

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK  
İÇİN AKADEMİK ARAŞTIRMALAR - I**

*Editör: Dr. Cengiz KAHRAMAN*

ARTİKEL AKADEMİ: 187  
Mühendislik Bilimleri: 23

Book Chapter  
*Academic Research for Sustainability-I*

*Sürdürülebilirlik İçin Akademik Araştırmalar -I*  
Editor: Dr. Cengiz KAHRAMAN

**HAKEM KURULU:**  
Prof. Dr. Giuseppe T. CIRELLA  
Prof. Dr. Mohammed SHARAF  
Prof. Dr. Sibel KILIÇ  
Prof. Dr. Targan ÜNAL  
Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AVCI  
Dr. Cengiz KAHRAMAN

ISBN 978-605-74067-5-0  
Birinci Basım: Ekim - 2021  
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: 47334

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 Akfan 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)

# SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İÇİN AKADEMİK ARAŞTIRMALAR - I

## ACADEMIC RESEARCH FOR SUSTAINABILITY - I

*Editör: Dr. Cengiz KAHRAMAN*

Prof. Dr. Giuseppe T. CIRELLA

**Prof. Dr. Mohammed SHARAF - Dr. Cengiz KAHRAMAN**

- **Dr. Öğr. Üyesi Güzide Öncü EROĞLU PEKTAŞ**

Prof. Dr. Tolga DEPCİ - Doç. Dr. Yunus ÖNAL

- Ar. Gör. Emine YALMAN

- Ar. Gör. Mustafa Gökten AYDIN - Rabia AYDEMİR

**Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI - Ayşe Ebra TEMUR**

Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI - Batuhan BALTA

**Dr. Öğr. Üyesi Gürkan GÜNAY - Dr. Öğr. Üyesi Selim DÜNDAR**

Dr. Öğr. Üyesi Saliha KARADAYI USTA

**Dr. Öğr. Üyesi Saliha KARADAYI USTA - Damla Su KARADOĞAN**

Ahmet BOSTAN - Sibel ÖZÇAKMAK - Soner TÜRKMEN

**Ayşe Tuğçe ÇOKKUVVETLİ - Öznur YOLAÇAN**

- **Ceren ALPASLAN GÜLER**

Can Berk AYKAÇ - Kenan YİĞİT - Bora ACARKAN

**Hatice Edanur ÇINAR - R. Cüneyt ERENOĞLU**

Kevser HIŞIROĞLU AYAR

**Kübra Ekinsu AKÇİL**

**Dr. Öğr. Üyesi Nurgül ARISOY - Merve Nur DERBETOĞLU**

**Murat KORÇAK - Ali Rıza DAL**

Oğuzhan BOZKURT - R. Cüneyt ERENOĞLU

**Yeşim ER - Eda KARACA**



# CONTENTS (İÇİNDEKİLER)

SUNUŞ .....9

## 1. Bölüm

**ENVIRONMENT AND SOCIETY: DISCUSSION ON SCIENCE AND SUSTAINABILITY** .....11

GIUSEPPE T. CIRELLA

Faculty of Economics, University of Gdansk

## 2. Bölüm

**IOT AND CLOUD BASED EARLY WARNING SYSTEM**.....23

Oğuzhan BOZKURT - R. Cüneyt ERENOĞLU

## 3. Bölüm

**İSKENDERUN KÖRFEZİNDE YETİŞEN ALGLERİN BİYOKÜTLE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**.....37

Prof. Dr. Tolga DEPCİ

Doç. Dr. Yunus ÖNAL

Rabia AYDEMİR

Ar. Gör. Emine YALMAN

Ar. Gör. Mustafa Gökten AYDIN

## 4. Bölüm

**AMBALAJ ATIKLARININ SU BAZLI SOLÜSYONLA MÜREKKEBİNİN GİDERİMİ** .....47

Ayşe Tuğçe ÇOKKUVVETLİ

Öznur YOLAÇAN

Ceren ALPASLAN GÜLER

## 5. Bölüm

**KENDİNİ TAMİR EDEBİLEN FENOLİK REÇİNE ESASLI TERMOSET POLİMERLER**.....53

Gökhan ÇAYLI - Ebra TEMUR

## 6. Bölüm

**ELEKTRIKLI TAŞITLAR: TARİHSEL GELİŞİMİ, TÜRLERİ VE GELECEK EĞİLİMİ** .....73

Can Berk AYKAÇ

Kenan YİĞİT

Bora ACARKAN

- 7. Bölüm**  
**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KENTSEL YEŞİL ALANLARIN ÖNEMİ.....93**  
Merve Nur DERBETOĞLU  
Nurgül ARISOY
- 8. Bölüm**  
