the conceptual framework is discussed. Then, the features of digital twin technology, functions of digital twin technology, application areas of digital twin technology are examined.

**Keywords:** Digital Transformation, Industry 4.0, Digital Twin.

# **Analysis of Artificial Intelligence Algorithmic Biases: Qualitative Pre-Test Study**

**Atik Kulaklı**

*American University of the Middle East, Kuwait*  
**(0000-0002-2368-3225)**

**Büşra Kulaklı**

*Sorbonne Université, France*  
**(0000-0003-2285-4894)**

## **ABSTRACT**

Today, artificial intelligence studies emerge with different applications in almost every field. Artificial intelligence has mostly been the center of attention in the engineering fields and therefore has gained momentum with business solutions for various sectors. The dizzying speed in information technologies has also supported the development of artificial intelligence applications. Product and services are emerging day by day in a structure equipped with artificial intelligence. The basic application process of the technology used starts with directing the software through a specific algorithm, and therefore, the targeted business results are achieved through a structure compatible with hardware components. Algorithms created for different sectors and business needs form the basis of the software component. Machine learning, big data applications, data science and analysis, information

technology applications can be shown as examples of different areas where algorithms are used.

Computer software is a process that ultimately relies on human labor and algorithms are coded by individuals in accordance with programming techniques. It is inevitable that the software will have various shortcomings and biases. What is important here is the determination of the degree of impact and sources of such deviations. Studies in the field of informatics literature have focused on revealing a series of activities for finding, analyzing and eliminating the foundations of algorithm bias in artificial intelligence applications.

The aim and scope of the study is to present the problems of artificial intelligence algorithm biases with various examples and evaluate them within the framework of the concept of music sociology. Artificial intelligence algorithm biases in the creation process of musical works are similar to the problems encountered in other application areas. In the sociological sense, algorithmic biases are focused on the protection of practitioners in transparency, ethical and legal areas, and gain importance in overcoming social problems. The research that takes place in a very broad perspective, technological design process, decision making and forecasting, use of smart business systems, diagnosis and treatment tool in the health sector, social communication-media management, gender-based studies, etc. It appears in many areas.

The study is based on an ongoing sociological fieldwork on artificial intelligence music creation in the city of Paris. In the presentation prepared with the aim of discussing the preliminary findings (interview results) of the project and contributing to the development process of the research, the determinations regarding the pilot study were analyzed and it was aimed to discuss the potential development areas for the continuation of the project. The Interview Method, one of the Qualitative Research techniques, was used as a method in the study. Due to the COVID-19 constraints, face-to-face interviews were conducted online with Zoom and phone calls, and within this scope, a pre-test was completed with 7 composers in total from December 2020 to April 2021 (with five French male and one Spanish and French female composer). As a result, male composers use such software more

actively than their female counterparts in creating musical works with artificial intelligence.

Artificial intelligence applications have been increasing their impact every day in recent years. The pace of technological innovations positively changes the dynamics of the music industry, putting systematic pressure on professional groups in the industry for development. The problem of unconsciously transferring human prejudices to artificial intelligence applications is similar to other sectors. Efforts to detect and prevent these negativities make it necessary to focus on the setup of the processes with the outputs obtained, and thus on the flow of the algorithm.

**Keywords:** Artificial intelligence, algorithmic bias, music sociology, composition with artificial intelligence, interdisciplinary applications.

# Using Machine Learning Techniques to Predict the Direction of the Next Day's Closing Price of BIST100 with Different Feedbacks

**Buğra Erkartal**

*Beykent University, Turkey*  
(0000-0002-0626-3181)

**Atınç Yılmaz**

*Beykent University, Turkey*  
(0000-0003-0038-7519)

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to predict the direction of the next day's closing value of the Istanbul Stock Exchange (BIST) index using different feedback values and different machine learning models. Today, many investors frequently use modules that make automatic trading in their forecasts. These modules are algorithms that aim to earn money for their users while predicting the next transaction direction. Since stock market data is time series, most of the algorithms use the assumption that the effect of the previous day's closing value has the greatest effect on the price forecast for that day. Based on this assumption, many machine learning methods used in the literature



usually use the previous day's closing price as input to machine learning models, but it is not known how many days ahead has a greater effect on the next day's closing price. However, this assumption is not a proven one. Nowadays, one of the major factors that leaves machine learning instead of statistical analysis is that there is no obligation to comply with certain rules as in statistics. In this study, three different machine learning techniques, namely Artificial Neural Network (ANN) Decision Tree (DT) and Support Vector Machines (SVM), were used using eleven different data sets containing different feedback values (each including the previous day). modeled. The target values of all models are used as binary decision variables that show whether the end of day BIST index increases or decreases compared to the previous day. The parameters used to measure how the models react in the same conditions were kept constant. In this way, it was possible to compare both the performances of machine learning methods and the descriptive performances of different feedback values. Since the input parameters used consist of continuous variables, Multivariate Adaptive Regression of Splines (M.A.R.S) was preferred among decision tree algorithms. Quadratic hyperplane is used in support vector machines, and feedback neural networks are used in artificial neural networks. The results show that the three levels of feedback performed better in all models. In addition, it was determined that as the level of feedback increases, the models lose their classification power. Models cannot classify when the feedback level exceeds seven. When machine learning models were compared, no distinctive performance difference was observed between them.

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Support Vector Machines, Decision Tree, Forecasting.

# **Truck-Drone Team Logistics Studies in Distribution Operations**

**Gökçe Özden**

*Eskisehir Osmangazi University, Turkey*  
**(0000-0002-5386-1985)**

**İnci Sarıççek**

*Eskisehir Osmangazi University, Turkey*  
**(0000-0002-3528-7342)**

## **ABSTRACT**

Smart transformation applications take part in not only the academic field but also our daily life via Industry 4.0. It has become possible for cargo companies to reach information about when and where the cargo is, both for themselves and for their customers with the developments in computer and communication technology. High logistics costs and high carbon emissions in road transportation have led to new searches in logistics activities involving delivery to the end customer. In the truck-drone routing problem, planning the routes for delivery to the customer at the operational level is a very complex problem that includes many factors. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in logistics in terms of safety; data security, airspace security and accident risks, technologically; flight range, battery life, routing network, carrying capacity, weather and socio-economic aspects; it covers issues related to public perception and acceptance. In the last

five years, truck-drone integrated logistics studies have taken part in the literature. Our study, which compiles the studies in the literature and analyzes them in terms of problem type and modeling, is guiding for researchers who will work on this issue. The studies on truck-drone team logistics are examined and the terminology related to the subject is revealed, and the assumptions, constraints, objective functions and models used based on the problem types are examined within the scope of the literature research. Recent studies suggest that partly transferring urban load distribution to drones can help significantly improve urban mobility in general. Thus, logistics service providers are experimenting with alternative vehicle technologies such as truck-drone team logistics. The use of the specified systems can have great gains from the perspective of the logistics service provider, customer and the environment. The decrease in carbon emissions, solution of problems arising from traffic congestion and density in urban transportation, protection of service providers and customers in cases where isolation is needed, ease of access to customers in rural areas will constitute the benefits of the system.

**Keywords:** Truck-Drone Logistics, UAV, Drone, Route Planning.

# **Comparison of Internationalization Performances of Sample Clusters from Automotive and Textile Sectors with TOPSIS Method**

**Tuğbay Burçin Gümüş**  
*Istanbul Gedik University, Turkey*  
**(0000-0003-4225-2313)**

## **ABSTRACT**

With the development of technology, the comfort that comes to our lives, the ability to quickly reach our demands, the ability to choose among alternatives means high competition for businesses, increasing costs, new market need, and decreasing resources, although there are positive developments for consumers. Although countries take measures to prevent these adverse conditions, it is the businesses that are at risk. It is of great importance for businesses to be able to adapt quickly to changing conditions and to become stronger by completing the deficiencies. The cluster ecosystem, which was initially referred to as geographic density and agglomeration, is a process-based dynamic strategy in terms of reducing costs by using purchasing power, increasing productivity, providing employment, allowing efficient resource use, providing supply and competitive advantage, increasing the existing capabilities of enterprises and contributing to the regional economy. has come to the fore as.

While clusters allocate power through inter-business and inter-cluster collaborations, they should also be in contact and communication with universities, domestic and foreign press organs, financing providers such as banks, venture capitalists and investors, cooperation platforms and suppliers, and relevant sector organizations. Clusters have an organic link with the economy. Therefore, the movement and fluctuation in the economy rapidly affect the cluster ecosystem.

In this study, sample clusters from the automotive and textile sectors were determined in order to better examine the dimension of global integration, the application of the TOPSIS method was included in the decision matrix formed by internationalization analysis in line with the finance, employment, number of cluster members, export, turnover, import, and investment information obtained from cluster management.

During the global integration process, it has been found that the automotive cluster is better internationalized than the textile cluster. The study, in terms of Clusters in Turkey, identifying barriers to global integration, and better of what should be done to the internationalization process serves as a guide.

**Keywords:** Internationalization, Clustering, Global Integration, Globalization.

# The Importance of Digital Leaders in the Business Transformation Process

**Emine Gündoğmuş**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, Turkey*  
**(0000-0001-5278-8694)**

**Pelin Vardarlier**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, Turkey*  
**(0000-0002-5101-6841)**

**Huriye Beyza Erdoğan**

*İstanbul Medipol Üniversitesi, Turkey*  
**(0000-0002-6451-5383)**

## **ABSTRACT**

In today's business world, businesses are increasingly digitized and reorganized into new digital organization structures. This change has brought the concept of digital transformation to the agenda. Digital transformation means that businesses develop new business models using digital technologies such as social media, mobile applications, data analytics, embedded systems, and realize all kinds of structural transformations in this context so that they can respond to new customer needs and gain competitive advantage. This digital transformation is changing existing businesses rapidly and fundamentally. Businesses that miss the digitalization trend are thought

to be slower, less flexible and less competitive than digital pioneers in the future. Leaders who can lead this transformation process appear as digital leaders.

Digital leadership as a concept, which can improve people's lives, well-being and conditions by using the wide access of technology; businesses are defined as people who can do the right things for the business ecosystem and the strategic success of digitalization. In the 21st century, where information is consumed rapidly like everything else, the biggest problem of today's businesses emerges as following these changes and adapting their structure and processes to this change. Rapid developments and changes experienced may cause inability to predict the future and making wrong predictions. The important thing is that leaders can make the right decisions at the right time and guide their audiences in the right direction depending on innovations and changes.

Businesses need a digital leader, a new type of leader with knowledge, skills and competencies that can keep up with this digitalization process. In the present study, the concept of digital leadership, which has gained importance as a result of the development of technology and the effects of these developments on businesses, is explained. Accordingly, the importance and role of digital leaders in the transformation process of businesses as transformation architects has been comprehensively evaluated. In the conceptual study, it is aimed to contribute to the literature by offering solutions on how businesses can adapt to the digital transformation process and how they can overcome the difficulties they may encounter in this process thanks to the digital leader.

**Keywords:** Digital Leadership, Leadership, Digital Transformation, Digitalization.

# Smart Transformation Application for Remote Test Management

**Aysam Akses**

*ENTES Electronics, Turkey*  
**(0000-0002-2230-8618)**

**Olgay Yilmaz**

*ENTES Electronics, Turkey*  
**(0000-0003-1255-3721)**

**Anil Civgin**

*ENTES Electronics, Turkey*  
**(0000-0002-1321-242X)**

**O. Emre Yelek**

*ENTES Electronics, Turkey*  
**(0000-0002-8228-7070)**

## **ABSTRACT**

Various tests can be applied depending on the designed product in the test laboratories where the institutions manufacturing industrial products evaluate their designs with their own means. The functions that the product should fulfill are evaluated under the specified working conditions. Tests performed to verify the design as stipulated by



applicable standards, generally under more challenging conditions are known as type tests.

In this study, an evaluation is made for the remote management applications of the tests during the remote working days of the laboratory, where the prototypes of the products at the design stage are tested in a private company engaged in the R&D, production and sales of industrial electronic products.

The issue of test design and test management is of great importance for industrial product manufacturers, especially as it evaluates the quality of the developed products and compliance with national / international standards. The fact that the tests require one-to-one observation and analysis, made it essential for the test personnel to be constantly stay in the laboratory environment. During the COVID-19 pandemic, which caused changes in working conditions all over the world, the ability to work and manage tests by providing sufficient distance conditions in test laboratories has brought many difficulties. In this study, during the pandemic period, application recommendations developed to overcome the obligation of the engineers managing tests to be in the laboratory while monitoring and controlling the tests by using smart systems are shared.

With the test management system that was developed and put into practice, a 7-person test team switched to a remote working system with 1 staff staying in the laboratory. Functional and type tests that evaluate the product but require direct physical monitoring, were managed remotely in cyber-physical structure.

Within the scope of this study, some electromagnetic compatibility (EMC) and environmental effects tests carried out in the company's Test Engineering department were managed from home by responsible engineers. Multiple tests were carried out simultaneously without the responsible personnel being in the laboratory environment and were reported simultaneously with the developed system.

The prominent points in the study can be listed as enabling the devices with communication capability to communicate within the scope of Industry 4.0, making the hardware tests that require physical monitoring to be monitored and managed by the responsible engineer

from the home environment, and including the devices that don't have communication in the application with simple but smart systems.

Especially in this period when remote working is encouraged, a solution has been provided for the obligation of test laboratory personnel to be in the laboratory, and at the same time, smart transformation has been achieved in the laboratory environment for test management.

The smart transformation described in the study includes engineering applications such as making existing test systems available for remote operation and changing the test management structure, rather than developing new test setups or purchasing new systems.

**Keywords:** Remote Working, Type Tests, Test Laboratory, Test Management.

# **Digital Transformation in Recruitment Processes: Virtual Interview Simulation System**

**Pelin Vardarlier**  
*Istanbul Medipol University, Turkey*  
**(0000-0002-5101-6841)**

## **ABSTRACT**

In today's businesses, it is seen that traditional methods are no longer sufficient to manage business processes. Business processes can only be managed using technology. The rapid developments in internet technology have differentiated the understanding and functioning of all processes, especially human resources management. The fact that the data and resource management of enterprises are more systematic and easily accessible in the digital environment has enabled the human resources department to carry out most of the work done in digital environments. Human resources management is also affected by this situation and it is seen that it is called digital human resources management. Enterprises use digital human resources systems while performing their human resources functions. In this direction, while businesses offer many innovations in the digital field to consumers, human resources also implement similar innovations for employees or candidates. Especially enterprises that invest in human resources management processes, and the number of employees increases, efforts for the use of human resources technology solutions are increasing day by day. Information technologies and applications for digital

transformation have become tools that businesses use to survive rather than make a difference.

With the increase in the use of communication technologies, "digital human resources management" has brought benefits such as increasing organizational efficiency and productivity, reducing bureaucracy. The human resources management recruitment process of businesses has also changed in the digitalization process. Thanks to digitalization, businesses can manage the recruitment process effectively and quickly. With digital recruitment applications, businesses can post their job postings on their own website and candidates who want to apply for positions can create their resumes through the system. The recruitment specialist can record the evaluations of the candidate's interview on the online platform. Taking advantage of innovative tools such as gamification to make the digital recruitment process more interactive attracts candidates in addition to the traditional recruitment patterns of competitors. Digital systems are used in the personnel selection process and it is ensured that the right candidate is selected for the right position. In this direction, recruitment specialists select the candidates needed for the job during the interview or eliminate the unsuitable candidates in this process. This situation creates a serious problem for candidates who do not have job interview experience although they provide sufficient requirements, especially for candidates who are new to business life. Having a digital platform where candidates can experience the interview process in advance and evaluate themselves will make the recruitment processes more efficient. The use of simulation systems by providing an interactive and creative environment in recruitment processes makes the recruitment process higher quality and higher performance. This section describes an effective interview simulation system, especially for trainees and recent graduates' recruitment. In this context, the Virtual Interview System, which is an interview simulation that allows candidates to have a job interview experience through the user interface, is explained in detail. Using the gamification mechanism for a certain purpose, Virtual Interview facilitates the candidate selection process by analyzing their competencies while not boring and entertaining candidates in the business world.

**Keywords:** Digitalization, Digital Human Resources, Digital Recruitment, Gamification, Virtual Interview, Simulation.

# **“Smart” Transformation of Cities: Open Data – Open City**

**Mikail Güneydaş**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-5918-472X)**

**Caner Güney**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-1620-1347)**

**Filiz Bektaş Balçık**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-3039-6846)**

**Hatice Atalay**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0623-5172)**

## **ABSTRACT**

Data that directly affect the quality of life in the city such as traffic density, air quality, temperature data obtained in real time by means of various sensors with the technological concept called internet of things as a result of the decrease in sensor costs with the development of information and communication technologies, the increase in cloud

computing capacity, which can be produced very quickly and at a low cost. This "big data" has begun to be shared through open data portals, which are rapidly becoming widespread in the world. As a result of this, today smart cities and open data researches have started to be handled together. Another reason for this is the positive effect of openness of data on smart city targets by sharing urban data via open data portals and generating value-added services from these data. In Turkey, especially in recent years open data portals developed by local authorities are emerging. There are studies that started with İstanbul Metropolitan Municipality and continuing with Küçükçekmece municipality and finally implementation with the data portal of İzmir Metropolitan Municipality. Thus, today's cities, idealized as smart and sustainable cities, are trying to achieve these goals with less cost and in a shorter time with open data portals and new opportunities provided by open data. However, there is no research showing that the openness of data sets and their contribution to smart city goals and sustainability is "measurable".

In this study, the relationship between open data and smart cities is examined from this perspective. The relationship between smart cities and open data has been researched over smart city indexes and open data indexes. The most well-known indices related to smart cities, the ranking methodologies of these indices and the results of these rankings have been examined. In the index methodologies examined within the scope of the study, it was determined that some of the indicators determined could not be calculated due to the lack of data. This situation is considered as an indicator of how much an open data ecosystem is needed even when ranking smart cities.

When the countries with both smart city and open data rankings are examined, it is seen that cities that are generally higher in open data rankings also rank higher in smart city rankings. It was concluded that different components were taken into consideration while calculating the smart cities index, and that one of these components is open data, but this alone is not sufficient to establish a causality relationship between the smart city and open data.

While generating comparison tools such as smart city index and open data indexes on a global scale, it is extremely important that the relevant institutions of the cities provide the necessary support in the

measurements of their fields and be in direct contact with the organization that generates these indexes. Because, in cases where sufficient information cannot be obtained from the relevant institutions in our country, the measurements may not be reliable. Therefore, in this study, it has been suggested that the relevant institutions and organizations should be in contact and collaborate with the international organizations that generate these indexes, and they should communicate the indicators that generate the index in order for our cities to rank at the top of both open data and smart cities rankings.

The smart city index is formed over many indicators due to its sub-headings such as smart environment, smart mobility and smart economy. On the other hand, in open data indexes; the openness levels of the relevant data set are examined depending on criteria such as machine readability, update status, free access of data. However, open state is defined through phenomena such as participation, transparency and collaboration. In this study, by examining open data portals, it was emphasized that there is a need for an “Open City” indicator set for ranking cities not only on the openness of data sets, but on open state principles such as participation, transparency and collaboration.

**Keywords:** Smart City, Open Data, Open City, Smart City Index, Added Value of Data.

# **New Generation of Disaster Preventive Structures**

**Afşin Ahmet Kaya**

*Gumushane University, Gumushane, Turkey*

**(0000-0003-2082-6478)**

## **ABSTRACT**

There are many definitions of disasters in the literature. In its broadest sense; "For human and other living things; It is a natural or human origin situation that disrupts natural life and social activities, causes physical, social, cultural and economic losses in the society and cannot be overcome by the affected community. Scientific data in all studies on this subject have shown that the measures to be taken for disasters should be done in a way that is equivalent to the disaster culture of the society. Until recently, society's view of disasters was the same as people's view of diseases at the beginning of the 19th century, that is, it was known as an "unpredictable, undesirable and unavoidable risk that is a part of daily life". With the increase in social development, scientific progress and the importance given to human life, the society's view of disasters has begun to change, and it has been perceived that disasters can be prevented or overcome with the least damage if necessary precautions such as diseases are taken beforehand. As a result of the development of technology and the increase in the human population, disasters are experienced in great degrees. Disaster Management; It is a very comprehensive form of management that



enables the use of all institutions and organizations of the society, together with all the institutions and organizations of the society, in the direction of this common goal, in order to prevent disasters and minimize damages, in order to plan the works that need to be done in the steps such as mitigation, response and improvement, and preparedness in a disaster event. In summary, an effective disaster management plan includes all the activities needed before and after the disaster. Active struggle with disasters can only be realized with an effective disaster management, which can be formed not by the work of individuals or various institutions individually, but by the working together of people with various experiences and different institutions and organizations, in fact the whole society. With an effective disaster management, people know how much risk their region has in terms of natural disasters. At the same time, they find out how the severity of a possible disaster may occur, how much this may affect them, and ways to overcome these effects with the least damage. Again, all the necessary works such as what should be done during and after the disaster, getting rid of the losses with the least damage, eliminating the confusion caused by the disaster, and returning the social life to its normal progress as soon as possible are also carried out with an effective disaster management. As a result of the disasters experienced, innovations have emerged under the name of Disaster Preventive Structures in order to prevent and minimize them. These structures, which continue to develop with the advancement of technology, are constantly changing. It is important to determine the disaster prevention structures suitable for our age, to design them according to the countries, and to minimize the loss of life and property. Due to the long recovery processes of disaster-affected countries, it is inevitable that economic problems will arise in these countries after the disaster. The necessity of actively using the inventions and developed structures around the world emerges. The aim of this study is to determine the proven disaster prevention structures or systems used around the world, and to ensure that the disaster technology in our country is brought to a higher level.