**SÜRÜCÜSÜZ YÜK ULAŞIMININ GELECEĞİ .....107**  
Gürkan GÜNAY  
Selim DÜNDAR
- 9. Bölüm**  
**KÜRESEL SALGIN DÖNEMİNDE DEĞİŞEN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ UYGULAMALARI .....121**  
Damla Su KARADOĞAN  
Saliha KARADAYI USTA
- 10. Bölüm**  
**FARKLI YÖNTEMLERLE KARADENİZ BÖLGESİ'NİN AYLIK ELEKTRİK TÜKETİM TAHMİNİ .....137**  
Yeşim ER  
Eda KARACA
- 11. Bölüm**  
**BALIKÇILIK ENDÜSTRİSİ ATIK SU GERİ KAZANIM SİSTEMİ .....149**  
Kübra Ekınsu AKÇİL
- 12. Bölüm**  
**NANO DEMİR OKSİTLERİN SENTEZİ VE GIDA KAYNAKLI PATOJENLERİN TESPİTİNDE KULLANIMLARI.....163**  
Batuhan BALTA  
Gökhan ÇAYLI
- 13. Bölüm**  
**ASSESSMENT OF THE NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDE LEVELS IN SOILS OF THE ALANYA COASTS OF ANTALYA.....179**  
Kevser Hışıroğlu AYAR

**14. Bölüm**

**THE SUSTAINABLE RECYCLING OF PLASTICS IN TURKEY .....187**

Cengiz KAHRAMAN

Güzide Öncü EROĞLU PEKTAŞ

Mohammed SHARAF

**15. Bölüm**

**KÂĞIT AMBALAJ ENDÜSTRİSİNİN DÖNGÜSEL EKONOMİDEKİ  
ROLÜ: SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRLERİ.....209**

Saliha Karadayı Usta

**16. Bölüm**

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA  
KENTSEL YEŞİL ALANLARIN ÖNEMİ.....225**

Merve Nur DERBETOĞLU - Nurgül ARISOY

**17. Bölüm**

**KAMUOYU DUYURULARI KONUSUNDA TÜKETİCİ PROFİLİ VE YASAL  
YAPTIRIMLAR .....239**

Sibel ÖZÇAKMAK

Soner TÜRKMEN

Ahmet BOSTAN

**18. Bölüm**

**DENİZYOLU TAŞIMACILIĞINDA DÜŞÜK KÜKÜRTLÜ YAKIT UYGULA-  
MASININ STRATEJİK ÖNEMİ VE TÜRKİYE'YE YANSIMASI .....265**

Murat KORÇAK

Ali Rıza DAL

**18. Bölüm**

**ACCURACY ANALYSIS OF DETERMINATION OF LAND SURFACE T  
EMPERATURES IN GEOTHERMAL REGIONS USING SENTINEL  
SATELLITE IMAGERY .....275**

Hatice Edanur ÇINAR

R. Cüneyt ERENOĞLU





## SUNUŞ

Geçmiş medeniyetlerden bu yana insan-doğa ilişkileri bilimin öncelikli alanlarından biri olmuştur. Neolitik çağ ile birlikte tarımın belirleyici bir ekonomik faaliyet olmasıyla sedanter hayat giderek yaygınlaşmış, bilimin insan yaşamını kolaylaştırıcı misyonu daha da önem kazanmıştır. İnsanın doğa ile mücadelesi, mekânsal ve çevresel etkileri, çeşitli disiplinlerin çalışma alanı olmuştur. İnsanoğlunun çevreyle olan ilişkilerinde yaşadığı çok bileşenli sorunlar, günümüzde disiplinler arası çalışmaların önemini giderek arttırmaktadır.

Günümüzde Dünya nüfusu yaklaşık 7.79 milyar kişiye ulaşmıştır. 1950 yılına göre yaklaşık 3 kat olan bu muazzam artış şehirlerde dikey büyümeye neden olmuş, şehirlerin doğal sınırlarından aşarak kırsal alanlar yönünde büyümelerini tetiklemiştir. Doğal çevrenin giderek bozulması ve ekonomik kaygılarla kırsaldan şehirlere büyük bir göçün oluşması kaçınılmaz olmuştur. Bu dramatik durum gelecek nesillerin doğal kaynaklardan faydalanma olasılığını dolayısıyla bu kaynakların sürdürülebilirliğini azaltmaktadır. Gelecek nüfus projeksiyonlarına göre Dünya'nın 2100 yılında 12-13 milyarlık bir nüfusla karşılaşması olası görünmektedir. Böyle bir nüfusun dünyanın doğal kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehlikeli biçimde etkileyeceği açıktır.