**Keywords:** Disaster, Disaster Prevention Structures, New Generation Disaster Prevention Techniques.

# Smart Cities and Spatial Informatics

**İzel Çelikkaya**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-6247-0847)**

**Furkan Bacak**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-8393-8453)**

**Ceyhan Sarı**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-2311-329X)**

**Hatice Atalay**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0623-5172)**

**Caner Güney**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-1620-1347)**

**N. Necla Uluğtekin**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-8823-595X)**

## **ABSTRACT**

The United Nations' World Urbanization Expectations 2018 Revision predicts that until 2050, 68% of the world population will live in cities. Such rapid increase in urbanization will bring many problems. Therefore, more resilient, smart, efficient and sustainable cities are

needed today. Smart city is an urban service concept that mainly utilizes Information and Communication Technologies (ICT) to ensure sustainability for urbanization problems that increase especially with population growth. ICT is mainly a smart network consisting of internet-connected objects and machines that basically transmit data using cloud technology. In smart cities, it is aimed to design a more livable urban life by combining the data obtained from smart objects with physical infrastructure of the city and urban services. This requires the establishment of spatial data/information infrastructure in smart cities. The most fundamental component in spatial data infrastructure is geodetic infrastructure. A geodetic infrastructure in a single accurate and reliable datum is needed for digital land planning and usage where natural and artificial objects can be associated with each other. Spatial data infrastructure is an infrastructure that facilitates the discovery, access, management, distribution, reuse and protection of digital spatial resources and it ensures interoperability of thematic and spatial information. This infrastructure constitutes the political and technical infrastructure for the coordination of spatial data sets produced by different institutions, organizations and individuals for different purposes. With the use of data/information based on a spatial data infrastructure, smart cities can be prepared against multiple disaster risks.

Urban areas are the areas with the highest risk of disease transmission, especially as seen in COVID-19 pandemic. Most of the smart cities in the world have not been able to win the war against to the pandemic. This has shown that the infrastructures of smart cities are still not fully prepared for such a pandemic and other types of natural disasters. Spatial data infrastructure should be developed for improving the infrastructure of the smart city; these data should be evaluated, visualized correctly, shared with stakeholders and continuously improved depending on a user centered model. In addition to the structured spatial data produced by the institutions, sensors within the city and unstructured real-time data produced by citizens also play an important role. Today, with the pandemic, many technologies have been developed, and existing technologies have been adapted to support the fight against COVID-19. Sensors form the basis of these technologies. Health practices in the city can be improved by performing analyzes such as monitoring patients in contact with

sensors, monitoring the spread of the disease and determining the density of public transportation. By using data obtained from state institutions, sensors in cities and Geographical Information System (GIS) technology; analyzes can be performed about the spread and trace of the disease. Thus, decision support processes can be operated and many different maps can be produced. The spread of the disease, the situation of hospitals, vaccination, etc., visualization of real-time data on cases can be shared with citizens and city administrators. However, these data is produced by non-experts and not produced in a multi-disciplinary manner; it naturally causes the stakeholders to be mistaken and even panicked as a result of geodetic, thematic and visual misinterpretations. Within the scope of this study, the importance of spatial data in terms of countries' struggles with earthquakes, drought and COVID-19 in the age of multiple disasters and current technologies that can be used during the pandemic for communicating spatial information will be discussed. Information will be given about spatial data obtained using spatial information technologies how can be integrated with spatial intelligence tools.

**Keywords:** Smart Cities, Spatial Data, Information Visualization, Spatial Intelligence, Disaster, COVID-19.

# Smart Cities and Cartographic Visualization Problems

**Hatice Atalay**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-0623-5172)

**N. Necla Uluğtekin**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-8823-595X)

## **ABSTRACT**

Technological developments in areas such as the internet of things, smart systems, artificial intelligence, cloud computing, robotics that came into our lives with the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) brought the concept of smart cities to the agenda. Smart cities are defined as cities that use information and communication technologies to make critical infrastructure components and services more conscious, interactive and efficient. In this case, the problem arises of converting the spatial data collected into real-time knowledge. Today, spatial information acquired within the scope of smart cities is generally shared with citizens through dashboards. Geospatial dashboards are the interfaces used to visualize and analyze a specific phenomenon mostly related real time urban data. Geospatial dashboards consist of a map with associated diagrams and graphs. Perhaps the most popular dashboard known about COVID-19 pandemic is the one created by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University using crowd-sourced

data with support of Living Atlas Team. This panel shows the location and number of confirmed COVID-19 cases, deaths, and improvements. With the democratization of cartography and the spread of open data concept, non-specialists also produce various maps using urban data. Maps are abstracted representations of earth's reality defined by symbols in order to reveal the hidden information underlying the complex structures. In addition to the geometric and/or geodetic problems in transferring the three-dimensional model into a two-dimensional plane, it is also known that data gain different meanings by using different types of geovisualization. Cartographic visualization is performed on the basis of rules, conventions and traditional methods depending on scale, purpose and user of the map and the characteristics of the display environment. Maps also act as a communication tool between the map user and map maker. However, as a result of the geovisualizations without considering the cartographic perspective, it is possible for the maps to transmit incorrect information and to be misunderstood/not understood by map user. Nowadays, in addition to incorrect data and information, the rapid spread of incorrect maps and geovisualizations like viruses (go viral) makes people panic. Maps shared by celebrities are an example of viral cartography. Viral maps are sometimes a problem for its maker and publisher. Research has revealed that it is possible to lie and even make policies (propaganda maps) with maps. Within the scope of this study, the rules that should be applied in order to share readable/understandable information coming from the big data of smart cities with citizens and provide correct communication will be mentioned with examples.

**Keywords:** Smart City, Cartographic Visualization, Dashboard, Cartographic Rules.

# **Investigation of Sustainable Tourism Opportunities with Smart City Planning**

**Alp Deveboynu**

*Giresun University, Giresun, Turkey*  
**(0000-0001-5391-3434)**

**Ebru Bilici**

*Giresun University, Giresun, Turkey*  
**(0000-0003-0532-0890)**

**Nazlı Eser**

*Giresun University, Giresun, Turkey*  
**(0000-0002-4243-9463)**

## **ABSTRACT**

With the rapid development of mass tourism activities in natural and cultural structures, increasing demand and unplanned use, their sustainability is endangered. Due to these type using, it is generally on the natural environment; It can cause damages such as water, air, noise, sight, solid waste pollution, endangerment of flora and fauna, soil erosion. In cultural buildings, it can cause the destruction of historical and architectural values. Today, the concept of sustainability has gained importance in tourism as in many sectors. In this context, when a country's or region's tourism planning is made, the need to pay attention not only to the economic and social effects of tourism but also to its positive and negative environmental effects has emerged.

The use of natural resources for tourism purposes can cause irreversible damage and even disappearance. Considering the limited natural resources and the risk of exhaustion, the concepts related to the positive and negative effects of tourism activities on the environment were examined in this study, and the application possibilities and importance of sustainable tourism were mentioned considering these effects. Smart cities can be defined as areas with various types of electronic data collection possibilities in order to provide information used to efficiently manage resources. Smart cities can be used in areas such as public safety and environmental protection as well as meeting daily needs for urban planning purposes. Smart cities provide the opportunity to reach positive and negative detailed data on natural and cultural structures. For this purpose, tourism studies carried out in smart cities were examined. It has been determined that the planning and infrastructures created in smart cities will make a significant contribution to sustainable tourism. In smart city planning, especially in natural and cultural areas that will cause irreversible damages due to misuse, it is possible to carry out tourism activities in a more planned manner.

**Keywords:** Smart Cities, Smart Tourism, Sustainable Tourism, Mass tourism.



# Container City Needs After Disaster Housing Process

**Elif Çelenk Kaya**

*Gumushane University, Gumushane, Turkey*

**(0000-0002-7811-7669)**

## **ABSTRACT**

As the most general definition accepted by the United Nations, it is defined as "all kinds of natural, technological and natural technologies that can cause great physical effects for people, cause economic, social and psychological losses, affect societies by stopping or interrupting normal life, and cannot cope with local opportunities. All events of human origin or human origin are called disasters.

In order for a natural, technological or man-made event to result in or reveal a disaster, losses on communities and settlements must occur, cannot be overcome with local opportunities and resources, and human activities must be disrupted, interrupted or affect a settlement. Earthquakes are the most common type of natural disaster in our country. Earthquakes are one of the most destructive natural events in which structures can be damaged and destroyed depending on their size and loss of life is seen. Our country is located in a geography that can be described as "high risk" in terms of earthquakes due to the geological structure on which it is located. Turkey is located on the Alpine-Himalayan seismic belt, which is one of the active seismic belts of the world, and 42% of the country's surface area is on the first degree

seismic belt. Because; It is of great importance to take the necessary precautions by knowing the characteristics of earthquakes, their effects and consequences. Due to the consequences, it creates after earthquakes, it causes a lot of damage to people's lives with its negative effects. Of course, the biggest damage of the earthquake is the loss of life. In addition, many buildings are damaged lightly or heavily, or become completely uninhabitable and are demolished, which brings about temporary migration situations. Housing problems of the victims and the health problems that may arise due to this, their psychological effects, food problems, and the disruption of the education of the students are among the situations that they are exposed to. It is one of the most important issues to direct people to safe areas where they can gather together after a disaster/emergency situation and to meet their shelter needs. Temporary accommodation is a period in which there are temporary solutions for accommodation after the emergency shelter, until the construction of permanent residences is completed. The need for shelter should be provided temporarily after the earthquake so that the citizens should be able to meet all their needs and needs in order to continue their lives. Determining and planning these temporary shelter areas before the disaster, ensuring minimum standards, and designing them in accordance with changing needs will contribute to the humane life of the disaster victims. Many types of shelters have been used so far to be used after the earthquake. In this study, the importance of shelter for disaster victims and the need for a container city, which is one of the types of shelter, are mentioned. Considering the examples that have been used in the past, it is stated in this study that the container city is suitable in all respects and can be recommended as one of the post-disaster shelter choices.

**Keywords:** Disaster, Earthquake, Shelter, Container City.

# **Global Warming Potential of the Construction of a Building in Yalova**

**Can Sönmez**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-1589-7274)**

**Nilay Elginöz Kanat**

*IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Sweden*  
**(0000-0001-6635-6163)**

**Fatoş Germirli Babuna**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-0365-2373)**

## **ABSTRACT**

Nowadays a rapid growth is observed in the construction sector especially in urban areas where highly dense populations reside. Houses, commercial buildings, schools, hospitals, hotels, factories etc. constitute a significant part of these constructions. Encouraging urban transformation also accelerates the construction sector. On the other hand, construction works are among the activities that contribute to global warming as such endeavours require substantial inputs of natural resources and energy. In this respect, environmental sustainability studies performed on construction sector is of importance. Life cycle assessment is a methodology that yields objective outcomes by adopting a holistic approach to appraise the environmental impacts.

The use of life cycle assessment methodology can be applied during construction works, usage stage and/or end-of-life phase. In this study, the global warming potential of the construction phase of a concrete reinforced wainscoting building is analyzed by adopting life cycle assessment methodology. For this purpose, GaBi v4.3 software and the Professional database is used. The impact assessment is evaluated according to CML 2001 method. Data from an actual construction site is collected for about 6 months. The building that has total living area of 196 square meters, is in Yalova, Armutlu. System boundaries are limited to the construction phase of the building. Apart from all the activities related to the construction such as excavation, disposal of excavated soil, production and pumping of concrete etc.; production of the construction materials and their transportation to the construction site are covered as well. One square meter (m<sup>2</sup>) of living area is defined as the functional unit for this study. Same functional unit is used in similar studies. The results denoted that a global warming potential of 429 kg CO<sub>2</sub> equivalent per square meter living area is generated during the construction. Of this total global warming potential, 25 % comes from steel, 20 % from wooden parts, 15 % from aerated concrete. The rest of the global warming potential is of tile, glass, rockwool and transportation origin.

**Keywords:** Building, Construction, Global Warming, Life Cycle Assessment, Environmental Impacts.

# **Determination of Basic Wind Speeds for the Marmara Region**

**Önder Umut**

*Işık University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-7678-218X)**

**Zeki Haşgür**

*Altınbaş University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-7769-5678)**

## **ABSTRACT**

In Turkey, especially in the Marmara Region, the number of high-rise buildings is increasing day by day and the effects of the wind come into prominence in design. The effects of environmental loads on structures such as winds are considered as loads acting at an unknown time interval. In addition to multi-storey buildings, the number of wind turbines providing renewable energy in Turkey has been increasing rapidly in recent years. Wind speeds, which will affect the structure, are of great importance both in the design and operation of the wind turbine. Especially in the design of tall buildings, knowing the wind parameters such as the gust factor, basic wind speed, turbulence intensity of the area where the structure will be built allows a realistic and reliable assessment to be made. Wind speed can be divided into two components, static and dynamic wind speeds. The static component represents the average wind speed over a period of time, and the dynamic component represents the fluctuations around this

average wind speed. Dynamic wind speed is expressed as turbulence. Turbulence creates a dynamic effect on the structure. In order to reveal the behavior of the structure under the influence of dynamic wind, the behavior of the structure is examined using random vibration theory. Determining the behavior of slender tall structures under the influence of wind is extremely important for building design. In structural design, one of the first steps in finding the design wind load is to obtain the basic wind speed. Wind pressure depends on the basic wind speed. The basic wind speed should be determined by meteorological measurements. The basic wind speed, one of the most important wind parameters, is the wind speed corresponding to the probability of exceeding the 10-minute average wind speed at least once in 50 years. Measurements should be made in an open field at a height of 10 meters from the ground. For wind speeds, extreme values corresponding to a low probability of exceedance need to be estimated, and these estimates should be made for the maximum wind speed exceeded every T year. In this study, it is aimed to obtain the wind speeds corresponding to the probability of exceeding once in 50 years by using the wind data obtained from the Marmara Region meteorology stations. In order to obtain the wind speeds recorded at the wind stations in the Marmara Region, an application is made to the Turkish Meteorological Data Archive System and the wind speeds recorded between 1975 and 2016 are obtained. Since the wind speeds provided by the Turkish Meteorological Affairs Meteorological Data Archive System are hourly data, these data have been converted to 10-minute speeds. The recording times of wind speed stations vary. In order to make a more realistic analysis, stations with less than 20 years of data are eliminated, for the 30 stations with more than 20 years of speed data (Ayvalık, Balıkesir / Gönen, Bandırma, Dursunbey, Edremit, Bilecik, Bozüyük, Bursa, Keles, Uludağ, Bozcaada, Çanakkale, Gökçeada, Edirne, İpsala, Uzunköprü, Florya, Kadıköy Rıhtım, Sarıyer, Sarıyer, Kumköy - Kilyos, Şile, Kırklareli, Kocaeli, Geyve, Sakarya, Çorlu, Malkara, Tekirdağ, Çınarcık, Yalova) for a period of 50 years, the maximum wind speeds are calculated and the basic wind speeds of the Marmara Region are obtained by performing extreme value analysis. It is observed that the basic wind speed values vary between 21.7 m/s and 37.9 m/s. Based on the basic wind speeds obtained from the 30 stations used in the analyses, it can be said that the average basic wind speed value of the Marmara Region is approximately 30 m/s. The basic wind

speeds obtained for the Marmara Region will be an important data in the design of high-period multi-storey structures, wind turbines and suspension bridges to be built in this region. The obtained values will be an important data in the basic wind speed map to be created for Turkey.

**Keywords:** Basic Wind Speed, Marmara Region.

# **Ergonomic Constrained Mixed Model U-Shaped Assembly Line Balancing**

**Mahammadalı Nahmatlı**

*Eskişehir Technical University, Eskişehir, Turkey*  
**(0000-0003-2542-5059)**

**Banu Güner**

*Eskişehir Technical University, Eskişehir, Turkey*  
**(0000-0001-7929-8126)**

## **ABSTRACT**

In this study, Ergonomic Constrained Mixed Model U-Shaped Assembly Line Balancing Problem is discussed. The aim of the study is to assign the operators the workload more ergonomically and to minimize the number of workstations. Thus, a more sustainable production flow will be achieved. In traditional assembly line balancing problems, grouped tasks are assigned to the operators, mostly considering task time, precedence relationships and cycle time. The ergonomic loads of the assigned tasks and the factors such as fatigue and strain that these loads may cause on the operators are not considered. In recent years, it has been seen that some studies have considered ergonomic factors in order to achieve a more sustainable assembly line balancing. In the study, a mixed integer programming model has been developed for the solution of the problem since the workload of the operators will increase when the assembly layout is U-



type and mixed model production is made. Within the scope of balancing the ergonomic risk in the model, the Quick Exposure Check (QEC) Method was used, and QEC scores were calculated as a result of the observations made in a damper factory. The mathematical model has been handled in a multiobjective structure. The model is minimized both the QEC score value of the station with the highest QEC score and the number of workstations. In the model, additional constraint structure is used for the tasks that should not be assigned to the same workstation. The solution for the developed model has been obtained by using GUROBI. The model was tested on small and medium sized test problems, and also solutions were obtained for observed data in damper factory. Since the weighted objective function structure is used, solutions for different weight values were analyzed. Even if the weight is used at the smallest value for the ergonomic factor, it has been observed that the model makes balanced assignments to the stations. From an economic perspective, minimizing the number of workstations is a more important objective for management, as it minimizes the number of workforces. Although the weight of this objective is defined more importantly, obtaining more ergonomically balanced workstations is an important contribution of the study.

**Keywords:** Mixed Model U-Shaped Assembly Line, Assembly Line Balancing, Ergonomic Factors.

# Reengineering in Operating Model: Business Process Reengineering in Banking Processes

**Devrim Rodop**

*Beykent University, Istanbul, Turkey*

**(0000-0002-7092-3666)**

## **ABSTRACT**

Operation model; it is the structure that allows products and services to serve customers by regulating the relationships between employees, organizational structure, processes and technology. Defines the core business capabilities required to execute the business strategy; discusses how each capability is connected and designed in terms of components to ensure efficiency. The process component, which is an important part of the operation model, is handled with the system approach and examined in terms of inputs, outputs, performance criteria and continuity.

This study was carried out by addressing the banking activities of a foreign deposit bank with 13 branches operating as an international financial institution and with a total of 270 employees and implementing the Business Process Reengineering-BPR method on business processes.

Within the scope of the study, the 40 main banking process in the bank was examined with a complete approach, i.e. the demand from the customer, taking into account all the flows from the delivery of the product or service to the customer.

The main problems in this study are; The presence of flows that lead to bottlenecks in workload distribution among the employees who carry out sales, operations and control activities in the branch, the fact that the staff carrying out the sales activity spend a lot of time on operations, that they do not have time to actively turn to sales, and that the delivery times in the services or products offered to customers are much longer than other competitors in the country.

For this purpose, 40 business processes within the scope were observed in the field and dealt with from start to finish and improvements were made with reengineering.

An important point in this study is that all the results obtained do not cause any additional costs or changes to the main banking or support software systems used, and no software changes are needed at all.

Information technology offers new advantages to business operations and is used as a tool for business process reengineering those cross various functional lines. However, despite the significant growth of restructuring business processes, such projects may still fail and not achieve the intended results. In this study, which focuses on banking processes that require the use of heavy technology, as technology-based improvements require very high costs and time, the technological dimension in the processes is limited to the use of existing facilities and focuses mainly on process design. Besides, the scope of the study included documents used in flows to increase the effectiveness of BPR. The main success of the result is based on this integrated approach.

This study clearly demonstrated the effect of reengineering on business outcomes when applied effectively. In particular, the effect of managing business processes effectively has been proven.

As a result, the Bank's sales power is restructured and grew 3.85 times with reengineering on business processes without any additional infrastructure or personnel costs. The savings from process reengineering alone is calculated as USD 170,000 /year. The decrease in process costs is determined as an average of 20%.