Sanayi devriminden bu yana yaklaşık 250 yıl gibi insanlık tarihinde çok kısa sayılabilecek bir sürede görülen kontrolsüz büyüme, günümüzde global çevre sorunları olarak ön plana çıkan küresel ısınma, iklim değişikliği, ormansızlaşma, çölleşme, sera gazlarında artış, biyolojik çeşitliliğin azalması, su-hava-toprak kirliliği vb. gibi sorunların temellerini oluşturmaktadır. Dünyada yaygınlaşan çevre sorunları, siyasi sınır tanımaksızın çevrenin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmakta; insanların güvenliği, diğer canlı türlerinin bekası ve sağlıklı gıda ile su kaynakları üzerinde tehdit oluşturmaktadır. Nitekim son yıllarda artış kaydeden doğal afetler ile günümüzde tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi bu gerçeği insanlığa dramatik bir şekilde hatırlatmaktadır.

Dünyanın günümüzde yaşadığı çok boyutlu sorunları en aza indirmek, sür-

dürülebilir kaynakları olan bir dünya için neyi, nasıl yapacağımıza ışık tutacak, bağımsız kaynaklarca doğrulanmış bilimsel çalışmalara her zamankinden daha fazla ihtiyaç vardır.

Çeşitli bilim dallarının sürdürülebilirlik temalı çalışmalarından bir seçkiyi içeren bu eserin ortaya çıkmasında emeği geçen Uluslararası Artikel Akademi Yayınevine ve değerli bilim insanı bölüm yazarlarımıza teşekkürlerimizi sunuyor; yazın ve bilim dünyasına böyle bir eseri kazandırmaktan dolayı mutluluk duyuyoruz.

Saygılarımızla,

**Dr. Cengiz KAHRAMAN**

***Editör***

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa*

*Mühendislik Fakültesi*

*Mühendislik Bilimleri Bölümü*

**CHAPTER 1**

**ENVIRONMENT AND SOCIETY:  
DISCUSSION ON SCIENCE AND SUSTAINABILITY**

*by*

**Giuseppe T. Cirella**

*Faculty of Economics, University of Gdansk, 81-824 Sopot, Poland  
gt.cirella@ug.edu.pl*

**ABSTRACT**

The examination of the environment and its relational effects on how different societies shape themselves requires the critical analysis of best human-nature relation practice. The study of how the natural world works, how our environment affects us, and how we affect our environment, is scholarship based on the study of environmental science. Environmental scientists, purposefully, study issues of central importance to our world and its future, in relation to rapidly changing global conditions, in terms of ecological change and impact. Interdisciplinary research should draw upon techniques from multiple disciplines and bring them into a broad synthesis by encompassing the natural sciences, engineering, and social sciences. The pursuit of knowledge about the environment, how it works, and our interactions with it, should be problem-solving centric. Since the Earth's systems are finite and limited, increases in population, pollution, and resource consumption can irreversibly alter the system—requiring strong custodial management in a timely manner. To best help avoid past mistakes, reducing degradation of the natural world as well as bettering human settlements and landscapes that have previously been devastated should be enhanced and re-thought-out. Research central to ecosystem services and why we rely on them should be closely re-considered. Example models like the ecological footprint and the triple-bottom line framework are fundamental to this type of re-thinking. Inclusive to sustainability is legislation and technological advances that decrease

pollution. Moreover, advances in conservation biology that enable scientists and policymakers to work together to protect habitat and organisms—e.g., soil conservation, irrigation, and organic methods that improve agricultural practices—should be prioritized. At length, renewable energy and efficiency efforts are fundamental to a sound environment in harmony with the modernization, i.e., urbanization, of human settlements.

**Keywords:** environmental science; human settlements; ecosystem services; scientific method; ecological footprint

## 1. INTRODUCTION

In these perilous times being online has become the new norm. In-person and face-to-face interaction a distant reminder of the pre-COVID-19 way of life. Nevertheless, employers, employees, and customers from all sectors of society continue to expand and adapt business practices towards a post-pandemic world, reflecting on lessons learned and coping with societal shifts. Environmental science, the study of how the natural world works, explores how the environment affects us and how we affect our environment. It is a science of central importance to our world and its future. Rapid changes demand that we act sooner, rather than later, to solve the growing demand of problems human beings face. It incorporates an interdisciplinary approach that draws upon techniques from a multiplicity of fields, bringing together a broad synthesis of ideas to encompass both the natural and social sciences—fused with quantitative and qualitative practices. Such scholarship should not, however, be confounded with environmentalism which has grown to become a social movement dedicated to protecting the natural world and undesirable changes brought about by human choice (Martin et al., 2016; Voulvoulis and Burgman, 2019). Often environmental science and environmentalism share similar points of view but the latter, i.e., for the most part, incorporates a political connotation, especially in the last decade. This clear divide should be stressed to better inform the public between scientific and environmental necessity versus political and green-only lifestyle choices.