**Keywords:** Reengineering, Process Management, Productivity, Business Results.

# **Kaizen Approach in Occupational Health and Safety Management, Individual Creative Suggestion System Application Example**

**Lütfiye Küçük**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
*Toyotetsu Automotive Parts Industry and Trade Inc., Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-0904-0389)**

**Mustafa Yağımlı**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-4113-8308)**

**Hakan Tozan**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0479-6937)**

## **ABSTRACT**

In systems such as the lean manufacturing system where production is just on time, working without stock, and where planning is extremely sensitive, the loss of time due to process errors and quality errors is as important as the time losses that may occur based on occupational health and safety. One of the most important indicators of a company's

productivity is its ability to detect and eliminate losses in production. Losses are not only related to production continuity and quality defects, but also directly related to the human element that covers all these processes. The most important resource of businesses is seen as human resources. Hence, occupational accidents and occupational diseases that restrict or reduce the use of human workforce are among the issues that need to be addressed within the scope of continuous improvement. Continuous improvement is accepted as an applicable principle for occupational health and safety from this point of view. In addition, it is extremely important to make this system sustainable and participatory as well as creating a safe working environment in terms of occupational health and safety. Reflecting the activities aimed at continuous improvement and development such as kaizen, with the support of senior management, to occupational health and safety practices both creates a safe working environment and increases the sense of ownership and belonging to occupational health and safety by employees. In this study, the kaizen (continuous improvement) system applied in occupational health and safety management in an automotive sub-industry production plant, which has adopted the philosophy of individual creative suggestion is detailed. In the introduction part of the study, the concept of continuous improvement is explained and a literature study is given by mentioning the historical development of continuous improvement, also known as kaizen. The type of research, population and sampling characteristics, data collection method and sample limitation are given in the material and method section. In the observation and findings section, the distribution of responsibilities of the kaizen management process in the company, which is the subject of the study, is mentioned, and the principles of both the general operation of the system and the evaluation and rewarding process of individual kaizen suggestions are given. In the application part where sample kaizen suggestions are explained, scoring and evaluation of the suggestions are also made. The discussion and conclusion part, on the other hand, listed the benefits of the individual suggestion system for both the company and the employee. There are many studies on continuous improvement methods in the literature, and these publications were mainly prepared for the improvement of production efficiency and quality indicators. This study, on the other hand, explained the relationship of continuous improvement with occupational health and safety processes through the individual

suggestion system, and in this respect, it will set an example for other researchers who want to work in the field of occupational health and safety.

**Keywords:** Kaizen, Occupational Health and Safety, Individual Creative Suggestion, Safety Culture, Lean Production System, Continuous Improvement.

# Reference Model Development for Turkish Airlines Turnaround Management (TMAN) Project

**Hikmet Yılmaz**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-6349-2642)

**Alper Canbaz**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-5806-3133)

**Aziz Kemal Konyalıoğlu**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-2443-5063)

**Tuğçe Beldek**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-5581-3541)

**Hatice Camgöz-Akdağ**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-9818-6012)

## **ABSTRACT**

Lead time at a service industry is determined by the satisfaction of the customer. At an airport, passengers follow some steps before their flight and if there is a delay, this will lead to customer complaints about the airline company. Airlines has been working seriously to improve

their turnaround processes. Turnaround process includes all the period from arrival to departure of an aircraft. Aircraft turnaround operations; It is the whole of the operations planned for the same aircraft from the landing of the aircraft at the airport to the next flight. These aircraft turnaround operations include all passenger, crew, food services, cargo and baggage change activities, including arrival and departure on board. For this reason, it becomes important to track all the ongoing operations on the aircraft during the turnaround phase and to automatically deliver them to the Operations Control Center. This allows the Operations Control Center to quickly face situations that impede flight punctuality, make quick decisions, decide on the responsibilities of all activities and calculate their performance. These control and account activities are carried out by manual means or telephone communications, which results in unreliable data and delays. The data has become more dubious due to the human factor involved and the need to monitor flight preparations. This project takes its starting point from this case. It is aimed to undertake a study that will benefit our project partner Turkish Airlines. previous researches and projects are examined by literature review and preparation for the next steps is completed. The data obtained in the name of the process and lived experiences are compared with Turkish Airlines processes, and for the model to be developed the intellectual infrastructure has been strengthened. In order to develop turnaround process, Critical Path Method, Resource Constrained Project Scheduling Problem, modeling techniques and monitoring systems has decided to be used to create a reference model in this project. After that, for the reference model, in the first phase constraints were examined the constraints and constraint data was created. All activities that occur in the turnaround process by analyzing the flow, relationships were defined between activities and activity flow charts have been created. Created restricts and the work flow are integrated and programmed in the reference model, real-time monitoring and evaluation facilities of turnaround process is provided. In the so critical process for all airlines, Turkish Airlines is expected to increase efficiency significantly, by the developed model.

**Keywords:** Process Management, Critical Path, Activity Relationship Analysis.



# **Robust Scheduling and Schedule Optimization Approaches Under Operational Uncertainty**

**Bulent Soykan**

*Old Dominion University, Norfolk, USA*  
**(0000-0002-7958-2650)**

**Serpil Erol**

*Gazi University, Ankara, Turkey*  
**(0000-0001-5655-3665)**

## **ABSTRACT**

Businesses have to make their planning and decision processes more effective and efficient in order to create schedules that can provide advantage to the business in an increasingly competitive environment. The operations of many businesses consist of many activities that are dynamic, highly uncertain, and interdependent. The constraints faced in this operational environment naturally complicate the schedule planning process. Therefore, businesses need decision support systems based on operations research techniques to overcome this complexity.

In practice, schedules created during the planning phase are rarely implemented as planned as a result of operational disruptions. Thus, in scheduling problems, operational uncertainty needs to be considered

"proactively" in the planning phase or "reactively" in the implementation of the schedules.

It is not realistic to completely eliminate the problems that may occur during the implementation of the charts. However, the location, time and probability of occurrence of disruptions can be predicted and as a result, their potential negative effects can be reduced. It is thought that most of the delays that cause disruption of the planned schedule are caused by external factors such as bad weather conditions and physical conditions. However, a significant portion of the delays are due to insufficient scheduling of the main resources that need to be planned. With the robust scheduling method, it is aimed to produce solutions that are less fragile against disruptions, easy to reschedule or repair (recover) when necessary, and minimize actual operational costs.

In the context of robust optimization, "resilience" refers to the generation of a feasible solution for all possible values of the input parameters. Stochastic programming, on the other hand, treats the term "resilience" differently from the robust optimization approach. Stochastic programming takes a less conservative approach to uncertainty. Input parameter values are taken into account with certain probabilities and the expected value of the objective function value is tried to be minimized. Violation of any constraint is usually tried to be prevented with a penalty value placed on the objective function, or some constraint is treated as a chance constraint by assigning a probability value.

Although robust optimization is also considered as a branch of stochastic programming, it is not necessary to know the probability distributions of random variables in robust optimization. Another advantage of robust optimization is its computational tractability. In addition, although data containing uncertainty are taken as input, the results produced are absolutely free of uncertainty. An overprotective approach that takes into account worst-case scenarios with robust optimization is very difficult and costly to implement. For example, taking into account the worst-case scenario for a low-probability delay is unnecessary in most cases. For this reason, robust optimization approaches are not applied very often in practice.

Existing decision support systems used by businesses to create schedules in an increasingly competitive environment create tight

schedules to make maximum use of the resources used. Because for businesses, every additional time that all kinds of resources are idle means loss. However, this makes each resource critical and in the absence of any resource it causes disruption of all activities and tasks that depend on that resource. Therefore, although the planned costs of the schedules are low, the operational costs will be much higher in case of any disruption. In this study, the results of the literature review on robust scheduling and schedule optimization approaches that take into account operational uncertainty are included. The robust modeling and optimization approaches offered are applicable to transportation, healthcare, military, etc. It is applicable to resource planning and scheduling problems in many areas.

**Keywords:** Robust Scheduling, Stochastic Programming, Robust Optimization, Recoverable Robustness, Multi-Objective Optimization.

# **Selection of Particle Swarm Optimization Algorithm Parameters via Full Factorial Design of Experiment in Continuous Unconstrained Optimization Problems**

**Serkan Mutlu**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-2809-2555)

**Banu Güner**

*Eskisehir Technical University, Eskisehir, Turkey*  
(0000-0001-7929-8126)

## **ABSTRACT**

Algorithms inspired by the collective behavior of species such as ants, bees, hornets, termites, fish and birds are called Swarm Intelligence Algorithms. Swarm Intelligence stemmed from the social behaviors of these species that emerged as a result of competition arising from needs such as food and security. Particles in Swarm Intelligence-based algorithms are simple agents and act in the decision space by communicating indirectly. The swarm intelligence algorithms that are frequently used in continuous and combinatorial optimization problems in the literature as Ant Colony Optimization and Particle

Swarm Optimization algorithm. The Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, which is developed by influencing the swarm behavior of birds and fish, is a preferred algorithm in many optimizations, machine learning and engineering problem solutions. The PSO algorithm has 5 input parameters: swarm size, number of generations, inertia weight, individual and social learning factor. These 5 parameters should be determined very well in order to provide a good converge and reach the optimum solution. In this study, five parameters in the PSO algorithm were selected using the Full Factorial Design of Experiment and Response Surface Methodology for continuous unconstrained optimization problems. In this context, the PSO algorithm for six different continuous optimization problems was coded with Python and 17280 different experiments were made automatically. The obtained results were transferred to the Minitab program and Analysis of Variance (ANOVA) was made. In this way, the effect of each parameter in the PSO algorithm on various continuous optimization problems has been extensively investigated. As a result, best PSO algorithm parameters are selected as 50 for swarm size, 25 for number of generations, 0.9848 for inertia weight, 0.5152 for individual learning factor and 2.000 for social learning factor. In further studies; By adding different Continuous Optimization Problems, the best parameter values can be updated. Best Particle Swarm Optimization Parameter values for Combinatorial Optimization Problems can be found with the help of Experimental Design. While making comparisons between different metaheuristic algorithms developed for different problems, comparisons can be made in the light of the best parameters by including the experimental design. By including solution times, parameter estimates can be made for solving problems that require high processing power.

**Keywords:** Particle Swarm Optimization, Parameter Selection, Design of Experiments, Response Surface Methodology.

# **Contribution of Industry 4.0 to Occupational Health and Safety Issues in Construction Projects**

**Begüm Erten**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-7148-6402)**

**Gözde Sezgin Tunçay**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-0348-0540)**

**M. Yekcan Mahmutoğlu**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**0000-0003-3215-0997**

## **ABSTRACT**

The industrial developments, especially followed by the Industrial Revolution throughout the world, have affected Inter-Country Competition and sectoral developments. Today, technology developing together with Industry 4.0 raises the importance of significant concepts such as productivity, economic growth, sustainability, digitalization, information technologies and information security. The rate of integration to the new approaches that come with Industry 4.0 is becoming a determining factor in the level of

development and competitiveness between sectors, as well as between countries. With these aspects, innovative approaches that come with Industry 4.0 are adopted quickly, especially in manufacturing and industrial applications. The fact that the construction sector, which is a multidisciplinary area within the scope of project processes, has a more traditional structure delays the integration of developments and innovations with comparison to the developments and the harmonization processes of the sectors.

In the face of the increasing number of projects and the complexity of construction projects, the lack of innovation in project management practices is considered as the main reason for low productivity in construction projects. In addition to this, this lack of integration leads to incremental costs of construction projects, reduced productivity, time extensions, and vulnerability in occupational health and safety. For this reason, the concept of sustainability, which is increasing its importance especially in line with developments around the world, makes the concept and perspective of construction 4.0 inevitable for the construction sector.

Although the construction sector is predominantly based on manpower, it contains different hazards and risks in line with the activities carried out. According to the statistics of Social Security Institution (SSI) 2013-2018, the construction sector ranks second in the number of occupational accidents, first in fatal occupational accidents and third in the number of employees experiencing occupational disease.

In this study, an integrated approach to Industry 4.0 applications in construction projects with OHS 4.0 and Construction 4.0 perspectives are presented. It is aimed that the results obtained will increase the coordination and effectiveness of occupational health and safety (OHS) by expanding the work of Industry 4.0 in construction projects supporting with legal regulations. In this context, problem determinations and analysis were carried out in terms of OHS in line with field observations and literature studies in construction projects. The results of the literature are expressed together with occupational accidents and their causes in construction projects, the prevention of accidents and the importance of Industry 4.0 practices in this context. The literature results obtained by examining the causes of accidents and losses in the construction sector were re-evaluated with field

observations. Field observations have supported the result that OHS management processes are an integral part of project risk management from the start of the project of construction projects. In addition, aspects of Industry 4.0 components that can contribute to project processes in terms of OHS are expressed. However, related to literature research in the field, in the integration of Industry 4.0 and construction sector and sectoral OHS practices the factors as the policies of countries, socio-cultural structure, employers' initiatives, economic concerns, etc. also played a role is supported. In this respect, it is seen that legally-binding and policies also play a role in ensuring equal development in sectoral applications. In this point of view, legal regulations in accordance with sectoral needs and scientific developments are emerging as a contributing factor. The necessity of Industry 4.0 integrations in order to reduce the losses that may occur in the project processes, to ensure the sustainability of the project management processes, and to enable the employees to continue their activities in a healthy and safe working environment, has been evaluated in the perspective of OHS with literature researches and field observations. As a result, it is aimed to provide a promptive perspective to the proactive approach by contributing to the sector stakeholders and research and development (R&D) studies.

**Keywords:** Industry 4.0, Construction 4.0, OHS 4.0, Occupational Safety, Project Management, Sustainability.



# **Analysis of Manually Cable Pulling Process in Refinery Construction Site on the Pipe Rack with OWAS**

**Hakan Erdoğan**

*İstanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0001-8351-7969)**

**Mustafa Yağımlı**

*İstanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0003-4113-8308)**

## **ABSTRACT**

Ergonomics is a technique that uses various sciences and fields of knowledge in an interdisciplinary way. With ergonomic approaches, not only the prevention of work accidents and occupational diseases, but also the protection and development of the mental and physical well-being of the employees, it is possible to improve the working environment and conditions and make them suitable for the employees. Inappropriate postures in jobs that require the use of manpower cause musculoskeletal disorders, production inefficiency and an increase in absenteeism. As a function of posture, strength, and time sequence parameters, the musculoskeletal system is loaded with musculoskeletal system disorders. The heights and working areas of the piperacks vary in the refinery construction. The manual cable pulling process is mostly

done in non-ergonomic working conditions and postures. Reducing musculoskeletal system disorders can be achieved by using one or more of the ergonomic risk assessment methodologies together with improvement and corrective actions according to the results obtained.

This work was carried out in the Volgograd Deep Conversion Project, which is within the scope of the industrial project of construction company Tecnicas Reunidas S.A in Russia. In the project, there were different working teams such as pipe group, mechanical group, welding group, paint and insulation group, occupational health and safety group, test group, electrical group. In the study, cable pulling activities and health records of 135 workers working in the electrical group were observed. It was obtained that the employees had musculoskeletal disorders such as back pain, hand and elbow pain, and there were serious increases in temporary incapacity.

Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) is one of the widely used simple observation-based ergonomic risk assessment methods. For the method, all postures of the workers in the cable pulling process at the refinery were photographed. The average force exposed was measured with a mechanical force gauge. The action category was determined for different posture combinations, which were determined by evaluating the equivalents of four codes in back posture, three codes in arm posture, seven codes in leg posture, and three codes for force use. The OWAS methodology was obtained as a result of the action situation of the work done according to the action situations, the posture that has harmful effects on the musculoskeletal systems and the implementation of corrective actions in a short time.

As a result of the ergonomic risk assessment, corrective actions were implemented for the manual cable pulling process on the pipelines in the refinery construction. Within this scope, theoretical and practical trainings on correct posture were given to the employees. Mechanical and hydraulic cable pulling equipment was provided. The number of portable pulley systems on electric trays has been increased. The rest periods and durations of the employees were increased. It was ensured that the activity was carried out for short periods, especially in cold weather. Manual cable pulling distances have been reduced and updated all risk assessments. The number of field inspections has been increased. The number of employees with musculoskeletal system

disorders in the report obtained from the occupational physician within a six-month period before the study was 73 people and the period of temporary incapacity for work was 448 days. After the corrective actions, the number of employees with musculoskeletal system disorders decreased by 64.38% to 16 people, and the period of temporary incapacity decreased by 89.5% to 47 days.

**Keywords:** Ergonomic Risk Analysis, Musculoskeletal System, OWAS, Posture, Refinery.

# **The Role of Project Management in the Installation of Sustainable Wind Energy**

**Selime Döğer**

*Istanbul Commerce University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-0262-7563)**

**Fatma Serab Onursal**

*Istanbul Commerce University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-6545-9291)**

## **ABSTRACT**

In the 21st century, in an increasingly competitive environment, the success of the projects carried out by the organizations is much more important for the businesses to stay in the market. The management of the projects by qualified people and their completion in the expected time and cost play an important role in the success of the projects.

The rapid reduction of underground energy resources due to misconsumption and waste in the global world increases the need for sustainable energy resources. Now, in all R&D studies, the search for renewable or sustainable energy and the methods of obtaining energy by using natural phenomena with the decrease of underground resources worldwide have been put on the target. In response to the global problem, it is thought that most of the energy needed can be met by using the country's wind power.

Planning process, one of the most important steps of Project Management; The activities in the Installation of Wind Energy are carefully assigned to the project team. It is not to include the dangers that may be experienced in these stages.

Another step is the execution process. Execution process; It is the coordination between people and resources within the scope of the project management plan in the Installation of Wind Energy.

Another important step is monitoring-control. In this process, the issue that the Project Management should pay attention to in the Installation of Wind Energy is to examine the results of all works, resources and project scope well.

It is the good examination of the feasibility reports and data analysis of the Project Manager in the Installation of Wind Energy. Then, the data of each step and the geographical and weather conditions of the station to be installed have an important place. Because, the continuity of the wind is important in terms of the shape / number of the blades in the turbines. The excess / lack of shape / number of blades used in electrical energy production can increase / decrease energy efficiency.

It is the completion of the Project Management in the Installation of Wind Energy with the agreed time, scarce resources and quality within the necessary agreement. Then, the project is completed at the customer demand level and the desired demand is met. Here, the Project Manager should know the customer request and demand well / ensure that the project is completed with agreed time, quality and scarce resources.

In this study, it is important to explain the Project Management Processes and techniques that should be preferred in extremely complex and long-term projects and where they can be used. It is aimed to emphasize the importance of Project Management in the installation projects of Wind Energy Power Plants, whose processes are complex but more convenient than others in terms of internal and external costs among renewable energy sources and whose installation is rapidly increasing in appropriate geographical regions.

**Keywords:** Project Management, Wind Energy, Sustainable Wind Power Plant.

# **Risk Assessment Study in Aggregate Laboratories: A Model Study, Hazard Identification and Assessment of Risks**

**Şebnem Ateş**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-6750-9600)**

## **ABSTRACT**

The aggregate is one of the main raw materials of cement, concrete and asphalt production in the construction industry all over the world and in our country. In order to determine the physical and mechanical properties of aggregates, various experiments are carried out in accordance with national and international standards in private laboratories. When these laboratories are evaluated in terms of occupational health and safety; As workplaces, the potential for accidents is considered to be in the dangerous class, and they contain many risk factors that may cause work accidents. The purpose of this study; proactive approach to the identification of hazards and risks and minimum safety precautions for the asphalt aggregate laboratories, one of the main building blocks in the road construction sector, where laborants, interns and students are working with various chemicals during experimental studies for training purposes and works. So within the framework of laws and regulations to find solutions that help them to overcome the shortcomings and correct the wrong working cultures that have been going on for years.

In establishing a management system in aggregate laboratories; Working principles were determined in accordance with the Occupational Health and Safety Law No.6331, national and international standards and regulations regarding exposures and the legislation of the European Union OHS Agency, and the studies of OHSAS, ISO, OSHA organizations were utilized.

With this study, the rules to be followed in the asphalt aggregate laboratories were determined, the most appropriate personal protective equipment to be used during the work to ensure collective and individual protection, and information on emergency / danger warning signs were provided. Occupational health and safety approach made by these studies, Turkey's General Directorate of Highways in with all the other belonging to local governments and companies in the asphalt industry asphalt aggregate laboratory has been proposed as a model for implementation.

**Keywords:** Occupational Health and Safety, Asphalt Laboratories, Aggregates, Risk Assessment, Safety.

# **REBA and RULA Inspection in Cleaning Works of Airport Ground Service Buildings**

**Nergis Çanakçı**

*Uskudar University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-8924-667X)**

**Müge Ensari Özay**

*Uskudar University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-4785-5503)**

## **ABSTRACT**

Inappropriate working conditions make it physically difficult for the employee to adapt to the work. Non-ergonomic working conditions causes work accidents and occupational diseases as well as the health of the employees and increase the risk of musculoskeletal diseases. The findings performed for 16 different positions defined under six different headings selected from the daily work plan reveal. The results show that the majority of the positions has high risk to encounter musculoskeletal diseases. In the evaluation of six selected cleaning jobs according to REBA, one medium risk and five high-risk levels were determined. Considering the evaluation results of the same works according to RULA, three high risk and three very high-risk levels were determined. The REBA average for washing toilet floors is six, the



RULA average is seven; for toilet ceiling cleaning work. The REBA average is eight, the RULA average is seven; REBA nine, RULA seven for cleaning office floors and washing hard floors with a machine; REBA average of nine and RULA average of six were calculated for wiping exterior windows and wiping work desks.

The results obtained by applying both methods for the cleaning works evaluated within the scope of the study draw attention to ergonomic deficiencies and the inevitability of improvements.

Considering the ergonomics and technological developments, it is recommended to use a cordless, easily portable and lighter cordless windshield wiper to prevent improper postures. The risk of the load placed on the body by the postures that occur while performing the cleaning works evaluated shows higher levels in the RULA method compared to REBA. Although the data at different levels revealed by RULA and REBA do not make one method superior to the other, it highlights the RULA method in terms of reliability. Although cleaning works are the ones in which the whole body is actively used, the use of the upper part of the body, especially the arms, more than other body parts reveals that the RULA method will provide more accurate results. In this direction, ergonomic regulations that should be applied for the welfare of both the working life and daily life of the employee were discussed, and improvement suggestions were made for the determined job descriptions.

**Keywords:** Ergonomics, Cleaning Workers, Occupational Health and Safety, REBA, RULA.

# **Investigation of Water Consumption and Post Meter Leakages at a University Campus Using Smart Water Meters**

**Simge Enderoğlu**

*Akdeniz University, Antalya, Turkey*  
**(0000-0002-5117-4401)**

**Ayşe Muhammetoğlu**

*Akdeniz University, Antalya, Turkey*  
**(0000-0002-7919-3671)**

**Habib Muhammetoğlu**

*Akdeniz University, Antalya, Turkey*  
**(0000-0002-7919-3671)**

## **ABSTRACT**

Currently, prevention of excessive and uncontrolled water usage, reduction of water and energy losses and reduction of greenhouse gas emissions have gained a great importance besides continuous and hygienic supply of water. This study aims to detect post meter leakages of water in two shopping areas and a faculty building at a university campus with water consumption profiles. Within the scope of the

presented study, smart water meters were installed in four toilets of four separate floors in a faculty building at Akdeniz University and in three public toilets divided into men and women in two shopping areas of the campus. With the established system, the water consumptions of all meters were monitored for a period of 12 months with 15-minute time intervals. In addition, with the software developed, warning conditions for leakage, excessive/uncontrolled water consumption, remote control of the shut-off valve and battery are defined. In this approach, water accruals are measured with a smart meter every two minutes and it is checked whether there is a flow of 1 liter (30 liters/hour) and above every two minutes. Using the developed software and the smart metering technology, excess/uncontrolled water consumption was determined precisely, and different warning messages were defined. All the data sets collected from the smart meters were stored on the server computer. The data sets and the warning messages can be viewed on mobile phones, tablets and computers. With the developed software, data obtained from subscribers were reported and statistically evaluated. By analyzing the Minimum Night Flow, it was determined that the hours with the lowest consumption are between 00:00 and 05:00. The results of the research revealed that there is an average of 55% leakage in the faculty building and 64% in the campus during the 6-month monitoring period. It has been determined that the causes of leakages are stuck toilet reservoirs and unfixed tabs and toilets that need to be repaired. With the continuous monitoring of leaks and the warning of smart meters, water losses can be prevented. Water losses can be controlled with immediate interventions and increased awareness. This research study showed that the post meter leakages which cause high volumes of water wastage can be solved with low budget and little effort.

**Keywords:** Consumption, Minimum Night Flow, Monitoring, Post meter leakage, Smart water meter, University.

# **Technological Adaptation of Labour-Intensive Processes: Underground Mining**

**Fatma Yaşı**

*Anadolu University, Eskisehir, Turkey*  
**(0000-0002-0768-8392)**

**Hür Bersam Bolat**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-3790-9897)**

## **ABSTRACT**

Technological developments observed in recent years are quite noticeable in mining sector as in many other sectors. It is also stated these technologies, which have very high purchasing costs, do not become widespread outside of coal mines and despite the advanced technology, the frequency of mining accidents does not decrease at the same rate. It is understood that mechanization systems are mostly used in the coal mines and automation systems can just be used very rarely. In this study, despite the striking advantages of the technology associated with productivity and employee occupational safety in the mining operations, a comprehensive mining technology study was conducted to determine the reasons for its current uselessness. A detailed technology classification is presented by considering the long

road which the technology has traveled in the mining industry. Due to the lack of consensus on the mining technology classes in the literature, sub-levels of self-mechanization, operative mechanization, controlled mechanization, control-based automation, activity-based automation, remote-controlled automation, and full automation are defined in addition to manual, mechanization, and automation levels. To adapt the technological developments to the mining activities, which mostly involve labor-intensive processes, equipment recommendations have been made to enable them to be carried out with the technology at a higher level of automation, by also indicating their place on the developed classification instead of manually performed activities in the mining firms. After discussions with the experts, it was predicted that many manual activities in the underground metal mine could be carried out with the equipment strengthened with the mechanization and control based on automation. It is stated that if the activities can be carried out with the automation technologies, even partially, the mining operation will have more efficient, more effective and safer processes. In countries with the high manpower utilization rates, the process of transition to smart technologies that will provide safer and more efficient mining should be able to utilize the benefits of technology and accelerate technology adaptation for sustainable development in economic, environmental and social terms. Through the presented technology classification and the equipment recommendations, suggestions were made to increase the adaptability of the technology to the labor-intensive activities both in academic and sectoral platforms.

**Keywords:** Technological Adaptation, Labour Intensive, Underground Mining.

# **A Study on the Role of Age and Experience in the Relationship between Work Satisfaction and Job Engagement**

**Mutlu Yakın**

*Gebze Technical University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-0551-0160)**

## **ABSTRACT**

A dedicated and satisfied employee is always essential for an organisation. From an employee's perspective, satisfaction can be stated as earning a good salary, maintaining business stability, consistent career opportunities, gaining recognition and having new opportunities. For employers, employee satisfaction is an essential element to get the most out of their employees. Because a satisfied employee always contributes more to the company and helps the company grow. Considering these aspects, employee satisfaction and the importance of hiring can be better understood. This study aims to determine age and experience in the relationship between employee satisfaction and hiring. To achieve these goals, the Marmara Region was selected as the study environment, and the study was conducted by surveying 243 people working in institutions and organisations operating in this region.

In the study, the Participant Information Sheet, the Hiring Scale developed by Rich, Lepine and Crawford in 2010, and the Employee Satisfaction Scale developed by Macdonald and Mac Intire in 1997 were used to measure the social-demographic information of participants. The data collected has been analysed with the IBM SPSS 26.0 statistical program.

Individual factors that affect employee satisfaction are age, gender, personality characteristics and marital status, education level, role and status, profession, and experience. In the literature, there are many studies in which the relationship between individual factors and employee satisfaction is investigated. However, the results are not generalisable but have different findings. According to the research results, age and experience have no role in the relationship between employee satisfaction and hiring.

The research showing that there is a positive relationship between age and employee satisfaction (Glenn et al., 1977), the one showing a statistically significant difference in terms of employee satisfaction and age variable and the variable of working time (Kaya,2020), and the findings that the employees are less satisfied as their experience increases, but their satisfaction increases with the increase of age seem to be different (Riza et al., 2016). The findings are similar to the research findings of (Samaiya, 2015) in the absence of significant differences in employee satisfaction by age.

Our research found a difference between the concepts, topics, and expressions that we were trying to explain in the theoretical part and the findings that we had achieved in practice.

According to these implications, it will be possible to generalise the relationship on an industry-level basis when the research to be conducted between employee satisfaction and the hiring size in future studies is discussed on a more specific sector or site. The mood, physical conditions, and cognitive capabilities of participants involved in the sampling period during the survey's response are some of the main constraints of this study. Answering the relevant questions at different times and conditions of the same participants will lead to substantial changes in the study's output.

Besides, when survey data is collected, the envelope has coincided with the COVID-19 epidemic. Therefore, there are restrictions, mainly due to age, working from home, working hours' restrictions, hygiene concerns, health concerns; because of the pandemic, responses are also thought to be influenced by physical and emotional factors such as leaving work. Therefore, the survey data contains causality and limits the determination of relationships.

This comparison may be recommended as a new research subject, considering that there may be differences in the same topic results after overtaking the COVID-19 pandemic.

**Keywords:** Work Satisfaction, Job Engagement, Experience Factor, Age Factor.



# **Roof Fires at Industrial Plants and an Automotive Company Investigation**

**Anıl Çubukçu**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-1188-8992)**

**Mustafa Yağımlı**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-4113-8308)**

**Hakan Tozan**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0479-6937)**

## **ABSTRACT**

One of the leading risks that arise in the evaluation of industrial facilities in terms of occupational safety is fire incidents. Fires undoubtedly not only endanger life safety but also significantly damage the machinery and building inventory in the facility where they occur. In addition to these consequences of fire incidents, there are also harmful environmental effects and negative effects on the corporate image of the plant where they are experienced. The most effective way of fighting fire is to determine the reasons that may reveal possible fires with the lessons learned from the events in the past and to prevent them beforehand. In order to achieve this, it is necessary to understand the

root causes of the events and to understand the conditions and conditions under which the fire-initiating elements come together. In the analysis of a fire incident, it is essential to make a systematic examination at the scene of the fire and to reveal the physical and environmental factors before and at the time of the fire before data collection. Observation and findings depend on the determination of the types of structural materials in the area where the fire occurred, the inventory of the equipment and materials in this area that will affect the fire load, and the collection of the material inventory in the area to create a fire scenario that includes both the environmental conditions and their interactions with each other. In this study, a fire incident that occurred on the roof of a production building where plastic bumpers of an automobile main industrial factory manufacturing land vehicles were investigated. Based on the findings obtained from the observation and the scene, the root cause of the fire was determined and the precautions to be taken to prevent a similar incident from happening again were specified. In the introduction part of the study, a literature review about the investigation of fire and nature of fire incidents is included, and the importance of examining roof fires in industrial facilities is mentioned. In the next section, the information about the area where the incident occurred in the industrial facility subject to the research is given. The images taken from the area where the fire took place are also included. In the observation and findings section, a table about the examination of the fire area is given, and in this table, the types of building materials in the area, their fire resistance properties and the measures taken in the area regarding fire are indicated. Field observation findings, on the other hand, include the information obtained from the scene after the fire, and include information such as possible ignition sources and the causes of fire depending on these sources. In the discussion and conclusion part of the study, suggestions for preventing activities that may cause fires in industrial facilities with administrative and technical measures are included. This aspect of the work is expected to be a guide for other facilities with similar hazards and fire risks arising from these hazards.

**Keywords:** Roof Fire, Industrial Plant Fire, Fire Safety.

# **Occupational Safety Measures in Pressure Vessels Used in Industry**

**Cem Yıldırım**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-8571-0102)**

**Mustafa Yağımlı**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-4113-8308)**

## **ABSTRACT**

In the industry, there are many situations that can pose a danger to the health and safety of employees. One of the most commonly used and dangerous equipment in this type of workplace is pressure vessels. If the pressure vessels are not used correctly, they create a bomb effect and become a great danger to employees and the environment. With this research, hazards that may occur in pressure vessels will be identified, measures to be taken against hazards will be determined and solutions will be proposed to prevent occupational accidents. A pressure vessel is an atmospheric closed equipment designed as a sphere, cylindrical or cone used in the production, transport or storage of liquids and gases with an internal pressure of 0.5 Atm and above. The most important task of pressure vessels is to safely transmit the fluid it contains to the relevant process. In general, it is used in a wide range of systems, such as heating systems, compressed air-water systems,

chemical and industrial gas storage. Pressure vessels, both because of the properties of the fluid they contain and because of the working conditions, human, environment, machinery-equipment, process, etc. they contain hazards that can have very serious consequences on b. For this reason, drawing, installation, maintenance, pressure test and control studies of pressure vessels are extremely important. If we consider the risks in pressure vessels from the point of view of Occupational Safety, the most important of them are factors such as explosion, fluid glare, fire, noise and leakage of toxic gases. Each of these can cause accidents at work, which can have serious consequences. In order to avoid these negative situations, checking the pressure vessel and related equipment used for certain periods can be sorted so that consumers use products that are safe and meet the standards. In addition, only people trained and assigned to this subject should be used in the work of connecting and dismantling pressure vessels. Pressure vessels corrode over time, failures in safety elements, opening in connection and welding places, such as cracks occur. Errors in pressure vessels may not be noticed by the eye. If pressure vessels continue to operate in this way, it means that the pressure vessel is at risk of explosion as long as it is running. These errors occur when checking pressure vessels. In addition, the controls can be determined whether the pressure vessels are suitable for use and whether they work safely. As a result, with the spread of industrialization, the use of pressure vessels, which are one of the most important parts of industrial plants, will also increase and become widespread. Occupational Safety in pressure vessels can be ensured not only by the measures to be taken during operation, but also by taking the measures determined in manufacturing and assembly and by being evaluated in integrity with regular checks.

**Keywords:** Equipment, Flui, Occupational Health and Safety, Pressure Vessel.

# **Site Selection through MCDM for Foreign Direct Investment of Multinationals in Developing Countries: The Case of Turkey**

**Nilay Utlu**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0626-7406)**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6283-5340)**

**Esin Can**

*Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-1754-4867)**

## **ABSTRACT**

According to UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) data, the impact of emerging countries on global capital investment is gradually increasing. The biggest share in this effect is gained through foreign direct investments (FDI), and the increase in the FDI of emerging countries has tripled its share on a global scale (Perea & Stephenson, 2017-2018). This striking picture made it necessary to examine the emerging multinational countries (EMNCs)

in various dimensions. The aim of the study is to investigate the factors that influence the location choice of the Turkish EMNCs and to determine which location they decide to perform FDI among the alternatives with the decision model developed for FDI outflows.

It is no coincidence that multi-criteria decision making (MCDM) methods are being used in business management science. Because making the right decision is the basis of management functions. Businesses must make the right decision in order to achieve sustainability and competitive advantage. Many decisions may have more than one qualitative or quantitative criteria and objectives (Hahn, 2003). MCDM methods help managers, decision makers or researchers to make decisions by creating suitable alternatives when they conflict with each other.

There is no MCDM model developed for the location selection and factors affecting the location selection in the FDI of EMNCs. In order to eliminate the gap in this area, the subject of the research has been determined as the location selection in the FDI of EMNCs and for the first time via Turkey Analytic Network Process (ANP) with a decision model was developed in this particular field. This reveals the importance of research. The decision model developed will guide both the FDI location selection of the EMNCs and the future researches.

In the scope of the study, interviews were held with 5 expert academicians in the field of foreign direct investment and 5 Turkish EMNCs which according the presented report by the Foreign Economic Relations Board (DEİK) in 2014, operate in the automotive and industrial sectors contributing to the development of the Turkish national economy. The research data is obtained from survey form scored by experts which prepared for the priority determination of the location choice criteria for FDI of EMNCs and the 3 alternatives location. In the analysis of the research data, Analytic Network Process (ANP) technique were used. As a result of the study, it is found that (1) the top-three location choice criteria for FDI of EMNCs are geographical features, international agreements and cultural features, (2) emerging countries are preferred through the alternatives.

**Keywords:** Emerging Multinational Companies, Foreign Direct Investment, Location Selection, Analytic Network Process.

# **Supplier Selection with Fuzzy AHP and EDAS Methods: An Application in Manufacturing Industry**

**Elçin Kerkhoff**

*Istanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-1275-0661)**

**Ali Görener**

*Istanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6000-5143)**

## **ABSTRACT**

Supplier selection is one of the important decision-making problems for businesses. Businesses should give importance to the selection of the right supplier to ensure the continuity of customer satisfaction for their products, to make a difference against their competitors, and to reach their goals. Materials or parts supplied from suppliers directly affect the products of the main company, its reputation, and the brand value of the enterprise. With the importance of supply chain management, the problem of supplier selection, which remains an up-to-date problem, has been tried to be solved by many methods that seem simple or complex in academic research. In this study, with the logic that numerical methods are a tool, the situation in a manufacturing enterprise is expressed by using objective and subjective but real data.

The supplier selection study was carried out in an export-oriented manufacturing enterprise operating in the lighting sector in Istanbul. The main criteria to be considered in the selection of suppliers were determined as cost, quality, delivery, service, and company characteristics in line with the literature research and decision-making group opinions. Since the main criteria were divided into sub-criteria, a total of eighteen sub-criteria were evaluated. Linguistic variables were used to compare main criteria and sub-criteria. Four different suppliers were evaluated within the scope of a specified product. Fuzzy AHP was used in the criterion weighting stage. The main reason for using a fuzzy logic-based method at this stage is that decision-makers have difficulty expressing a clear superiority value in comparing the criteria.

In this application made specifically for the company, important evaluation criteria are; right amount of delivery, timely delivery, and product quality have emerged. In the evaluation of alternatives, the crisp EDAS method was used in the evaluation of alternatives since we could access most of the data. At the last stage, the calculations made with some multi-criteria decision-making methods accepted in the literature and the resulting preference rankings are presented to be compared with the current results.

**Keywords:** Fuzzy AHP, EDAS, Supplier Selection.



# **Distribution Planning Application with the Fuzzy AHP**

**Ozan Ateş**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-4178-2603)**

**Cem Savaş Aydın**

*Istanbul Aydın University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-2995-0168)**

## **ABSTRACT**

AHP is a very popular method in this multi-criteria decision making, and it finds a place in the applications it offers to its users. Various designs are designed with practices and methods in the world. A free software that implements these areas was used in the article. In the study, pairwise comparison matrix values are expressed as path expressions. The application study was carried out in a packaged nuts company operating in Turkey. Three different decision makers tried to choose the most alternative one separately. His decision maker's findings and general case list at the end of the article.

In the classical AHP method, the pairwise comparison matrix values take values according to the importance scale of 1 - 9, while in the Fuzzy AHP method, the pairwise comparison matrix values take triangular fuzzy values by including the values adjacent to each other. This is more useful in real life because when comparing two items, the

level of importance is rarely a direct number, so putative values can negatively affect consistency.

In our study, the web-based Fuzzy MCDM (Multi Criteria Decision Making) program, which is provided free of charge by the Research Team of Palacky University, Faculty of Science, Department of Mathematical Analysis and Applications, was used in our study. This program generates results from triangular fuzzy values, taking into account the fuzzy calculation formulas included in the paper.

Again, in our study, three different teams of decision makers tried to determine the best option among the three alternatives by using six different criteria. In our study, where the decision makers were assumed to be of equal importance to each other, the importance levels of the six criteria against each other varied in each decision maker team. Since each team attributes different levels of importance to the determined criteria, the work of each team was carried out separately and the results of the three teams and the general situation were presented together as a result of our study.

The application study was carried out in a packaged dried fruit company operating in Turkey. Currently, all domestic distribution activities of the company are carried out from a single distribution center. Finished products are transferred from Gebze Distribution Center to 110 dealers across Turkey. In the current operation structure, where domestic distribution is handled over six geographical regions, decision makers want to work with the right number of distribution centers. For this purpose, the number of pallets of shipments to six geographical regions and the logistics cost information related to this operation were evaluated. In order to make the right decision, six criteria were determined and an evaluation was made on three alternatives and the correct number of distribution centers was tried to be determined. Decision makers consist of three separate teams, respectively: Warehouse Operations Team, Distribution Planning Team, Supplier and Dealer Operations Team.

**Keywords:** Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy AHP, Distribution Planning, Pairwise Comparison Matrices, Triangular Fuzzy Elements.

# **Sustainable Performance Measurement for Vehicle Supply Performance in Logistics**

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-1997-2005)**

**Burcu Özcan**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-0820-4238)**

## **ABSTRACT**

As it provides product movement, logistics is one of the most important indicators that commercial trend can be measured. According to the 2019 report of the Turkey Statistical Institute (TUIK) 8.6% of the Gross Domestic Product consists of Transportation and Storage expenses and reached 370 billion TL. Shipping logistics takes an important place in logistics with the timely and complete delivery of the product to the customer. One of the most important components of shipping logistics is delivery of vehicles on time. Businesses generally work with 3rd Party Logistics (3PL) companies that specialize in vehicle supply. In fact, delays in vehicle supply, which seem to be under the responsibility of the 3PL company, may cause the main business to have problems with the customer and to lose future orders. In our study, data analysis

was performed on vehicle supply and parameters that could have an impact on vehicle supply performance were evaluated. The number of vehicles requested per day, the number of daily vehicle requests, vehicle type and the province to be shipped are examined as the reasons that may cause late supply. By examining the one-year vehicle supply data of a company from three different shipping points and three different vehicle types, the factors that may have an impact on vehicle supply were analyzed using Anova, Kruskal Wallis and Clustering Analysis statistical methods. As a result of the analyses made; the number of vehicles requested per day, vehicle type and the province to be shipped have been determined to have an effect on vehicle supply performance. Therefore, it is possible for the company to encounter vehicle delays in case of an increase in vehicle demand due to the increase in its business or the general market activity. In the supply of 24-ton truck, which is the largest vehicle type worked, the supply is delayed compared to other vehicle types. In cases where the demand for this type of vehicle increases, the enterprise may consider the alternative of delivery by smaller vehicles instead of trucks by bearing additional costs in order to ensure delivery on time. In the study, it is seen that the vehicle demands made for 10 different delivery provinces in three different dispatch points are clustered in terms of late supply compared to other province.

The same reasons stand out clearly at 3 different shipping points. By creating a new shipping point, the number of daily vehicle requests and the proximity to different points can be reduced to some extent, eliminating the delays in vehicle supply. However, the benefit to be obtained with the cost burden created by a new shipping point must be evaluated. In addition, the relationship between the intensity measurement of economic activity and vehicle supply performance stands out as an issue that can be investigated.