The environment is the total of all our surroundings. It consists of all the living and non-living things around us—encompassing the built environment with which we call home. The urban environment includes city structures and places that are built on top of natural components, i.e., the natural landscape as well as its flora and habitat for its fauna (Alberti, 1999a, 1999b). For most human beings, the environment is a complex web of social relationships and institutions that shape our daily lives (Schaubroeck, 2017). In a sense, environmental science can be used to interlink physical, biological, and information sciences towards solutions to environmental problems (Gimenez *et al.*, 2012). In terms of integrating a worldly systems approach, the planet is made up of finite limitations

(e.g., terrestrial area). Using the example of available land, when a population increases it should in theory require more of it. In terms of human beings, our population curve is currently growing exponentially—producing high environmental stress levels where population density is highest (e.g., urban centers) (Our World in Data, 2021). Human technological power aligned with resource consumption has been altering the planet’s surface and further degrading parts of the systems that keep us alive (Martin et al., 2016; Mokyr, 2018; Salat, 2009; Voulvoulis and Burgman, 2019). A novel reflective and scientific re-thinking is needed. As such, people can either continue to keep doing business as usual or recognize past mistakes and innovate. Throughout history, when civilizations fell apart a degraded environment was accompanied by a devastated landscape (e.g., the Sumerians via overuse of the land as well as urban expansion and the Rapu Nui people via land clearing for cultivation and resource consumption on Easter Island). The rise and fall of civilizations exemplify (and magnify) aspects of the world as it is today. The globalization of almost everything interconnects this fact—and reflects (and defines) the quality and type of life available. This can extend to include wellbeing—within environmental, social, and economic dimensions. This short communication is a brief look at the environment and society as it currently stands and integrates measurable means of examining them in terms of science and sustainability.

## **2. ENVIRONMENT AND SOCIETY**

With continuous growth in urbanization, human beings face an urban-rural divide that has forced the construction of smarter and more compact environments, i.e., cities, throughout the world. For the most part, these compact environments are not feasible or especially healthy in developing countries (Allmendinger and Haughton, 2010; Batty *et al.*, 2012; Bibri *et al.*, 2020; van Grunsven, 2003; Kjærås, 2021; Neuman, 2005). Throughout Africa and Asia, it is commonplace that cities are overcrowded and grow indiscriminately (e.g., via informal settlements). As such, human settlements, regardless of location, need various types of resources, i.e., various substances and energy sources, for basic survival. Renewable energy, for instance, is inexhaustible and comes from natural resources such as sunlight, wind, and wave. Others energy forms including timber, water, and soil can be replenished by the environment, but require ecosystem service support. Non-renewable resources such as mineral ores and crude oil cannot be

replenished on a human scale. The utility of ecosystem services to purify soil, water, and air exemplifies their importance to maintaining a healthy, livable environment (McPhearson *et al.*, 2015; Sharmina *et al.*, 2016). Ecosystem services can aid in climate regulation and play an important role in facilitating environmental regeneration and rehabilitation (Cohen-Shacham *et al.*, 2016; Elmqvist *et al.*, 2015). If human beings degrade nature's ability to provide such services we will need to do it—ourselves—at a high cost. Important examples of services that are dysfunctional include the depletion of resources, destruction of habitat, and generation of pollution. Ecosystem services can be divided into four key elements: (1) provisioning services, i.e., products obtained from ecosystems, (2) regulating services, i.e., benefits obtained from regulation of ecosystem processes, (3) cultural services, nonmaterial benefits obtained from ecosystems, and (4) supporting services, i.e., services necessary for the production of all other ecosystem services (Falkenmark *et al.*, 2007). Ecosystem services are the nature of things we get for free from the Earth, e.g., by way of the nutrient cycle, photosynthesis, and soil formation. All ecosystem services aid in keeping our life support systems operational. Environmental science tries to answer the question of whether the natural systems of the planet can sustain current and future populations since population growth amplifies impact. Human beings for most of human history recorded a total population of less than one million—today this has increased to 7.8 billion (Our World in Data, 2021). Other important related factors include access to reproductive healthcare, pressure on human communities (i.e., exacerbating food and water shortages), resilience to climatic events, and the rise out of intergenerational poverty (i.e., especially for the most vulnerable). These examples place the human experience at odds with where and why human settlements overdeveloped and what can be done about it.