**Keywords:** Logistics, Shipment, Vehicle Supply, 3PL, Anova, Cluster Analysis.

# **Optimization of Distribution Costs in Adaptive Production Systems**

**Muhammet Kahrıman**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-1336-3746)**

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-1997-2005)**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6283-5340)**

## **ABSTRACT**

In the globalizing world economy, improvement of distribution processes and optimization of logistics costs are getting important day by day for companies. It is fact that transportation problems especially in today's new generation companies where production is independent of location based on quality and cost principles should be used for the efficiency of the logistics network. Besides companies obtain cost optimization with using transportation problems in their processes, companies can achieve optimum use of resources, maximum use of capacity within the limits and elimination of unnecessary costs. As a solution method, not only mathematical models are used but also heuristic methods are preferred for some problems. While

mathematical models provide optimal solutions, the heuristic methods provide appropriate solutions, but they don't provide optimal solutions. In this study, the company has facilities where it can produce in different locations. It is aimed to distribute various customer demands with minimization the total transportation cost in this process. The subject of the problem is distribution of the customer demands which come from 9 different points by 2 various types of vehicles from 3 warehouses. The objective function of the problem is minimization of total distribution cost which obtain by multiplying number of shipments from warehouse to shipping point with cost of shipment on this route. The constraints of the problem are differences of vehicles' capacities, requirement of meeting demands, the capacities of the warehouses, the transportation costs between the producers and customers, the maximum number of shipments that can be allowed from the warehouses. Because of decision variables of the model are number of shipments, the problem turn into integer transportation problem. The mathematical model was solved with Excel Solver, and the results were found to be 2.8% (percentage) better than the current cost. It is predicted that the suggested mathematical model with the study will provide a cost advantage for the company in the next process as well as in the current situation.

In this study, the problem was modeled according to 1 month data and 9 delivery points. By expanding the scope of the model, the delivery point can be increased by considering the 3-month, 6-month or annual delivery plan. So, the distribution plan not only can be proposal for the relevant period but also can serve as a basis for budgeting. In addition, new constraints such as transportation time and traffic density in the provinces can be added to the model. However, it should not be ignored that these constraints and new variables will increase the complexity of the model and extend the solution time. In order to facilitate the solution of the model and to reduce the solution time, suitable heuristic algorithms for the model can be searched and compared with the mathematical model and can be contributed to the literature and other researcher.

**Keywords:** Transportation Problem, Distribution Problem, Transport Cost Optimization.

# **Hybrid Ant Colony Optimization- Simulated Annealing Method for the Capacitated Vehicle Routing Problem**

**Selin Yalçın**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9926-2099)**

**Sabahattin Kerem Aytulun**

*Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-4688-0408)**

## **ABSTRACT**

The supply chain is all of the processes that follow each other, from the procurement process of the goods and services to their production, from production to the final consumer. For the supply chain to continue without interruption, it is necessary to ensure the distribution process and the supply and production processes in an optimum way. The complex structure of the product distribution network in distribution activities is an important problem for businesses. Vehicle Routing Problem (VRP) is the determination of the most suitable route by minimizing the total travel distance or duration of the vehicle fleet, each with the same or different capacities, from one or more warehouses to certain customers during product distribution or collection. The most suitable route in VRP provides cost savings to businesses. According to the structure of the VRP, it has different

extensions such as the capacitated VRP, the VRP with time windows and the waste collection VRP. VRP is applied in many areas such as energy, banking, retail, clothing and white goods. This study aims to find the most suitable route by using heuristic methods. As the complexity and size of the problem increase, it becomes difficult to solve it with the mathematical models. Heuristic methods give solutions close to optimum results in a short time. For this reason, Ant Colony Optimization (ACO) and Simulation Annealing (SA) algorithms, which are frequently used heuristic methods, have been used to solve capacitated VRP. ACO algorithm is a population-based method developed by taking advantage of the behavior of ants. Ants have the ability to bring food to their nests using the shortest route. While choosing the shortest path, they leave a chemical substance called pheromone in the paths they pass. According to the abundance of this chemical substance, ants prefer the shortest route to the food source. SA algorithm is a local search algorithm developed inspired by the physical annealing process of solids. The process of cooling slowly starting from high temperature is called annealing. The advantages of the SA algorithm are that it performs very good neighborhood searches and does not get stuck to the local optimum. In application, the results obtained with the ACO algorithm have been developed with the SA algorithm. There are many elected neighborhood representatives (mukhtars) in the districts of Istanbul depending on the population density. We aimed to optimize the route between the district mayors and elected neighborhood representatives of Avcılar and Bakırköy districts on the European side of Istanbul and Maltepe and Tuzla districts on the Asian side using ACO and SA algorithms, considering the location of elected neighborhood representatives. When the results obtained have been evaluated, it has been seen that while two vehicles in Avcılar and Tuzla district, three vehicles in Maltepe district and one vehicle in Bakırköy district have been sufficient. It is also concluded that the total distance covered in the Tuzla district is greater than in other districts. Since districts such as Beykoz and Şile are more in terms of elected neighborhood representatives, the problem can be solved by including them in future studies.

**Keywords:** Supply Chain Management, Vehicle Routing Problem, Ant Colony Optimization Algorithm, Simulated Annealing Algorithm.



# **Inventory Management based on Multi-criteria ABC-VED Analysis in the Chemical Industry**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6283-5340)**

**Ezel Özkan**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-2638-3674)**

**Sedanur Selay Kasap**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-4168-9436)**

## **ABSTRACT**

Inventory is a tool used by companies to manage and control their ordering, storage, and machine usage. Today, most of the manufacturing enterprises apply a policy of reducing investments in fixed assets such as workplaces, warehouses, equipment and machinery. This also means reducing inventory. Inventory management is the process of planning, organizing and controlling that aims to minimize investment in inventory while balancing supply and demand. In a manufacturing industry, sometimes hundreds or even thousands of materials can be kept in the warehouse. Therefore, it is

not practical for businesses to consider each of their stock items equally for inventory management.

ABC is a method that classifying inventory items by amount and money values. With the ABC inventory classification approach, all stock items are regularly classified and grouped by Material Planning officers in order to manage and control inventory items more efficiently. Although the A-class items are small volumes, they are the more consumed materials, followed by the B class. Class C materials have a very large volume but a very small consumption.

VED is a method that provides an evaluation according to the critical conditions in the control of materials. The method divides the materials into three groups according to their criticality while evaluating them.

- Group V (First Group): These are materials that are vital in terms of production and must be found.
- Group E (Second Group): These are materials that have an alternative, although they are of vital importance in terms of production.
- Group D (Third Group): These are materials that are not vital in terms of production and are optional.

The ABC-VED matrix method is a new inventory control method developed by combining it according to both the cost of the material and its criticality in terms of production.

The purpose of this study is to create a periodic review policy based on fuzzy multi-criteria ABC-VED classification in order to control raw materials more efficiently in an enterprise operating in the chemical industry in the Marmara Region. In this direction, analysis has been carried out using the purchasing data of the forty materials that have been used in the production in the last five years. Fuzzy DEMATEL method was used for weighting the criteria. The criteria used in the classification of materials with the Fuzzy DEMATEL method were determined as a result of a detailed literature review. Analyzes and evaluations were carried out according to these seven criteria: unit price, demand, lead-time, shelf life, replacement possibilities, payment term, cost of stock keeping. As a result of the analysis, the materials were classified separately according to the classical ABC-VED and fuzzy DEMATEL based ABC-VED methods. The effect of Fuzzy

DEMATEL method on classification has been revealed. As a result, the optimal inventory model is proposed for the company by comparing all the analysis results with the current inventory policy of the company. With the inventory classification carried out, it was ensured that both warehouse management was improved and inventory costs were reduced.

**Keywords:** Inventory Management, Fuzzy Multi Criteria Decision Making, DEMATEL Method, ABC Analysis, VED Analysis.

# **Evaluation of The Challenges in Integrating Blockchain Technology to The Supply Chain System with AHP Method**

**Ebru Diler**

*Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey*  
**(0000-0001-7510-9965)**

**Derya Eren Akyol**

*Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey*  
**(0000-0003-2712-5498)**

## **ABSTRACT**

The perception of trade created by the digitalized world produces new solutions to various problems in supply chain and management. One of the various problems in Supply Chain management is the low level of control and traceability, especially due to the complexity and long processes of global supply chains. One of the new technologies proposed as a solution to this problem is blockchain technology. The technological revolution that occurred with the invention of the Internet was unpredictable until about 20 years ago. Today, it is said that the same technological revolution can be experienced thanks to blockchain. However, it is not known how much this technology can affect the supply chain process and how much it can improve.

Supply chain and logistics have a large network covering the purchase of the raw materials of the product and its distribution to the end users. Many activities such as production, storage and delivery take place along the flow in this network (Ellram, 1991). It is very difficult to carry out these activities without loss of traceability and any information flow. In order to minimize the costs that may occur in this complexity, to improve management activities, and to increase customer satisfaction, the introduction and development of blockchain technology attracts great attention.

In most studies in the literature, the benefits of blockchain technology to the supply chain have been mentioned. However, analysis of what challenges await organizations in blockchain applications is scarce. While preparing this study, how should an organization make a rational investment decision towards the transition to blockchain technology? On the other hand, should blockchain be used as a technology alternative in supply chain management? Answering this question is of great importance in discussing the future of blockchain. This study aims to shed light on the decisions that businesses will make when they want to integrate blockchain technology into a business's supply chain process, by identifying the challenges they must overcome and analyzing the severity of these challenges.

When identifying these challenges, previous academic studies and interviews with blockchain engineers were taken into account. The identified challenges have been categorized as main and sub-criteria using AHP, which is one of the multi-criteria decision-making methods.

The data collected for this study has been provided by 32 participants. Consistency rates of the questionnaires answered by these participants have been calculated and accepted for analysis. Expert participants have been selected from people with knowledge in the fields of Supply Chain and Blockchain. The evaluations made by the experts have been evaluated with the AHP method.

Organizations in the Supply Chain system should consider the weight of these challenges in order to make a comprehensive decision. As a result of the analysis made with the AHP method, it is seen that the most important challenges that may be encountered in the integration phase of blockchain technology into the supply chain system are

technical challenges (0.39). This result is not surprising when compared to the technical capabilities of traditional methods. Since blockchain technology is a fairly new technology, there is a need for research and development studies and maturation in terms of hardware and software. For this reason, it can be said that the technical challenges must be overcome in order for the Blockchain Technology, which is said to create a new revolution, to be integrated into the supply chain. Then the challenges based on human (0.32) and cost based on challenges (0.29), respectively. The challenges based on human arise due to new technology, changing balances within the organization.

Finally, it should be noted that more research needs to be done in this area. The criteria set forth in this study can be diversified depending on the application sector and different evaluation criteria may play a role.

**Keywords:** Blockchain, AHP, Supply Chain Management.

# **A Feasibility Study on Soilless Agriculture and Fresh Vegetables: A Case Study for Turkey**

**Beliz Ayşe Güvemli**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-5322-5615)**

**Tunahan Oskan**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-5722-7845)**

**Tuğçe Beldek**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-5581-3541)**

**Aziz Kemal Konyalıoğlu**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-2443-5063)**

**Hatice Camgöz-Akdağ**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-9818-6012)**

## **ABSTRACT**

The most important need of humanity for survival is nutrition and agricultural production is the most important tool in meeting this need. The agricultural production industry is the industry that produces different foods, processes these foods, and produces a variety of different foods, thus having one of the most critical effects for people's

nutrition, health and development. In Turkey with growing population, intense urbanization and increasing environmental pollution as a result, decrease in the sustainability of resources due to unconscious consumption, both pollution and unconscious use of water resources have put agricultural production into trouble and the possibility of not meeting the nutritional needs against the population growth rate has emerged. Therefore, it was concluded that the agricultural systems and the post-agricultural supply chain should be leaner and more efficient. The main purpose of the study is to design a new supply chain management system that will minimize losses among supply chain stakeholders in production using the soilless agriculture system, where productivity is increased with sustainable use of resources. Therefore, by switching to an efficient and more productive production method, it is to design a new system where the fresh vegetables produced can reach the consumer with the least damage and cost. In this study, the redesign of vegetable supply chain management with the soilless agriculture system has been examined in order to create a sustainable system in agriculture, both economically and as a production volume. With the gathered data, SWOT analysis is done. Since the opportunity to access more accurate data is seen more easily, the pilot region of Istanbul was chosen in the process, and then vegetables that were deemed appropriate to be examined along with some researches were determined. As a result of the analysis, it is aimed to compare today's vegetable flow and the process designed as an alternative. As a result of the study, it has been seen that a process in which local production and intermediaries can decrease as much as possible in the supply of vegetables and fruits can lead to a significant decrease in prices. The new farming system we chose in terms of efficiency, health, cost advantage, technology adaptation and sustainability, and our project of re-adapting the supply chain for tomatoes in Silivri district, which was chosen as a result of our optimization analyzes, made financial sense as well. As a result of the financial analysis, it has been shown that the new supply chain is a system that will bring returns to the investor, apart from being a beneficial project for nature and health, with positive net present value and higher internal rate of return indicators than the capital cost.

**Keywords:** Supply chain management, sustainability, decision making, soilless agriculture.



# **The Statistical Analysis of SMEs' Perspectives About Using E-Commerce Service**

**Mehlika Kocabaş Akay**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-0564-4625)**

**Burcu Özcan**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-0820-4238)**

**Çağın Karabıçak**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6520-7374)**

## **ABSTRACT**

Electronic commerce is called meeting the product or service needs over the internet with the help of computers and mobile devices. The advancement of the interaction of countries and nations in the commercial and social sphere is called digitalization. Speeding up and facilitating communication is critical today for strong interaction. Developments in software and informatics allow communication to progress and accelerate. In order to keep up with the competition and survive in the course of developing technology, companies must be firmly attached to technology and invest in digitalization activities.

Looking at the progress in today's commercial activities, the interfaces and methods developed by companies to properly manage their communication with customers have increased the reliability of online shopping. The confidentiality and security measures taken by the structures that provide interface services in electronic commerce, the ability to translate into different languages, support their systems with payment and feedback, provide customer views and comparison opportunities, has increased the rate of use of this commercial method.

E-commerce, which allows companies to introduce themselves and their activities in the digital field, offers especially SMEs the opportunity to increase new business opportunities and consolidate their current market volumes. Especially during the pandemic period, the interruption of the commercial activities of companies for a long time has increased the importance of digitalization. Within the scope of this study, an examination has been made on the transition of SMEs operating under a District Chamber of Commerce to using electronic commerce and digitalization. The chamber management has started to receive service from an electronic commerce platform that willing members can benefit from free of charge to support their members in continuing their commercial activities. 1150 of the chamber members were called by phone and said that the room could provide them with free e-commerce site membership. 410 companies were positive, 303 companies were undecided and 437 did not make requests. When the data of the study are examined, it is striking that the rate of reluctance to the free service is high. The data obtained within the scope of this study were examined with different hypotheses in the SPSS program, and the relationships between firm characteristics and e-commerce views were revealed.

**Keywords:** E-Commerce, SME, SPSS, Data Mining.

# **Gray Relative Analysis Technique Application for Complaint Management in the E-Commerce Sector**

**Hale Nur Güler**

*Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Turkey*  
(0000-0002-6333-1849)

## **ABSTRACT**

Due to the advancement of technology and the coronavirus pandemic that has affected the whole world and our country since March 2020, interest in e-commerce sites has increased. The digital turn and changes in the socio-economic structure enable customers to convey their complaints through many channels. The fact that negative experiences are shared more than positive experiences is very important for the image of the institutions. The effective evaluation of complaints that arise as a result of not meeting customer expectations by the institutions creates customer satisfaction and contributes to the improvement of the products and service processes of the institutions. The sensitive handling of the received complaints by the institutions and achieving successful results depends on the effective complaint resolution policies to be established by the complaint resolution departments. In this study, gray relational analysis, one of the multiple decision-making techniques, was used to determine the effectiveness of the complaints

management policies of brands that offer products and services in the e-commerce sector. By making gray relational analysis, the degree of the relationship between each factor and the reference factor is revealed. The data of ten brands in the e-commerce sector have been accessed from the website, which is the platform that brings together customer complaints and organizations, and the official websites of brands. In the study, the ranking of the brands was made based on seven criteria for the analysis of the effectiveness of complaint management policies. The criteria determined are the points given by the customers to the solution of complaints, the rate of thanks, the monthly and annual satisfaction rate, the number of communication channels, the number of complaints and the response time. As a result of the analysis, it was concluded that the top three brands in complaint resolution management are Gitti Gidiyor, Morhipo and Yemek Sepeti.

**Keywords:** Complaint Management, Customer Experience, E-Commerce Sector, Multi Criteria Decision Making, Gray Relational Analysis.

# **The Effect of COVID-19 Pandemic Process on Consumer Purchasing Behavior: A Study of E-Commerce Industry**

**Selin Pınarcı**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-2344-5742)**

**Dilara Yücel**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-4642-7248)**

**Selen Avcı**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0001-7433-5696)**

**Zerrin Aladağ**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-5986-7210)**

## **ABSTRACT**

With the emergence of the first case in Wuhan, China in December 2019, COVID-19, which affected the whole world in a short time, led to changes in many areas of life. It is possible that the e-commerce sector will also be affected by COVID-19 due to restrictions such as

the closure of shopping malls, the desire of consumers to avoid crowded areas, and the reduction of the working hours of the markets. In this study, the impact of the COVID-19 pandemic process on consumer purchasing behavior in the e-commerce industry was analyzed. 254 people participated in the survey conducted in November 2020, when the effects of the pandemic were felt intensely in Turkey. In order to achieve meaningful results, the question "Have you done online shopping since March 2020?" was asked to the participants and 224 participants who answered "yes" to this question were evaluated. In the study, first of all, which type of internet sites consumers prefer most during the pandemic process was investigated. Then, with the Chi-Square test, it was determined whether there is a significant difference between the preferences according to demographic characteristics such as gender, educational status, age, marital status, household income, occupation and having children. Afterwards, the persistence of habits such as avoiding crowded environments, frequent hand washing and using disinfectants were examined during the pandemic process. Then, the increase in confidence in internet shopping was analyzed. As a result, it can be said that COVID-19 positively affects e-commerce, which is one of the products of digital transformation, as prejudice to internet shopping has decreased and trust has increased during the pandemic process. In addition, it has been investigated with various hypotheses whether there is a significant difference in terms of demographic characteristics on the increase in confidence factor that emerged depending on the experiences of the consumer during the pandemic process. According to Anova and t-tests, a significant difference was found according to gender, having children, age and household income. Finally, considering that the COVID-19 pandemic will come to an end like every crisis period, it has been questioned whether the consumers' internet shopping trend will continue with the same acceleration at the end of the process. In line with the answers given by the participants, it was predicted that the interest would decrease after the process.

**Keywords:** Consumer Behavior, COVID-19, E-commerce, Pandemic, Digitalization.

# **Possible Effects of Earthquakes on Buried Pipelines: A Literature Review from Supply Chain Perspective**

**İrem Toprak**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-7104-0999)

**Redvan Ghasemlounia**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0003-1796-4562)

**Mert Tolon**

*Maltepe University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-0131-2976)

## **ABSTRACT**

Since existence of ancient civilizations until today, it is seen that buried pipelines in soil have been used for the transportation of clean water and waste water. With the developing technology, in many areas such as sewer lines, oil pipelines, water channels, culverts, subway tunnels, telephone and power lines, waste water treatment plants, gas lines, heat distribution lines and sea discharge systems, buried pipelines in the soil are used. These structures are a vital function of urban life, and even short-term disruptions during their usage affect daily life negatively.

For this reason, possible damages that may occur due to earthquakes cause losses on people and structures. Buried pipelines face a variety of ground conditions and seismic hazards. In such pipe systems, the problems that occur in the areas where the fittings used to join the segmented pipes or to connect the pipes to another structure come to the fore. In recent years, during earthquakes, the joint of pipelines exceeded the permissible displacement values due to local ground conditions, causing significant economic consequences such as disruptions in the current transportation service. Supply chain management needs to develop more specific and progressive policies to reduce and manage disruptions. A supply chain must be created from all parties involved, directly or indirectly, in fulfilling a request. Management of the flow of goods and services should include the end-to-end transportation and storage of raw materials and finished products. Supply chain management should be defined as the design, planning, execution, control and monitoring of supply chain activities in order to create net value, strengthen worldwide logistics, synchronize supply and demand. This study provides an overview of the possible environmental and economic impacts of earthquakes on buried pipeline systems, considering supply chain management. Suggestions regarding geotechnical earthquake engineering activities that should be done at every stage of supply chain management are compiled with literature research and presented as scientific contribution. When the literature is examined, it is seen that there are many modeling studies that have been carried out theoretically, but there are not enough experimental studies. Therefore, when an earthquake occurs, it has been observed that experimental studies are needed in order to minimize the possible risks. As a result, the development of regulations related to the effects of the earthquake buried pipelines in Turkey with this study and in order to minimize the attention of the authorities and decision-makers are expected to retreat on this issue.

**Keywords:** Buried Pipeline, Earthquake, Soil, Supply Chain Management, Risk Management.



# **Supplier Evaluation using the Goal Programming Method in the Automotive Industry**

**Kemal Çağlar Pamuk**  
*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(000-0001-9346-3028)**

**Yıldız Şahin**  
*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6283-5340)**

## **ABSTRACT**

In our era, global competition showed a significant increase, the management philosophies have been adopted in which it has been aware that supply chain design and supplier selection issues are directly associated with the corporate goals like high profitability, effective production structure, reduction of costs and increasing market share etc.. The importance of supply chain design and supplier selection has been realized from small firms to giant factories.

Today's businesses are aware that simply improving their own processes will not be sufficient for global competition. Businesses that set performance criteria limits within the framework of their own processes will be insufficient to analyze the negative effects of external factors. Companies that want to survive in a competitive environment must effectively manage their supply chains, including external operations. This is a must for companies to achieve their collective

goals. The starting point of an effective supply chain management is choosing the right suppliers. Because managing the supply chain with high performance will only be possible with suppliers that can work with high performance.