Why does resource consumption exert social environmental pressures? If one examines Hardin's (1968) tragedy of the commons concept, the unregulated exploitation of commons will eventually be depleted—since there is no limit on any shared resource. Barrett (2016) explores this notion by examining why countries are good at coordinating and bad at cooperating voluntarily. In accordance with this line of thinking, the ecological footprint, developed by Wackernagel and Rees (1996), pieced together an approach to sum the amount of the Earth's surface “used once” in terms of all total direct and indirect impacts. The ecological footprint expresses the environmental impact of an individual or a population by the cumulative amount of land and water required to provide the raw mate-

rials consumed and cycle the waste produced (i.e., they use these calculations to determine if there is a depleting level of resources). It was determined that human beings as a species deplete resources at about 30% faster than they are replenished (Wackernagel and Rees, 1996). The use of the tragedy of the commons and ecological footprint signpost the detachment of the environment and society, and interface important theoretical backing to bettering a scientific and sustainability-based way of life.

### **3. SCIENCE AND SUSTAINABILITY**

Science is a systemic process of learning about the world. In terms of modern science, the knowledge of science and technology increasingly has become significant to the modernization of society as a whole. As society becomes more dependent on scientific innovation, e.g., transportation, communications, medicine, and agriculture, it allows us to make informed decisions. To do so, the scientific method is used to incorporate a deeper understanding of how science is performed and best done. A technical understanding of the method revolves around a cyclical process of making observations, asking questions investigatorily, developing a hypothesis (i.e., a statement that explains a phenomenon or answers a scientific question), making predictions (i.e., a specific statement that can be directly and unequivocally tested), and testing the predictions to formulate results that may reject or fail to reject the hypothesis. The development of a theory—i.e., a well-tested explanation of one or more cause and effect relationships that has been extensively validated—is stated when all hypotheses have been exhaustively validated. The scientific method aids in developing scientific research that can be applied to help fulfill society's needs and address its problems. Scientific knowledge is developed as a global public good. It extends, for the most part, the human hand of ingenuity by contributing to innovation and the economy. The method examines a problem in a solution-thinking manner. An experiment, if one were to go deeper into the topic, is an activity designed to test the validity of the hypothesis. It involves manipulating variables, conditions that can change, i.e., the independent variable, while the dependent variable would depend on the first. Experiments provide insight into cause and effect by demonstrating what outcomes occur when particular factors are manipulated. Three types of experiments exist: controlled, manipulative, and natural (Craig *et*



al., 2017; Leatherdale, 2019; O'Donoghue Jenkins et al., 2016; Thompson and Panacek, 2006). In a controlled experiment, all variables are controlled except the tested one. This includes a treatment area that is manipulated and another that is not, called a control. In a manipulative experiment, the independent variable is manipulated, while in a natural experiment the hypothesis is tested by searching for a correlation (i.e., a statistical relationship between variables).

A paradigm shift, first presented by Kuhn (1962) in *The Structure of Scientific Revolutions*, is based on the dominant scientific viewpoint in terms of knowledge and level of experimentation known at that specific period of time. It is argued that science goes through periodic revolutions in which one dominant view is abandoned for another as more information becomes available. The Kuhn cyclic model begins with a pre-science idea (e.g., a fictitious concept or movement) after which it is scrutinized scientifically and, if accepted, moves to a normal or generally accepted idea in science. Once an idea is classified as normal science a cyclic process begins, as follows: normal science, model drift, model crisis, model revolution, and paradigm shift. These periodic paradigm shifts are eventful and change the way the scientific community perceives novelty and acceptable science. Sustainable development is an example of a paradigm shift in scientific thinking. It stressed the “old ways will not open new doors” concept by linking science with ethics and formed a planet-wide level of consciousness via human beings’ endurance, limits, and ethical role as a custodial species. In 1987, the Brundtland report, also known as *Our Common Future*, “gave the most recognized and widely accepted definition of the term sustainable development” (Youmatter, 2020). The report defined sustainable development as “the human ability to ensure that the current development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (Brundtland, 1987). As such, human beings are still struggling to adjust (i.e., decide) where our end values stand, since the utility of natural capital, accumulated by resource consumption, dictates the types of communities different people live in. The ability to maintain a certain lifestyle choice will need scientific validation—as people become more detached from where resources originate from. Major challenges in this arena include agriculture, energy, and biodiversity. Since sustainable development is the use of a resource in a manner that does not compromise the future availability of that resource, it is obvious a generational component to future thinking is needed. Important questions that parallel this train of thought encompass the direct effects of any resource used by any

one individual. Cross-referencing time (i.e., day, week, month, year, decade, and generation) with individual impact (i.e., family, community, city, country, and world) indicates that on a daily-family level impact will be highest while on a generational-world level it will be lowest. Considering this, what does sustainable development involve?