In this paper one of the mostly used supplier selection methods Goal Programming has been investigated and a real time implementation in automotive industry has been practiced. Data set have been collected from a supplier selection process of manufacturing company's real supplier selection criteria. Created Goal Programming mathematical model has been solved with computer aided software and results have been investigated.

As a result of the examinations made for the Supplier Selection Problem between 2008 to 2020, it has been seen that the Analytical Hierarchy Process, Analytical Network Process, Linear Programming, TOPSIS, ELECTRE and Data Envelopment Analysis and their derivatives are used very often. The reason for using Goal Programming method in this study is that; the method will both provide modeling and solution opportunity suitable for the structure of the decision problem. And also when compared to the other methods mentioned above, the fact that there are not many studies in the literature for the supplier selection problem with Goal Programming.

Before and after the solution of the decision problem with Goal Programming, analyzes should be done carefully in order to avoid possible modeling errors. Where necessary, the objective function and the nature of the constraints associated with the objectives should be reconsidered. Contrary to most optimization theories, Goal Programming can be more easily adapted to real-life situations due to its flexibility. In addition to the many linear model applications made for Goal Programming in the literature, this method can also be safely used in solving stochastic and fuzzy problems.

**Keywords:** Supplier Selection, Goal Programming, Optimization, Key Performance Indicator.

# **Waste Management: Evaluation of Sustainability in E-Waste Management**

**Sevgi Güneş-Durak**

*Nevsehir Hacı Bektas Veli University, Nevsehir, Turkey*

**(0000-0003-4273-7417)**

## **ABSTRACT**

Electronic waste, referred to as e-waste, defines expired electrical and electronic wastes such as televisions, mobile phones, computers, printers, integrated circuits, cables, and medical devices. With the development of technology, a large amount of e-waste is generated today as a result of both the increase in cheap production potential and the change in consumption habits. E-waste should be collected separately from domestic wastes and their recyclable content should be used. The amount of energy required for raw material acquisition is reduced due to the amount of waste sent to landfills and recycled materials through separate collection and evaluation. In addition, the rapid reduction of raw material resources is prevented. The contamination of the toxic substances and gases in the electronic wastes sent to the landfill areas with the soil and water is prevented, thus preventing the deterioration of the ecological balance is provided. To collect the e-waste separately and evaluate it efficiently, it is necessary to raise the awareness of the public and students by local governments and educational institutions and to implement practices that facilitate the functioning. Accordingly, incentive systems should be established for separate collection. For instance, one or several e-waste collection

centers should be established for each province depending on the population, and e-waste should be purchased from residences on certain days of the week by local governments. Besides, collection containers should be created close to settlements. In the process after collection, e-waste should be repaired and reused, if it is not possible to reuse, recovery of the substances contained in them should be ensured through appropriate technologies. With the sustainable system created by collecting e-waste separately, advantages such as less waste generation, less energy consumption, less raw material requirement depending on energy consumption, and the amount of recycled raw materials will be achieved. Also, leakage of toxic substances from landfills to water and soil will be prevented, and emission formation will be reduced as a result of using fewer fossil fuels. With this approach, an integrated environmental protection system can be established.

The purpose of the research is to determine the importance of electrical and electronic equipment wastes defined as e-waste, and to examine existing legislation in different countries in the world and offer solutions within this scope in order to manage these wastes sustainably.

**Keywords:** E-waste, recycling, sustainability, waste management.

# **Sustainable Management of Olive Oil Industry Waste**

**Sena Doğan**

*Boğaziçi University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-7175-0971)**

**Merve Ayaz**

*Boğaziçi University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-6900-4558)**

**Ömer Saygın**

*Saygın Chemistry and Treatment Systems, Muğla, Turkey*

**Işıl Akmehmet Balcioğlu**

*Boğaziçi University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-2511-5827)**

## **ABSTRACT**

The problems stemmed from wastes arising from olive oil production that is an important sector in our country, can be solved with the waste management approach which is an increase in importance today. Although studies carried out to prevent and reduce environmental pollution caused by aforementioned wastes, recovery studies that allow smart waste management are not sufficient. Solid (pomace) and liquid (olive mill wastewater (OMWW)) wastes with toxic properties due to high phenolic content generated by the olive oil production is an

important environmental problem for the Mediterranean countries including Turkey. Depending on the type of production, 250-1240 liters of OMWW is generated from the processing of one ton of olives in olive oil production. Although the shift from three-phase centrifuge system to two-phase system in modern olive oil production allows the reduction in the amount of wastewater produced the threat posed by the phenolic substances in the waste content still maintains its importance for the environment. The number of phenolic compounds (PCs) found in abundance in OMWW due to their high polarity may vary depending on the climatic conditions, olive type, cultivation methods and production systems. The high antioxidant properties of PCs and the high market values of natural antioxidants make it important to the recovery of these high added value compounds from OMWW. The benefits of hydroxytyrosol which is one of the PCs with antioxidant properties and known to be present in the highest amount in OMWW, has been revealed by various studies. The recovery of PCs can not only reduce the pollution load of the waste but also can create a potential resource for the added value of the waste component to meet the growing demand for raw materials for various industries including food, pharmaceutical and cosmetics.

In presented research, it is aimed to separate and purify the antioxidant components of OMWW resulted from the olive oil industry by using eco-friendly recovery methods for the purpose of economic and sustainable management, taking into account the circular economy approach. In recovery process takes place in three steps, it is ensured that OMWW is concentrated with the mechanical vapor compression system, which employs economic principles hence it is aimed to reduce the organic solvent consumption in the separation process. The optimum conditions for the separation of hydroxytyrosol and other antioxidant substances were determined by applying two-phase ethanol/ammonium sulphate solvent extraction to concentrated waste in the second stage. By using 29% ethanol and 18% salt in the extraction system, purification was achieved by separating 76% of the carbohydrates and 55% of the proteins in the concentrated waste. With the aim of increasing the purification of the product to be obtained, solid phase extraction was achieved with various ionic/non-ionic synthetic polymeric resins in the third step. As a result of investigating the selectivity performance of the resins employed, 85-90% of the carbohydrates and almost all (99%) of the proteins were separated from the product with Amberlyst A26 and PAD950 resins. 35.4 g of hydroxytyrosol was recovered from one kilogram of the concentrated

waste by the applied multistage method. The fact that all chemicals used during this study are safe for use in the food industry is critical in ensuring the reliability of the product in its use as raw materials. Besides, the reuse potentials of ethanol, salt and resin in both solvent and solid extraction are crucial in the cost of the process.

**Keywords:** Olive Mill Wastewater, Waste Management, Recovery of Antioxidants, Circular Economy.

# **Crisis Management and Strategies of Businesses: An Application in Health Institutions**

**Haşim Çapar**

*Istanbul Sabahattin Zaim University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-7056-7879)**

**Mesut Ulu**

*Bandirma Onyedi Eylul University, Balikesir, Turkey*  
**(0000-0002-5591-8674)**

**Hilal Çelik**

*Beykent University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-2227-5462)**

## **ABSTRACT**

Businesses face large or small-scale crises throughout their activities. The concept of crisis has become a part of life over time and thus among the leading issues of today. Although economic and financial reasons come to one's mind first, political problems, natural disasters, problems arising from managerial crisis, social events, waste of resources, domestic and foreign debt burdens can also lead to a crisis. For this reason, there are various definitions of crisis in the literature. It is vital for corporates throughout their life cycle to promptly respond to the causes that lead to the crisis. Prompt decision-making accounts



for the most significant part in the course of crisis, primarily due to limited time available. The decisions taken should be well analyzed, depending on the personnel structure within the business, financial and financial resources, products-portfolio and market structure. In this study, which was conducted to evaluate the vital decisions that businesses make during the crisis, in particular, when the crisis occurs, what kind of crisis it is, and how prepared the business is to fight the crisis, were addressed. Within the scope of the study, first, the theoretical framework and literature review on with regard to crisis, crisis management, crisis and emergency were presented. The study, next, focused on the authentic cases of how private hospitals and health institutions reacted in these crisis, and what preparations were made before, during and post- the crisis. It, then, investigated on how satisfactory the measures taken during and post the crisis were. And finally, the study analyzed these Crisis and emergency strategies employed by private hospitals and health institutions. The most common strategy of health institutions was a change in the organizational structure of the enterprise and the number of employees by 46.6%. In the event of a crisis, 64.4% of the first things to do were determined as acting according to the process and providing motivation by recording all the developments of the crisis. It was observed that the type of crisis that health institutions experienced the most was the economic crisis. This was followed in turn by the technical crisis, disaster and organizational crisis. In addition, 82.2% of the reasons for the crisis were found to be lack of management and planning, legal changes and organizational problems, respectively.

**Keywords:** Emergency Strategies, Crisis, Crisis Management, Health Institutions.

# **Entrepreneurship and New Ways of Working in Sports: Towards Sports Entrepreneurship**

**Nilay Utlu**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(000-0002-0626-7406)**

**Bahar Ünsal Yılmaz**

*Istanbul Gedik University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-1469-6654)**

## **ABSTRACT**

Entrepreneurship activities create values in meeting social needs in the sports sector, as in almost every field, as a process in which technology develops rapidly and competition reaches global dimensions. According to Schumpeter, entrepreneurship activities are expressed by creative destruction as the emergence of new products, the change of production structures and the existing connections in the market, the loss of validity of the advantageous resources previously owned by the enterprises and the growth and development of another sector. The wind of creative destruction is felt by digital initiatives in the sports sector in parallel with the technological developments experienced all over the world. Entrepreneurs taking action for the digitalization of the sports sector are taking important steps in sports entrepreneurship.

Sports entrepreneurship; It can be defined as all kinds of innovative activities carried out in the field of sports. Sports entrepreneurship is the activities of people, large organizations and startup companies that actively pursue new opportunities in the context of sports. In the sports sector, entrepreneurship is increasingly taking place. In recent years, a rapid development has been observed in big data, sensor technologies, communication technologies and especially in nanotechnology. This development has laid the groundwork for many innovative studies. Along with the developments in the world, successful projects have been produced in our country and new ways of working in sports have emerged.

The sports industry interacts directly or indirectly with a large number of industries. The sports sector is a versatile and comprehensive sector that includes thousands of clubs, organizations and businesses. In this context, it is among the most globalized industries in the world. Considering the sustainability of the size of the sports industry in terms of global economy; It has become a field that brings together entrepreneurship, sports management and researchers from many disciplines on the same ground. However, there is a research gap on how sports businesses evolve into innovative business models in achieving sustainability benefits and how they can manage digital transformation. However, less is known about sport from an entrepreneurial perspective, and the aim of this section is to establish a link between the disciplines of entrepreneurship and sport management.

This section, starting from the past entrepreneurship activities, aims to compile research and knowledge on sports innovation in today's sports entrepreneurship field. Besides sport in entrepreneurial activities taking place in the sports industry with products, processes, marketing and organizational innovation movement will be examined and will be given examples from Turkey and the world. In addition, business connections that act as a bridge between entrepreneurs and investors with new forms of work will be included.

**Keywords:** Sports Entrepreneurship, Management, Innovation.

# **Examining the Level of Participation in Sports with the Theory of Constraints – Thinking Processes Approach**

**Beyza Akyüz**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-9740-2177)**

**Murat Yalçın Beşiktaş**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0260-1526)**

## **ABSTRACT**

As a social being, human beings need to do sports for many reasons such as moving, socializing, protecting their health, keeping fit, and coping with stress. On the other hand, in today's industrial society, individuals have begun to experience a transformation towards a sedentary life form due to many reasons such as the convenience that technology has brought to our lives, changing working conditions, etc. The importance of participating in regular sports activities, which is based on the concept of movement, which is one of the most important needs of people in order to protect from physical and psychological health problems and to increase the quality of life, which is one of the negative reflections of sedentary life on individuals, is increasing day by day. In this study, it is aimed to determine the limiting factors that cause individuals not to exercise regularly with Theory of Constraints Thinking Processes and to present solutions to eliminate these constraints.

The root causes that prevent participation in regular sports have been reached and ideas have been developed on how the constraints will change and what will they turn into. Root causes were determined by determining the current situation with the Current Reality Tree, which is one of the Thinking Processes. The root causes determined were tried to be eliminated by creating solutions with the Evaporating Cloud tool. As a result of this process, the goals are shown with the Future Reality Tree.

Within the framework of the analysis, the root causes of the factors that restrict people's participation in sports were found and ideas about how the constraints would change and what they would turn into were revealed. In this context, some of the factors that restrict the participation of individuals in sports are caused by the individuals themselves as well as some of them are caused by living conditions or environmental conditions, these reasons are directly or indirectly related to each other, social, cultural, financial, environmental facilities or education. It has been observed that it was formed by coming together. It is thought that the solutions proposed in order to eliminate these reasons that negatively affect participation in sports or to reduce them to the maximum restrictions will be beneficial for human health, society culture and psychology in the long and short term.

As a result, the factors limiting participation in sports, socio-economic reasons, inadequacies in sports education, the lack of sports culture, and the problems in the facilities are concentrated under the main headings and living conditions under these main headings, the implementation problems of the Ministry of National Education in sports education, the lack of self-development of the coach, It has been determined that it is caused by a mixed whole consisting of reasons such as the lack of incentives for sports, high facility usage prices, insufficient budget for the facilities, design errors of some facilities. In this case, the factors that restrict the participation of individuals in regular sports will be reduced to a minimum. It is thought that the improvements that can be made will increase the individuals' regular sports habits and will provide a socially physical and psychological well-being and a happier society structure in parallel.

**Keywords:** Regular Exercise, Sport, Theory of Constraints, Thinking Processes.

# Design of Simultaneous Physical and Cognitive Training Management System

**Uğur Özbalkan**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0003-0440-5390)

**Taylan Hayri Balcioğlu**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-5645-2514)

**Cansın Özgör**

*Istanbul Arel University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-5506-4296)

**Murat Sükuti**

*Marmara University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0003-4380-1791)

**Vecdi Emre Levent**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0001-6886-8875)

## ABSTRACT

In traditional sport sciences, the purpose of the training is to improve physical conditioning and motor performance. However, in recent years, especially after the importance of enhancing cognitive abilities has been understood, it is aimed to improve performance holistically via simultaneous physical and cognitive (motor-cognitive) training. Recent studies showed that the simultaneous training model's synergistic effect might increase cognitive performance more than cognitive training alone. In this context, a software has been developed that enables simultaneous exercise system management, stimulus

presentation, and collection of physical and cognitive training data. Thus, this interpenetrated software and equipment management system has a chance to show a new way of exercise for participants which may also bring time adjustment for their exercise schedules for both physically and mentally.

In this study, cognitive stimuli presented to users via the software were limited to four subtypes of the attention types; selective attention, divided attention, sustainable attention and alternating attention. A total of 24 cognitive tasks, six for each of these attention subtypes, were created. Each of these cognitive tasks is integrated with eight determined physical exercises. Therefore, in each session there will be eight cognitive tasks divided into 4 different attention subtypes. The participants receive these cognitive tasks in sequential order after one to another. In addition to this sequence of cognitive and physical tasks, there will be repetitive periods for each week. In these periods, participants will repeat each task in the same order as the previous week's schedule.

The software can present integrated cognitive and physical exercises that are chosen at the user interface. There is a visual instruction for each repetition of the exercises, cognitive task visuals, and a feedback visual according to the user response in the stimulus presentation. Besides that, the response (button press: hit or false alarm) and unanswered status (missing or correct rejection) information for each repetition of the exercise and response time (reaction time) data are recorded in separate files for each exercise. A session report can be generated using these data, an electronic message can be sent to the user, and performance can be monitored with a comparative report of repetitive exercises. Also, the buttons can be shared and applied to multiple users with appropriate exercise planning.

This design, in which physical and cognitive exercises are integrated, will open a new path for future studies in tracking cognitive and motor performance changes, and also revealing the neuroplasticity that occurs in the brain. In this way, training can be adapted and standardized to groups with different learning levels.

**Keywords:** Physical and cognitive exercise, C# Form, interface design, BioFIT.

# **Evaluation of Physical Therapy and Rehabilitation Unit with Simulation Method**

**Elif Ağdaş**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-2993-9479)**

**Hakan Tozan**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0479-6937)**

**Melis Almula Karadayı**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0003-0658-568X)**

## **ABSTRACT**

One of the common goals of the institutions that work in the health sector is to provide the delivery of health service in an uninterrupted, high-quality, and efficient way. Patients not only look at the price of the service they receive but also the quality of the hospital they receive service from and whether it meets their expectations. The health sector is one of the sectors most affected by the COVID-19 Pandemic process. The need for healthcare has increased gradually during the pandemic. There has been a significant decrease in the capacities of hospitals and the number of services they provide with the pandemic period. Necessary precautions should be taken to ensure that patients and their relatives can receive healthy services during this period. It is necessary to prevent unnecessary clutter in the polyclinic by controlling the traffic



of patients with and without appointment. It is necessary to reduce the waiting times in a way that prevents of the accumulation by ensuring that the patients who come for service stay in the hospital at a minimum level. Unnecessary directions should not be made in order to avoid the crowd in the hospital. Thus, crowding can be prevented by ensuring that patients comply with social distance rules in public and common areas. In this context, by analyzing the current situation of the area during the pandemic period, it has been tried to provide opportunities for increasing efficiency and service quality. Hospitals are a set of processes that consist of certain complex structures. Physical therapy and rehabilitation unit emerges as one of the complex hospital processes.

The aim of this study is, through the analysis of the current situation in the physical therapy and rehabilitation unit of a private university hospital, to make the correct resource planning and accordingly to allow improvement in efficiency and service quality. For this purpose, the process of the patient who came to the hospital to receive outpatient service is simulated from the first admission to his departure after the treatment.

In order for the study to proceed correctly, firstly the literature study was conducted and the methods and criteria to be used in the study were determined.

Later, various scenarios were created by taking expert opinions and the reaction of the system was measured by running these scenarios. To create a simulation model, the workflow of the physical therapy and rehabilitation field of the hospital was examined in detail, process charts were created, time analysis of all periods was made, and the necessary data were obtained from the hospital database system. The revealed model has been analyzed by transferring it to a discrete event simulation program. The accuracy and validity of the model has been tested. Results have been presented by comparing real life observations with output analysis. After the study was finalized, obtained findings have been shared with the hospital management to make resource usage efficient.

**Keywords:** Hospital, Healthcare, Discrete Event Simulation, Physical Therapy and Rehabilitation, Scenario Analysis.

# **The Effects of Personal Features on the Genres of Music**

**Çağın Karabıçak**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6520-7374)**

**Burcu Özcan**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-0820-4238)**

**Mehlika Kocabaş Akay**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-0564-4625)**

## **ABSTRACT**

There are many theorems, researches and opinions that equate the born of music with human existence. Music is very effective in creating and developing identity, social and cultural environment of people for all ages and especially young people. Human have relieved his loneliness, have been able to express their enthusiasm, happiness, excitement, joy and pain more effectively, and their communication skills have improved and ethical values have been transferred to the next generations in order to realize himself with music. Many studies try to find an answer to the question of whether there is a connection between

individuals' musical genre preferences and personal characteristics and what kind of effects they may have. In this study, the effects of individuals' personal and social characteristics and preferences on the type of music they listen to are tried to be revealed. Six input variables were determined: gender, age range, social life, place of music in a person's life, and the platform on which music is listened. It is aimed to find out which music genres are preferred as output. The decision tree method, which is generally used in classification problems, was used in the study. The effects of personal characteristics and preferences on the type of music listened to are try to explained. The data of the study were collected through a questionnaire study, which includes six questions that can make basic inferences on people's personal and social lives. The data obtained as a result of the survey conducted on 300 people were classified using the decision tree method. The number of men and women is close to each other in the study, which is aimed at young people between the ages of 16-31. Participants stated that they saw music as a means of relaxation, self-expression and socialization. Spotify and Youtube channels are more preferred as a music listening platform. It has been revealed that the most popular music genres are Pop, Rock and Rap. In this study, a classification has been made about which music genre or genres are listened to for what purpose. The first group stated that they listen to music for relaxation and rest. On the other hand, the second group stated that they listen to music as a Leisure Activity- Education Culture Tool-Self-Expression- Socialization Tool. It has been observed that the genres that are usually listened to during the relaxation and rest times are Rap, Pop and Folk Music. It has been found that Pop, Rock, Rap types are preferred in cases of use such as Leisure Activity- Education Cultivation Tool-Self-Expression and Socialization Tool. According to the results of the Apriori algorithm used in the study, in addition to the Rap, Pop, Rock categories of the participants, which genres they listened to were also examined. The results obtained confirm that there is a link between the personality traits and preferences of the individuals and the types of music listened to.

**Keywords:** Data Mining, Apriori Algorithm, Decision Tree Method, Music Genres, Personal Features .

# **Conceptual Analysis to Predict Career Goals of University Students: Ontology**

**Zeynep Altan**

*Beykent University, Istanbul, Turkey*

**(0000-0002-0383-9261)**

## **ABSTRACT**

As in every profession, the earlier university students in the information technologies field start their career planning, the bigger contribution it will make to their career journey. Delaying their career and specialty plans until their last year or even after graduation will keep them behind in the competitive world. On the other hand, the challenges in providing a qualified workforce in the business ecosystem despite the increasing number of graduates every year raise questions about the education system and the students themselves. Distinctive factors in determining the career goals of university students include not only the knowledge they gain during their university years but also their social lives. Job applications today focus more on the analytical skills of the students and their willingness to learn, rather than the schools they have graduated from. Hence, it is getting more and more important to determine the professional orientations of students. The definition and availability of students'

meta information and questioning their relationship with each other also play an important role in this topic. An ontology designed in a way that is always open to expansion can be an alternative solution in career predictions. An ontology that leaves a door for improvement can lead to more effective and productive results through educational data mining.

While determining their 2025 vision, the INCOSE community has defined a conceptual system as a set of structured elements that contain meaning when addressed together, instead of taking into consideration the functions of parts separately. This is the definition of ontology. For the definition of systems engineering, the community focuses on minimal morphological definitions based on mathematics and logic in all fields of study, in other words, abstractions, according to its updated definition of the system. The answer to the question, "How should we choose the words when creating the shared conceptualization of a field of study, namely its ontology, and how should we establish their hierarchy?" can be found in how it has been decided to form a category. It is important to have a well-defined three-part concept for any word determined for an ontology category, the object it refers to in the real world, and the concept that it is associated with.

This study aims to construct an infrastructure that can provide the data sets appropriate for the educational data mining algorithms to be utilized in order to predict career planning of university students in the field of information technologies. The main structure of the ontology that will be designed in this context will be formed under the general classification of "information", "skill", and "competence levels", which were used in a 2008 study of the European Parliament. Thus, we will have the world of competencies, which stands at the intersection of the education and business worlds, in our ontology.

**Keywords:** Career Planning, Conceptualization, Collectivism, Description Logics, Individualism, Ontology.

# **The Effect of Students' Academic Procrastination Behavior on Academics' Organizational Commitment: Qualitative Research at a Foundation University**

**Yeliz Akçay**

*Beykent University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-8274-0069)**

## **ABSTRACT**

Many studies are carried out to understand the problems that students encounter in the educational environment and the reasons that hinder their academic success. The fact that universities have an important place in the preparation process for professional and social life imposes many different responsibilities on students who step into university life. Many students postpone these responsibilities for various reasons. The procrastination behaviors of students in relation to school life are known as "academic procrastination". When the relevant literature is examined, it is seen that academic procrastination behavior is frequently practiced by university students, and university students often postpone their academic duties during their university education. The concept of academic procrastination can be seen in general as the forwarding, delaying or not performing the duties in the academic field

without any justification. In the academic environment, procrastination is a problem seen in areas such as doing weekly reading assignments, preparing for exams, completing projects, and attending classes. At the same time, the concept of organizational commitment, which is important for the organization, can be defined as the individual's adopting the goals and values of the organization he is in, combining them with his own goals and values, working in this direction and wanting to stay in the organization. When the related literature is examined, although many studies have been conducted on academic procrastination, it is thought that the study is important in that no research has been found to understand the academic procrastination behavior of students and the organizational commitment of academicians. The main purpose of this research is to understand the academic procrastination behavior of students studying in higher education institutions and the commitment of academicians to the institution they work for. For this purpose, the main purpose and originality of the study is to investigate the academic procrastination behavior, the intentions of academicians to leave their jobs and their motivation to stay in the institution they are affiliated with. The research technique adopted in line with the determined purpose of the study is qualitative research, and the data collection technique used is face-to-face interview (interview). In the interviews conducted in this context, the data were collected through a semi-structured questionnaire created as a result of the current literature review. The analysis unit of the research consists of 10 faculty members working at a foundation university in Istanbul. The qualitative research design used in the research is the case study approach. In the analysis process of the data, content analysis, which is the method frequently used in qualitative research, was used. According to the results of the research, it can be said that the reasons for exhibiting procrastination behaviors are mostly observed in homework, study and exam processes, academic procrastination behavior causes a demotivating effect in educators, and the effect of academic procrastination behavior on institutional commitment varies from person to person.

**Keywords:** Academic procrastination behavior, Organizational commitment, Motivation.

# **Multi-Criteria Analysis of Student Success Factors in Higher Education Institutions**

**Yıldız Şahin**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-6283-5340)**

**Sedanur Selay Kasap**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-4168-9436)**

**Ezel Özkan**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-2638-3674)**

**Berfu Firtına**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0001-6039-533x)**

## **ABSTRACT**

The processes in which a person develops abilities, attitudes and other forms of behavior that are valuable in the society he / she lives in are defined as education. Education, on the other hand, is the planned and programmed part of education in schools. It is used to mean to learn the determined curriculum and to gain expertise after this stage. When education and training is mentioned, the most talked about topic is



student success. Although students take similar courses from the same institutions and the same teachers, they exhibit different success at the end of the semester or at the end of the year. Considering this variability, student achievement is among the issues that researchers frequently emphasize. Within the scope of this study, factors affecting the success of students in higher education institutions were determined and the effects of these factors on students' academic achievement were determined by the Analytical Network Process method. All factors affecting students' success were determined in line with expert opinions and also by conducting a literature review. As a result of the studies carried out, the main factors affecting the decision problem were categorized into 6 main groups as Individual Factors, Bodily-Physical Factors, Family-Originated Factors, Instructor-Originated Factors, Education Institution-Originated Factors, and Environmental Factors. The questionnaire, which was created in order to determine the criteria that affect the solution and to determine the criterion weights, was applied to a large number of students in various universities. A complete and consistent 233 questionnaires were evaluated within the scope of the study. By using the obtained data, it was ensured that the weight levels of the factors affecting student achievement were determined with the Analytical Network Process method.

In line with the results obtained, the main criterion of "Factors Originating from Family" was calculated as the most effective criterion with a weight value of 0.4438. Considering the sub-criteria of this main criterion, it was seen that C2: Family relations sub-criterion was the most effective sub-criterion with a value of 0.3425. In the second place, the most effective main criterion is the F group "Environmental Factors". When the results obtained were examined, it was noted that the F4: Workplace physical facilities sub-criterion had a significant effect on the results with a weight value of 0.4779. The lowest weight value with 0.0364 belongs to the B group, ie "Bodily-Physical Factors" criterion. All cluster-based paired comparisons performed in the study were examined in terms of consistency. It was seen that the calculated inconsistency rates were less than 0.1. Therefore, it can be said that the solution results obtained are consistent and valid results.

As a result, when the weight values of all factors are examined, it is thought that positive changes and developments can be observed on student achievement if the factors and sub-factors that have a high level

of influence are taken into account and if improvements are made in this area. In order to make the results more generalizable within the scope of subsequent studies, it is recommended to increase the number of evaluator students. In addition, it is considered to obtain comparative results by applying them separately to the student groups studying in the field of social sciences and science of universities.

**Keywords:** Higher Education, Student Success, Multi Criteria Decision Making, Analytical Network Process.

# **Investigation of the Effects of COVID-19 on Kocaeli University Industrial Engineering Undergraduates**

**Cemile Aşkın**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-2064-2740)**

**Selen Avcı**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0001-7433-5696)**

**Zerrin Aladağ**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-5986-7210)**

## **ABSTRACT**

The cause of pneumonia cases encountered in Wuhan; China in December 2019 was announced by the World Health Organization (WHO) as "new type of coronavirus" on January 7, 2020. The virus, which affected all countries of the world in a short time, was named "COVID-19". WHO declared the outbreak as a "pandemic" on March 11, 2020. As all over the world it was taken serious measures to struggle the pandemic in Turkey and Council of Higher Education (CoHE) has decided to continue online to college education on March 23, 2020. The short preparation time for the online education process,

and the transfer of courses, course materials, in-class activities, and exams to online platforms in a short time have brought various problems. This process has once again demonstrated how important digital transformation and information system infrastructure is for universities. Both students, faculty members and the university administration were affected by this process. In this study, the perspectives of Kocaeli University Industrial Engineering students' online education were examined with a survey study. In the first part of the survey, questions were asked to determine the demographic characteristics of the students, in the second part, questions to determine their perspective towards online education during the pandemic, and in the third part, to determine their perspectives on the continuation of online education after the pandemic. A five-point Likert scale was used in the questions. The questions were reduced to 5 dimensions by factor analysis. Afterwards, hypotheses were established with demographic features as independent variables and factors as dependent variables. Hypotheses were tested with independent samples t test and one-way ANOVA. It has been determined that living together with the family or separately makes a significant difference on the psychological effect of online education and the point of view of the industrial engineering program's eligibility for online education. In addition, it has been determined that there is a significant relationship between the psychological effect of online education and grade (1, 2, 3, 4, +). Although only 20% of the participants think that the industrial engineering program is suitable for online education even after the COVID-19, 60% of them think that some courses are suitable for online education. In this context, it can be said that when the digital transformation in education is completed, it is possible to establish hybrid education systems. In the short term, it can be said that the quality of online education will increase because of universities establishing the necessary infrastructure, creating course materials in accordance with online education, providing students with the technological support they need, ensuring exam security, and providing technical support to faculty members to actively continue online education.

**Keywords:** COVID-19, Online Education, Industrial Engineering, Factor Analysis, T Test, ANOVA.

# Forecast Model of COVID-19 Case Numbers Based on Twitter Data

**İbrahim Sabuncu**

*Yalova University, Yalova, Turkey*  
(0000-0001-8625-9256)

**Zeynep Yürek**

*Yalova University, Yalova, Turkey*  
(0000-0002-0151-0112)

## ABSTRACT

The coronavirus, which appeared in late 2019, spread to the world, causing a global pandemic. In Turkey, the first case was seen on March 10, 2020, and the emergence of the virus in Turkey caused intense concern and curiosity in public. As a result, a significant increase in user-generated COVID-19 related data in social media has been observed. It has been discovered from the literature that predictive results can be obtained by using this accumulation of data about the epidemic. In this study, a model for predicting the number of future cases was created based on COVID-19 mentioned tweets created by Twitter users, restrictions imposed by the government, and historical case data. The research aims to reveal whether social media analysis is a successful method for tracking the epidemic's spread. A total of 10,559,402 unique Turkish tweets related to COVID-19 were obtained through the system's continuous operation for this purpose between

March 10 and December 12, 2020. The tweets' content was analyzed, and the change of tweets reporting symptoms by day was determined. Also, data has been obtained on the level of epidemic measures imposed by the authorities. Finally, daily temperature values and historical case data shared by the Ministry of Health were recorded daily and cumulatively. Depending on all this data, the model was established to estimate future cases and was operated using six different artificial intelligence algorithms. Among these algorithms, the Support Vector Machine algorithm was the most successful, with an error rate of 4.06%. As a result of the analysis, it was determined that there was a relationship between the number of cases and the number of tweets reporting symptoms. It has been observed that curfew has the most reducing effect on the number of cases within the epidemic measures. Other influencing factors are school closures and international travel control practices. Although the temperature factor had a reducing effect on the number of cases, it was found not to have a strong relationship. The measure that has the least impact on the number of cases is the closure of businesses, public transportation cancellation, and public events. As a result of the research, it is believed to draw attention to an important data source and combating outbreaks similar to COVID-19.

**Keywords:** COVID-19, Twitter, Epidemic Measures, Social Media, Machine Learning, Text Mining.

# **Managing Sustainable Nutrition, Sample Application: From Market Waste to Table**

**Funda Şensoy**

*Independent Researcher, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-6880-410X)**

**Ayşe Merve Koca Uyar**

*Independent Researcher, Iskenderun-Hatay, Turkey*  
**(0000-0002-2589-4405)**

**Ebru Güzel**

*Fenerbahçe University, Istanbul, Turkey*  
**(0000-0001-7029-1761)**

## **ABSTRACT**

As part of a project aiming to raise awareness to include “Sustainable Responsibility” in nutrition, which is one of life's fundamental elements, this study was planned and executed by cooking the waste products in a bazaar to enable sustainable, affordable, and healthy nutrition and change consumer perception and behavior by raising awareness. The research is a study of field observation and kitchen practice.

Sustainable, affordable, and healthy dishes were prepared with ingredients collected from the district bazaar, such as stems, leaves, and roots of the vegetables, which had been brought to the bazaar for sale from the fields and thrown away to the ground behind the counters by the sellers in order to present their products to the consumers in a more appealing way. The prepared dishes were Celery Stalk Soup, Cold Herb Dish, Spinach with Yoghurt, Beet Salad with Red Cabbage, Pumpkin Salad with Wheat, and Pumpkin Dessert; and the seeds of the pumpkin were roasted and consumed as dried fruit. It was ensured that the prepared dishes were acceptable in terms of taste, smell, and appearance and that they did not lose their nutritional value. Each recipe was recorded and photographed by the researchers and presented in Photograph 1. A process transforming the organic wastes of each meal into compost (organic fertilizer) has been initiated.

Food waste is not only garbage, but it is also the waste of the natural resources consumed while producing the food. Therefore, this study and other similar studies which aim to raise awareness about food waste should be expanded and turned into social responsibility projects. This study was turned into a social responsibility project aiming to create positive awareness in consumption awareness; raise awareness for both ecological and economic behavioral changes while shopping; eat healthier; ensure the widespread use of practical applications of healthy food preparation, cooking, and storage techniques; make the organic wastes generated at home into the routine of everyday life (compost and cross-use); create practical knowledge and behavioral changes to reduce food waste; raise awareness of a sustainable life. It started its journey with the name Eko-Kadın with the cooperation of Fenerbahçe University, Üsküdar Municipality, and Ataşehir Municipality. The continuity of similar studies must be ensured through collaborations with non-governmental and media organizations.

**Keywords:** Zero Waste Meals, Sustainable Nutrition, Economic Nutrition, Healthy Meals.



# **Cost Management in Economic, Healthy and Sustainable Nutrition**

**Ayşe Merve Koca Uyar**

*Independent Researcher, Iskenderun-Hatay, Turkey*

**(0000-0002-2589-4405)**

**Funda Şensoy**

*Independent Researcher, Istanbul, Turkey*

**(0000-0001-6880-410X)**

## **ABSTRACT**

The world population is expected to reach 10 billion in 2050. It is estimated that food production should be increased from almost 4.8 tons to 13.5 tons per year to support the increasing population and changing diets. Feeding the increasing population is getting difficult day by day. While some parts of the world are struggling with hunger, others are throwing their food away. The water and energy resources used to meet the reliable food needs of the increasing population are also rapidly depleting. If resources are not used wisely, it will not be possible to feed the increasing population. The biggest problem of the world is the hunger and poverty. While third world countries cannot find healthy food to consuming, developed countries has thrown away food every day. The source of this problem is the unfair distribution of food produced in the world. If people in developed countries can change their kitchen behavior, food waste will decrease and food prices can go down.

This research is an application kitchen study planned to ensure sustainable, economical and healthy nutrition by developing recipes with zero waste. The researchers have been creating healthy and zero waste recipes and this provide their meal cost decrease. During the study, the stems, skins and parts of the food that are not normally consumed were used. At the same time, all recipes were focused on being healthy, delicious and consumable also care was taken to ensure that the carbon footprint of the foods used was low. If this behavior can spread all of the world a lot of life will change, children will be growing healthy and day by day all world people will have a healthy body and environment. Food produced but not consumed has important environmental and economic costs. The other biggest problem of the world is climate change and one of the responsible for this problem is the resources spent on food production. If food waste can be prevented, world resource can use wisely and prevent hunger.

**Keywords:** Zero Waste Recipes, Sustainable Nutrition, Economical Nutrition, Healthy Nutrition, Food Waste, Cost Saving.

# **Evaluation of Digitalization In the Shadow of the Epidemic by Generation Difference**

**Erdoğan Aktürk**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-1997-2005)**

**Gülşen Akman**

*Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0002-5696-2423)**

## **ABSTRACT**

Industrial revolutions have caused significant changes in human life. Internet of things and digitalization are known as the most important features of the 4th industrial revolution. With the corona virus effect, this change may accelerate and perhaps progress to a new change in a shorter time. However, it should not be forgotten that one of the biggest resistance to change is habits. As one of the most important issues that may be difficult for digitalization can be considered that the generation difference extends this change process.

Following a summary of industrial revolutions, with a survey study, it was tried to evaluate the digitalization on a generation scale and to determine the effect of the corona virus on digitalization. Questions that could be indicators of digitalization were determined and these

questions were collected under four headings: Social Digitalization, Digitalization in Official and Financial Issues, Digitalization in Shopping and Digitalization at Workplace. The questionnaire was completed by 444 people, 17 of the them are baby boomers, 157 of them are Generation X and 270 of them are Generation Y, on the internet, between the dates of 22.04.2020-16.05.2020. As a result of the analysis of the survey results, digitalization and its evaluation in the generation dimension was made in each title. Social Digitalization heading has an only difference Digital Film-Series Platform Subscription question. Digitalization in Official and Financial Issues heading contains a generational difference in the question of Withdrawing / Depositing Money with QR Barcode. The most significant difference in generation size is experienced in Shopping. Baby boomers and y generations differ in all questions, Baby boomers and x generations differ in all questions except ordering meal on the Internet. Baby boomers and generations x do not find it economical to order food online. X and x generations differ in all questions except ordering meal on the Internet and Shopping for Clothes on the Internet. Digitalization at Workplace heading is seen that it differs only in the X and Y generations, in the question of whether you work remotely (from home) in your workplace and whether there are meetings held in a digital environment at your workplace.

Although the effect of corona virus on digital transformation is important, it has been determined in 15 questionnaire question titles that there are still areas that can be developed forward. The three most prominent titles are Digital Money (Bitcoin) Ownership, Completely digital business processes and Digital integration of your business processes with your business partner.

While digital transformation (digitalization) is a change that develops within the framework of needs, it has been observed that this transformation has been accelerated with the effect of the corona virus. When examined in terms of the generation dimension, it is seen that the most distinctive difference is in shopping. One of the most important reasons for this can be said to be that new generations grow up more closely with digital technologies and their habits are in this direction. It is determined that there is a change in all 7 questions under the title of Digitalization in the Workplace with the effect of the Corona virus. In this context, it can be said that digitalization in the workplace

will gain momentum in the coming period. In the future, where the bad effects of the corona virus will be overcome as soon as possible, but the good changes caused by it will take place in our lives with permanent or hybrid solutions, digitalization will have an important place with its openness to development.

**Keywords:** Digitalization, COVID-19, Generation, Industrial Revolutions, ANOVA, Industry 4.0.

# Wireless Transmission of Electrical Energy

**Yıldırım Özüpak**

*Dicle University, Diyarbakır, Turkey*

**(0000-0001-8461-8702)**

## **ABSTRACT**

Wireless power transfer (WPT) is electrical power that is transferred from one place to another without the need for conventional copper coils (or wires). Energy is transmitted over long distances via electromagnetic waves using meta-materials and rectenna technology. Electrical energy will be transported by cord for the distribution of energy. The biggest problem in this type of power transmission is the losses that occur during the transmission and distribution of electrical power due to the energy loss in the cable. Electricity generation and power loss are also increasing in daily life. Wireless power transmission has been an important area of research for a long time. Recently, a lot of emphasis has been placed on this field to realize advances in the field of wireless power transmission, as it is considered to be more efficient in power transmission than traditional power modes. Therefore, as the technology advances, the demands for WPT-based applications are increasing significantly. In the early days, many different scientists worked on different usage areas of WPT. Studies involve the transfer of electrical power without a conductive connection between source and load. Each type of WPT has its own

histories, cutting-edge technologies and future coverage. Wireless power transmission (WPT) is the transfer of electrical energy without a conductor. WPT is based on technologies that use time varying electric, magnetic or electromagnetic fields. This technology is useful for powering inconvenient or impossible electrical devices such as sensors, actuators, and communication devices. Power can be transferred over short distances by inductive coupling between alternating magnetic fields and coils, or by capacitive coupling between alternating electric fields and metal electrodes. Wireless power transmission covers a wide variety of topics in many areas. It has also become a very active research area, especially for researchers and scientists, given its potential to provide new technology to our daily lives. Wireless power transmission is seen as indispensable for future technology. Because WPT allows the transmission of electrical energy from a power source through the air gap without any conductor connected to the electrical load. In this study, current wireless power transmission technologies, the latest technological features and future of WPT have been investigated. In addition, the applications of wireless energy transmission have been researched and presented in detail.