An important factor that environmental scientists must take in to account is the level and need for environmental protection, i.e., the Cornucopian claim that the quality of human existence is improving or that we have surpassed the point of no return and we are doomed as a species. Secondary concerns are the efficiency of resource usage via the economic system which bring into play the economy, economic wellbeing, and equity of resources. To help satisfy some of these claims, Elkington's (1997, 2018) triple bottom line approach proposes the three pillars, i.e., environment, social, and economic, as standard interlinking characteristics that should guide future business and (indirectly) scientific development. Some examples include legislation and technological advances that have been implemented to decrease pollution—especially in wealthier countries; advances in conservation biology that enable scientists and policymakers to work together to protect habitat and organisms; soil conservation, irrigation, and organic methods of improving agriculture; novel transport networks that show important steps at how they can become more environmentally-friendly; and urban centers veering towards a re-thinking of how to design cities and approach infrastructure and social relations—i.e., human-human and human-nature. The environment and society, to this end, will need a strong and credible scientific community, afar from political biases, to properly signpost best practice sustainability and best forward-thinking thought—to maximize innovation, a free market system, and freedom-loving societies.

## REFERENCES

- Alberti, M. (1999a), “Urban patterns and environmental performance: What do we know?”, *Journal of Planning Education and Research*, SAGE Publications Inc., Vol. 19 No. 2, pp. 151–163.
- Alberti, M. (1999b), “Modeling the urban ecosystem: A conceptual framework”, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Pion Limited, Vol. 26 No. 4, pp. 605–630.
- Allmendinger, P. and Haughton, G. (2010), “Spatial planning, devolution, and new planning spaces”, *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol. 28 No. 5, pp. 803–818.
- Barrett, S. (2016), “Coordination vs. voluntarism and enforcement in sustaining international environmental cooperation”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Academy of Sciences, Vol. 113 No. 51, pp. 14515–14522.
- Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., *et al.* (2012), “Smart cities of the future”, *European Physical Journal: Special Topics*, Vol. 214 No. 1, pp. 481–518.
- Bibri, S.E., Krogstie, J. and Kärrholm, M. (2020), “Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability”, *Developments in the Built Environment*, Elsevier BV, Vol. 4, p. 100021.
- Brundtland, G.H. (1987), *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (2016), *Nature-Based Solutions to Address Societal Challenges*, IUCN, Gland, Switzerland, available at:<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- Craig, P., Katikireddi, S.V., Leyland, A. and Popham, F. (2017), “Natural Experiments: An Overview of Methods, Approaches, and Contributions to Public Health Intervention Research”, *Annual Review of Public Health*, Annual Reviews Inc., Vol. 38, pp. 39–56.

- Elkington, J. (1997), *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Capstone, Oxford, available at: [https://books.google.pl/books/about/Cannibals\\_with\\_Forks.html?id=QLg9PgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.pl/books/about/Cannibals_with_Forks.html?id=QLg9PgAACAAJ&redir_esc=y) (accessed 4 February 2021).
- Elkington, J. (2018), “25 Years Ago I Coined the Phrase ‘Triple Bottom Line.’ Here’s Why It’s Time to Rethink It”, *Harvard Business Review*, available at: <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it> (accessed 20 October 2019).
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S.N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gómez-Baggethun, E., *et al.* (2015), “Benefits of restoring ecosystem services in urban areas”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 14, pp. 101–108.
- Falkenmark, M., Finlayson, C.M., Gordon, L.J., Bennett, E.M., Chiuta, T.M., Coates, D., Ghosh, N., *et al.* (2007), “Agriculture, water, and ecosystems: avoiding the costs of going too far”, in Molden, D. (Ed.), *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, Earthscan, London, available at: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/36872> (accessed 26 May 2021).
- Gimenez, C., Sierra, V. and Rodon, J. (2012), “Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line”, *International Journal of Production Economics*, Elsevier, Vol. 140 No. 1, pp. 149–159.
- van Grunsven, L. (2003), “Compact Cities. Sustainable Urban Forms for Developing Countries”, Mike Jenks and Rod Burgess (Eds.), *Journal of Housing and the Built Environment*, Springer Nature, Vol. 18 No. 4, pp. 387–391.
- Hardin, G. (1968), “The tragedy of the commons”, *Science*, Vol. 162, pp. 1243–1248.
- Kjærås, K. (2021), “Towards a relational conception of the compact city”, *Urban Studies*, SAGE Publications Ltd, Vol. 58 No. 6, pp. 1176–1192.
- Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Leatherdale, S.T. (2019), “Natural experiment methodology for research: a review of how different methods can support real-world research”, *International Journal of Social Research Methodology*, Routledge, Vol. 22 No. 1, pp. 19–35.
- Martin, J.L., Maris, V. and Simberloff, D.S. (2016), “The need to respect nature and its limits challenges society and conservation science”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Academy of Sciences,

Vol. 113 No. 22, pp. 6105–6112.

- McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T. and Frantzeskaki, N. (2015), “Resilience of and through urban ecosystem services”, *Ecosystem Services*, Elsevier, Vol. 12, pp. 152–156.
- Mokyr, J. (2018), “Bottom-up or top-down? The origins of the Industrial Revolution”, *Journal of Institutional Economics*, Cambridge University Press, Vol. 14 No. 6, pp. 1003–1024.
- Neuman, M. (2005), “The compact city fallacy”, *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 25 No. 1, pp. 11–26.
- O’Donoghue Jenkins, L., Kelly, P.M., Cherbuin, N. and Anstey, K.J. (2016), “Evaluating and using observational evidence: The contrasting views of policy makers and epidemiologists”, *Frontiers in Public Health*, Frontiers Media S. A, Vol. 4 No. DEC, available at: <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2016.00267>.
- Our World in Data. (2021), “Number of people living in urban and rural areas, World, 1960 to 2017”, available at: <https://ourworldindata.org/grapher/urban-and-rural-population?time=1960..latest> (accessed 13 March 2021).
- Salat, S. (2009), “Energy loads, CO2 emissions and building stocks: Morphologies, typologies, energy systems and behaviour”, *Building Research and Information*, Vol. 37 No. 5–6, pp. 598–609.
- Schaubroeck, T. (2017), “Nature-based solutions: sustainable?”, *Nature*, Nature Publishing Group, Vol. 543 No. 7645, pp. 315–315.
- Sharmina, M., Hoolohan, C., Bows-Larkin, A., Burgess, P.J., Colwill, J., Gilbert, P., Howard, D., *et al.* (2016), “A nexus perspective on competing land demands: Wider lessons from a UK policy case study”, *Environmental Science & Policy*, Elsevier, Vol. 59, pp. 74–84.
- Thompson, C.B. and Panacek, E.A. (2006), “Research study designs: Experimental and quasi-experimental”, *Air Medical Journal*, Elsevier, Vol. 25 No. 6, pp. 242–246.
- Voulvoulis, N. and Burgman, M.A. (2019), “The contrasting roles of science and technology in environmental challenges”, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Taylor and Francis Inc., Vol. 49 No. 12, pp. 1079–1106.
- Wackernagel, M. and Rees, W. (1996), *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia, available at: <https://books>.

google.pl/books/about/Our\_Ecological\_Footprint.html?id=WVNEAQAQAQBA-J&printsec=frontcover&source=kp\_read\_button&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed 26 May 2021).

Youmatter. (2020), “Sustainable Development Definition: Historical Background and Examples”, available at: <https://youmatter.world/en/definition/definitions-sustainable-development-sustainability/> (accessed 26 May 2021).

## 2. BÖLÜM

# IOT AND CLOUD BASED EARLY WARNING SYSTEM

**Oğuzhan BOZKURT**

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Science,  
Division of Geomatics, Çanakkale, Turkey*

**R. Cüneyt ERENOĞLU**

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering,  
Department of Geomatics Engineering, Çanakkale, Turkey*

## ABSTRACT

With the rapid development of digitalization throughout the world, many things that were not possible in the past have become possible now. In addition to the great contributions of digitalization, it carries the data collection, storage and processing stages to a very different dimension, especially for engineering disciplines. Within the engineering disciplines, especially in engineering studies where field studies are abundant, the time lost during the data collection phase, the cost required for field work, the cost required during the data storage phase, and the increased workload in data processing, eliminating all these problems with the use of digitalization in these engineering studies, and accessing data instantly, It offers facilities such as storage and processing. With the help of IOT technology, which is frequently used today, the desired data can be easily obtained with the help of sensors and the collected data can be transmitted to the desired warehouse through software and other technologies easily through data communication. In addition to IOT technology, cloud computing can also provide data storage without using a physical storage for data storage and at low cost. In this study, it is aimed to develop an IOT and cloud-based distance meter device that can be used for field studies. This device is intended to be used in engineering

disciplines involving field studies. According to the results of the research, the device can automatically transfer the data obtained with IOT technology to cloud computing via the internet and has successfully performed 24/7 data collection, storage and analysis.