**Keywords:** Electric Field, Inductance, Magnetic Field, Wireless Power Transfer.

# Reducing Toxic Gas Emissions with TLBO Algorithm in Power Systems

**Ozan Akdag**

*Turkey Electricity Transmission, Ankara, Turkey*  
(0000-0001-8163-8898)

## **ABSTRACT**

The increase in greenhouse and toxic gas emissions is one of the biggest environmental problems of today. Especially today, because of industrialization and urbanization, the level of greenhouse and toxic gas has reached dangerous levels in the atmosphere. Fossil-based thermal power plants are responsible for 75 percent of greenhouse gases in the atmosphere. This situation forms the basis of the relationship between global warming and climate change, which can be described as the most important environmental problem of today and the future. Fossil-based thermal power plants pollute the atmosphere by emitting gases such as SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, and CO<sub>2</sub>. SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> gas, which are among the gases produced by these thermal power plants, have a polluting effect on the environment. Therefore, efforts to increase the efficiency of conventional coal plants and to reduce the level of pollutant emissions have increased in recent years. Since this situation cannot be a solution in the long term, different alternative ways have been investigated. One of these ways is to provide Optimum Power Flow (OPF) in power systems. OPF aims to solve the objective function of equality and inequality constraints in



power systems. Many traditional methods have been applied to solve the OPF problem in the literature (Linear and nonlinear method, Newton Raphson based methods). These methods have been used in power systems for many years. Later, efficient heuristic optimization algorithms have been used in the literature to analyze the complex power systems that have emerged over the years. The solution of OPF problem aims to optimize an objective function such as fuel cost, voltage deviation, active power losses, fuel emissions by optimum adjustment of power system control variables. There are many studies in the literature in which fuel emissions of fossil-based thermal power plants are minimized by using heuristic algorithms. In this study, Teaching-Learning Based Optimization (TLBO) method is used in IEEE 30 test bus system to reduce greenhouse and toxic gas emissions, and it is proposed for power systems. TLBO method is an heuristic method developed inspired by teacher and student relationship. Since the TLBO algorithm does not have problem-specific control parameters that need to be changed, it is more advantageous than many different heuristic algorithms. Therefore, in this study, the TLBO method has been applied to the solution of the OPF problem. Fuel emission (for NOX and SOX) with TLBO was calculated to be 0.20455 tons (on an hourly basis) in the IEEE 30 test bus system.

**Keywords:** Greenhouse Emission, Green Energy, Teaching-Learning Based Optimization (TLBO) .

# **Analysis of Wireless Power Transmission in Vehicles with ANSYS- Maxwell**

**Yıldırım Özüpak**

*Dicle University, Diyarbakır, Turkey*  
**(0000-0001-8461-8702)**

## **ABSTRACT**

Wireless power transmission (WPT) has been an important area of research for a long time. Recently, a lot of emphasis has been placed on this area to realize advances in the field of wireless power transmission, as it is considered to be more efficient in power transmission than traditional power modes. The best example of wireless power transfer is wireless charging of batteries. The concept of wireless power transmission is not a new idea. It has been researched and studied by researchers for a long time. However, it is not widely used. WPT is a new revolution in electricity transmission system. This new revolution enables reliable and efficient wireless charging of millions of electronic devices by integrating a power supply into an electrical load without any wires. Therefore, as the technology advances, the demands for WPT-based applications are increasing significantly. In the early days, many different scientists worked on different usage areas of WPT. Studies involve the transfer of electrical power without a conductive connection between source and load. Each type of WPT has its own histories, cutting-edge technologies and future

coverage. Wireless power transmission is the transfer of electrical energy without a conductor. WPT is based on technologies that use time varying electric, magnetic or electromagnetic fields. This technology is useful for powering inconvenient or impossible electrical devices such as sensors, actuators, and communication devices. Power can be transferred over short distances by inductive coupling between alternating magnetic fields and coils, or by capacitive coupling between alternating electric fields and metal electrodes. Inductive coupling based wireless power transmission is a popular short range power distribution mechanism for a wide variety of electrical devices. The development of this technology has made the inductive coupled power transmission system indispensable for electric vehicle charging applications in both stationary and dynamic charging. In this study, the performance of a two-coil wireless power transmission system has been analyzed. ANSYS@Maxwell software and simulation program was used to define the wireless power charging system. For this, a simulation model combining an electrical circuit with a nonlinear element model has been implemented with the ANSYS software package.

**Keywords:** Electric Field, Inductance, Magnetic Field, Wireless Power Transfer.

# **Development of a 5-Axis Laser Micromachining System for Shaping Woodworking Tools**

**Cansev Keşoğlu**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-7049-6246)**

**Kasım Bolat**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-4012-1961)**

**Yiğit Bozdağ**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-3915-9268)**

**İbrahim Nizamoğlu**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0001-8064-9368)**

**Kadir Demir**

*ABM Makine, İzmir, Türkiye*  
**(0000-0002-3424-5597)**

**Ali Gökhan Demir**

*Politecnico di Milano, Milano, İtalya*  
**(0000-0002-8000-468X)**

## **ABSTRACT**

Laser micro-machining enables material removal with micrometer precision without the need for tools or molds and without using physical contact. Nanosecond pulsed lasers are used in various industrial applications as a viable compromise in terms of productivity, precision and cost. Cutting tool machining with pulsed lasers is a concept that is only recently being applied around the world. Conventionally, the form of the tool is achieved via a chip removal processes. The novel application involves the use of pulsed laser system with a scanner head implanted in a CNC machine architecture. The system is able to apply laser micromachining on complex surfaces, where toolpaths can be traced without contact and in a precise manner. Within the scope of TÜBİTAK PM.20.01.01 project, ABM Makine is developing a new machine with a nanosecond pulsed fiber laser that will work integrated with a scanning head on a 5-axis CNC machine for shaping wood cutting tools. In this study, the development of the machine architecture and the laser micromachining method will be discussed.

The geometries of woodworking tools vary according to the nature of the processes they apply. The common tool material PCD (Polycrystalline Diamond) can be processed via abrasive methods or via the EDM (electric discharge machining). In EDM, tungsten or copper electrodes are used as the tool. The general feature of these systems is that the cutting tool is shaped via electric discharges. The removed material is flushed by the dielectric cooling liquid, which also reduces the heat generated during discharge. Developing the machining process with a laser provides advantages in terms of process precision, repeatability and environmental factors.

Based on this, the development of a micromachining approach by using laser ablation method in a 5-axis machine tool of industrial importance. In micromachining, nanosecond (ns) pulsed, picosecond (ps) pulsed, and femtosecond (fs) pulsed lasers can be used. The use of short and ultrashort pulsed lasers makes it possible to process the material with high precision. Short laser pulses, as used in the laser source selected in the project, can provide processing condition that allow for processing PCD/carbide materials without significant thermal damage.

In the developed project, the machine has a measurement system with a touch probe. With the probe, the coordinates of the woodworking tool are measured and positioned for laser machining. In addition, there is a quality control system to determine the position of the tool before the laser machining operation with image processing, in order to minimize possible positioning errors. The designed laser machining system machine can process tools with a diameter of up to 200 mm and a length of up to 250 mm with a tool weight of up to 5 kg.

**Keyword:** Laser Ablation, Laser Micromachining, Machine Tools, Woodworking Tools.

# **Synthesis of Carbon Coated CuO Nanoparticules for Photocatalytic Applications**

**Didem Ovalı Döndaş**

*Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye, Turkey*  
**(0000-0002-7934-6535)**

**Şeyma Duman**

*Bursa Technical University, Bursa, Turkey*  
**(0000-0002-6685-5656)**

**Nazlı Akçamlı**

*Bursa Technical University, Bursa, Turkey*  
**(0000-0002-8638-3756)**

## **ABSTRACT**

Nanostructured materials stand out with their superior properties due to their quantum size effects and high surface/volume ratio. The one of important steps for advances in nanotechnology, which includes the design, manufacture, and application of nanostructured materials, is the synthesis of nanoparticles. Nanoparticles are a promising component in the development of new materials due to their superior chemical, physical, optical, photocatalytic, magnetic, and mechanical properties. Nanoparticles are of great interest to researchers for a variety of

applications, including varistors, solar cells, gas sensors, and optoelectronics because of their synthesis ability in a wide range of chemical compositions.

Metal oxide materials such as zirconium oxide, iron oxide, silicon dioxide, and copper oxide are widely used in many applications due to their superior structural, optical, chemical, magnetic, and photocatalytic properties. The synthesis of metal oxide nanoparticles in desired sizes and shapes plays a dominant role in determining their properties. The synthesis method for nanoparticles is usually selected for obtaining them in desired sizes and shapes with a homogeneous structure. However, the production of nanoparticles in high amounts with simple and economical methods is also another important point for using them in commercial applications.

The spray drying becomes forward in food, medical, and ceramic application areas as it provides advantages to produce homogeneously dispersed powders without exposure to contamination. The thermal decomposition process is included in the bottom-up approach, but a homogeneous powder cannot be produced with this process alone. It is necessary to overcome this disadvantage and to obtain particles with homogeneous particle size distribution by the steady metal or organic ion movements in the solution. The spray drying process may make it possible to control the shape, density, and morphology of nanoparticles.

In this study, copper oxide (CuO) and carbon-coated copper oxide (CuO/C) nanoparticles were synthesized by spray drying and following thermal decomposition methods. In the synthesizing process of CuO/C nanoparticles, polyvinyl alcohol (PVA), citric acid (CA), and polyvinylpyrrolidone (PVP) additives were used as carbon sources. After spray drying and thermal decomposition, CuO-based nanoparticles were obtained to investigate the effect of controlled carbon content on the morphology of CuO nanoparticles.

Regarding the characterization studies, the CuO nanoparticles coated with different carbon sources showed porous structures with different morphologies. Since the carbon coating on nanoparticles induced a spherical powder morphology. According to the XRD analysis, CuO nanoparticles have highly crystalline structures. The surface area, particle size, and density values of the synthesized nanoparticles



presented small discrepancy by changing the carbon source. The amount carbon presence in CuO/C nanoparticles were detected by EDS analysis. In addition, photocatalytic and UV visibility studies showed how carbon affects both photocatalytic properties and optical properties of CuO nanoparticles. To sum up, it has been shown the both affects of carbon addition and the used carbon source in the morphology of the synthesized powders. Moreover, the photocatalytic and UV behavior of synthesis powders were revealed.

**Keywords:** CuO, C, Spray drying, Thermal decomposition, Optical properties.

# **LIBS Applications for Molten Metal/Alloy Processes**

**Kübra Akben**

*Istanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-4037-626X)**

**Arif Demir**

*Istanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-3781-4505)**

**Deniz Ürk**

*Sistem Teknik Industrial Furnaces Ltd., Kocaeli, Turkey*  
**(0000-0003-4070-4806)**

**Ozan Çoban**

*Istanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-1506-4619)**

**Kaan Karaharman**

*Istanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-5757-5257)**

**Türkü Sıla Özkan**

*Istanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0001-8239-8144)**

## **ABSTRACT**

Analyzing, and adjusting the chemical composition correctly and avoiding contamination during metal production, alloying, casting and recycling processes is critical issue for engineering applications. In metallurgical industry, required adjustments are provided by periodic elemental analyzes to ensure the correct chemical composition. The use of spark discharge-optical emission spectroscopy (spark OES) has become widespread mostly for this purpose. However, in order to take measurements with spark OES, it is necessary to take samples from molten metal and send them to analysis. Adjusting chemical composition according to the analysis result which needs a waiting time occurring high temperature melting processes causes extra time and energy consumption. In this regard, the traditional methods, spark OES, XRF, ICP, can not meet the demand for in situ analysis and need long analysis time. Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) enables big advantage of providing fast and online solutions in this field.

LIBS is an atomic emission spectroscopy technique based on the generation of plasma at high temperatures by a high intensity pulsed laser source focused on the sample surface to be analyzed. Elements and their concentration are characteristically expressed by collecting the beam emitted by the microscopic plasma created on the hot metal surface. This method has been demonstrated to be a quick and reliable analysis technique for the molten metal in a production line in situ and/or in near real time. Over the past few decades, extensive researches presented on LIBS show that can be used to produce trouble-free metals and alloys for engineering applications. The method has become a significant technology for Industry 4.0 scenarios, as it provides at-line monitoring. This article reveals a short summary of literature and the need in Turkey in this field and sheds light on future studies.

Turkey has a high undisputed alloy production potential and a high casting industry with low automation. The sector is growing towards to create products with high added value, especially for the automotive and defense industries. It is an important issue to provide technological developments and automation on alloy production in order to provide

this added value. Entegrate LIBS technology to this sector, which has a large volume and potential, is significant for manufacturing potential.

LIBS application on the production of steel alloys has been intensively studied in recent years, especially in China. The studies focus on the measurement difficulties caused by (1) spectral interference due to the emission lines of iron, (2) the separation of content of iron from iron oxide, (3) the difference in the spectral intensities of the low-temperature-high-temperature measurements, and (4) calibration methods.

Different research groups in China, the USA, UK and Iceland investigate LIBS analysis applications on the production line of aluminum alloys. Two different types of probes, immersed or non-immersed, were developed. Analysis of non-volatile trace elements at ppm levels has been confirmed with non-immersed type probes. Segregations occurred while aluminum alloys solidification, induce to the measurement uncertainty in spark-OES analysis. LIBS provides more accurate analysis in this regard.

LIBS system design and calibration studies need to be developed in accordance with the changing analysis conditions in the Metallurgical industry. Focusing on the studies for quantitative elemental analysis at-line would provide the enhancement the quality concomitantly with energy, material and time savings.

**Keywords:** Laser-induced breakdown spectroscopy, LIBS, Metallurgical industry, Molten metal, Chemical analysis, Online analysis .

# **Numerical Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop in Hydrodynamically and Thermally Developed and Fully Developed In-Pipe Flow**

**Ali Köse**

*İstanbul Gedik University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-0426-5159)**

**Alişan Gönül**

*Siirt University, Siirt, Turkey*  
**(0000-0002-6106-2251)**

**Sebiha Yıldız**

*Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey*  
**(0000-0002-9088-5126)**

## **ABSTRACT**

In our world where energy resources are rapidly depleting, there is an increase in the demand for energy with the increase in population, significant developments in technology, increase in income and welfare level. When the current generation is not sufficient to meet the increasing energy demand, new investments are made to meet this demand. However, it is possible to meet the energy deficit with investments to be made primarily in energy efficiency. For this purpose, various heat transfer improvement methods are used to increase the thermal performance of heat exchangers, which are

frequently used in the market in cooling, air conditioning, heating, power generation, automobile industry and chemical processes.

As it is known, the fact that the flow is in hydrodynamically and thermally developed and fully developed regions affects heat transfer. In this study, the flow was examined into three regions. Heat transfer and pressure drop were calculated by creating different boundary layer regions. As the first case, only the hydrodynamic fully developed entry condition is the state, the second case is the hydrodynamic fully developed and thermally partially developed entry condition, and the third case is the state where the hydrodynamic and thermal developing flow will begin to develop in the flow test zone.

In this study, laminar and turbulent regions were taken into consideration separately by keeping the Reynolds number between 250-40000. Heat transfer analysis ANSYS Fluent, which is the Computational Fluid Dynamics software, was used for numerical modeling and solution by determining the Nusselt number. In this study, water was used as fluid for all cases and constant temperature was taken as 75 °C as surface boundary condition.

For the Reynolds number range of 250-4000 in the laminar region; Nusselt number was calculated between 41-57% when compared with the second case and the first case, while it was observed that the improvement was between 4-14% when the 3rd case and the 1st case were compared. For the friction factor, no difference was observed when the 1st and 2nd cases were compared, and an increase of 10% was observed in the 3rd case compared to the 1st case.

For the Reynolds number range 4000-40000 in the turbulent region; Nusselt number was calculated between 4-7% when compared with the 2nd case, 1st case, and when the 3rd case was compared with the 1st case, it was calculated that it first worsened up to 6% and then reached a 6% improvement value. In the same region, the Friction Factor did not change in the 1st and 2nd cases, and in the 3rd case, it was observed that the decrease that reached 5% before the 1st case was replaced by an increase of 10%.

**Keywords:** CFD, Forced Convection Flow, Energy Efficiency, Heat Transfer.

# Process Map for Hydrothermal Synthesis of Nanostructured MoO<sub>3</sub> and Evaluation of the Lithium - Intercalation Properties

**Billur Deniz Karahan**

*Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0002-7839-2222)

**Eren İnel**

*Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*  
(0000-0003-4127-1803)

## **ABSTRACT**

Rechargeable lithium ion batteries (LIBs) are recognized as the green energy storage technology. Recently, they have gained much importance in both academia and industry due to their high energy density, long lifespan and shelf lives. However, the state-of-the-art graphite anodes with 372 mAh/g capacity does not satisfy increasing energy demand of customers. Therefore, extensive effort is being done on designing new electrode materials. Among alternatives, molybdenum trioxide (MoO<sub>3</sub>) stand out due to its high theoretical (1117 mAh/g) capacity, its abundant resources and environmentally benign behavior. However, large volume changes and sluggish lithiation kinetic in cycling have restricted its wide use.

Studies have revealed that not only the structure but also the particle size and shape are important in the use of molybdenum oxide material as an anode. For this reason, in this study, it is thought that the production of 1D nanostructures in order to benefit from both nanometric and micrometric properties of molybdenum oxide powders produced from the alpha phase will positively affect the anode performance. Therefore, hydrothermal method is preferred as the production method and a process mapping is firstly studied in the open literature. Within the scope of this work, nanostructured molybdenum oxide powders of different properties have been fabricated hydrothermally from aqueous solution without employing catalysts, surfactants, or templates. Eight experiments have been run to investigate the effect of hydrothermal process duration (3h, 8h, 24h), temperature (120°C, 180°C, 200°C), autoclave filling ratio (50%-100%), acid type (HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and ageing of the precursor solution (34 days) on the morphology and the structure of the molybdenum oxide. The results give the ability to structure molybdenum oxide following the requirements of the application area. Then, following the structural and morphological characterization of these powders, half cells are assembled based on Cr2032 standards and galvanostatic tests have been carried out to evaluate their interaction with Li, and their capacity performance over 100 cycles.

The outcomes show that varying morphology of molybdenum oxides differentiates their interactions with lithium. The highest galvanostatic performance is obtained from molybdenum oxide powders produced by hydrothermal processing of 2gr ammonium hepta molybdate powder in a freshly prepared HNO<sub>3</sub> solution at 180°C, in 24 hours, with 100% reactor filling ratio. When the sample is tested between 1mV-3V galvanostatically, under a load of 50mA/g, it is found that the anode delivers 785 mAh / g capacity after 100th cycle. This result reveals that thanks to the production of molybdenum oxide material with appropriate morphological and structural properties it is possible to obtain two times more capacity than that of the graphite, state of the art anode material.

**Keywords:** Hydrothermal, Molybdenum oxide, nanostructured anode, Lithium ion battery.



# **Determination of Creep Damage and Remaining Life for Super Heater Tubes by Using Non-Destructive Replica Technique**

**Tuba Karahan**

*İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0002-9896-649X)**

**Ahmet Topuz**

*İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0003-4925-7272)**

**Sunullah Özbek**

*Doğuş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*  
**(0000-0001-6584-7876)**

## **ABSTRACT**

Energy is one of the most important facts all over the world. Reliable and affordable energy is necessary for life and basic human needs in order to create a better world within advanced agriculture, improved and clean transportation, communication and industry needs.

Super heaters are one of the most critical components in heat exchanger application in order to reduce fuel consumption in power plants by increasing the thermal efficiency of the steam engine.

Creep damage occurs mostly in power plant components operating under high stress and high thermal load. Replica method had become a very important tool in the determination of remaining life of super heater tubes to assess the latest condition of high temperature power plant from creep damage. Surface replication allows non-destructive examination. Replication technique is sufficiently sophisticated to allow classification of micro structural creep damage that can be directly correlated life fracture. A distinct correlation exists for creep data such that a minimum and maximum remaining life fraction can be specified. The maximum life is useful in predictive maintenance environment because it would dictate the planning of future repairs or replacement. Rating class creep damage condition and spent life are given according to VGBR-509L (VGB-R 509L, 1989).

In this study microstructural creep damage and remaining life of working conditions of 40 super heater tubes were examined by the help of plastic replica technique. Working conditions of super heater tubes were 495°C temperature and 59 bar pressure. Operation time was 201000 hours. Tube materials are SA213 –T11 and T22.

Microstructure of super heater tube material consists of pearlite and ferrite. VGB TW 507 and VGB R-509L was used for replicas evaluation.

Determination of rating class of creep damage is very important for super heater tubes. Rating class of creep damage of 39 super heater tubes have been found as Class 1; to be “subjected to creep loading without creep voids” according to VGB TW 507. Rating class of only one tube has been found as Class 2; with “more advanced creep exposure with numerous voids”. According to VGB R-509L, remaining life has been found minimum 40000 and maximum 120000 hours. Re-inspection is foreseen after 20000 hours of service.

**Keywords:** Super heater tube, creep damage, replica, remaining life.

*Akıllı Dönüşüme Yolculuk* teması altında değerli çalışmalarını bir araya getirmeyi amaçladığımız kitabımızda akademik çalışmaların yanısıra hayatımızın her aşamasına giren yenilikçi uygulamalara yer verilmiştir. Böylece sistem, süreç veya yeni iş modellerine geçişi rasyonel bir şekilde yönetmeyi ve akıllı yaşam uygulamaları üzerine yeni ufuklar açmayı mümkün kılacak etkili bir kaynak kitabın ortaya çıktığını düşünmekteyiz.

Çok değerli iş adamlarımızın, yöneticilerimizin ve akademisyenlerimizin 77 çalışmasının yer aldığı kitabımızı; Dijital Dönüşüm, Yönetim Araştırmaları ve Mühendislik Uygulamaları bölümlerinden oluşan Özgün Çalışmalar kısmı ile İngilizce geniş özetlerinin yer aldığı İngilizce Özetler kısmı olmak üzere iki kısımda tasarladık.

Kitabımızın, iş dünyası, akademisyenler ve yola yeni çıkmış ama idealleri olan öğrenciler için faydalı olacağını ummaktayız.

<b>artıkol</b> akademi artikelakademi.com	   @artikelakademi	ISBN 978-605-74067-9-8  9 786057 406798
---	--	--