**Keywords.** IOT, Early Warning System, Cloud Computing, Sensor

**Acknowledgement:** This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: FYL-2020-3400



## GİRİŞ

Dünyada'ki hızla gelişen teknoloji sayesinde artık veri toplama, depolama ve analiz işlemleri hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Özellikle mühendislik disiplinleri için kullanılabilecek farklı yöntemler ile saha çalışmalarının yoğun olduğu mühendislik disiplinlerinde arazi için gerekli olan maliyet, zaman ve veri işleme sürecinde artan iş yükü gibi problemlerin çözülebileceği bununla beraber 7/24 veri toplama, depolama ve veri analizi gibi işlemleri gerçekleştirmek mümkündür. Doğal afetler sebebiyle meydana gelen mühendislik kazalarını engellemek yada bu kazalar ile ilgili herhangi bir can ve mal kaybına mani olmak önem arz etmektedir. Doğal afetlerin sebep olduğu kazalar göz önünde bulundurulduğunda; 08/07/2018 tarihindeki 12703 numaralı trenin deray kazasına ilişkin kaza inceleme raporunun maddeleri incelendiğinde kazanın bir doğal afet sebebiyle meydana geldiği ve tavsiyeler kısmında açıklanan maddeler arasında 6.1.1. nolu maddede “ Demiryolu hatlarındaki köprü, menfez, yarma, tünel gibi sanat yapılarında demiryolu trafiğini tehlikeye sokacak değişikliklerin modern algılama sistemleri ile takibini mümkün kılacak projeler geliştirilmesi ” ibaresi bu tip mühendislik yapılarında sürekli takip sistemlerinin kullanılması gerektiğini önemle belirtmektedir. Yine başka birer mühendislik yapıları olan Samsun - Ordu karayolunda 01/02/2020 meydana gelen heyelan ve Düzce – Zonguldak karayolunda 27/03/2021 tarihinde meydana gelen heyelan ile yolun 85 metrelik kısmı çökmesiyle oluşan kazalarda can kaybı olmamış fakat karayollarının da sürekli izlenmesi gerektiğini bir kez daha bize göstermektedir. Sürekli izleme prensibi ile kurulan erken uyarı sistemleri ile bu tip kazaların önüne geçilerek can ve mal kayıplarının önlenmesi mümkündür. Birçok farklı alanda kullanılabilecek düşük maliyetli erken uyarı sistemleri bu çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır.

## AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın amacı nesnelere interneti ve bulut bilişimi kullanılarak bir erken uyarı sistemi tasarlama ve bu sistemin birçok farklı alanda kullanılarak do-

ğal afet ve beşeri hatalarının doğuracağı sorunların önüne geçmek amaçlanmıştır. Maliyetler göz önünde bulundurularak tasarlanan bu sistem tekrarlı mesafe ölçme prensibi ile kullanılacağı bölge veya alanda oluşan değişiklikleri sürekli olarak takip edecek ve bir sorun olduğunda sistem operatörüne bilgi vererek erken önlem alınmasını sağlayacaktır.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

Nesnelerin interneti, nesnelerin birbirleri ile ya da büyük sistemlerle bağlanabilen bir iletişim ağıdır. İnternet kullanılarak diğer cihaz ve sistemlere bağlanmak ve veri alışverişi amacıyla sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerle gömülüdür. Bulut bilişim, bilgisayarlar ve diğer cihazlar için, isteğe bağlı kullanılabilen aynı zamanda kullanıcılar arasında paylaşılabilen bilgisayar kaynakları sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetleridir. Nesnelerin İnterneti teknolojisinin uygulanması, izleme ve erken uyarının verimliliği ve doğruluğu jeo-tehlikeleri önleme sistemleri yeni bir çalışma alanıdır (Mei, ve ark., 2019). Nesnelerin interneti kullanılarak birçok farklı alanda ve farklı konularda erken uyarı sistemleri tasarlanabilmektedir; Örnek olarak kar erimesi ve sel uyarısı için erken uyarı sistemi ile IoT ve jeoinformatiği birleştirerek olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Fang, ve ark., 2015). Yine bir başka çalışmada sera için tasarlanan IoT ile beraber çalışan bulut sistemi ile seranın çevre verilerini ve diğer ilgili verileri depolamak için bazı koşullar sağlayarak depolama maliyetini düşürerek ve hizmet alanını genişletilmiştir, seraların izleme verilerinin yanı sıra hava durumu verileri ve sera dışındaki diğer tarımsal meteorolojik veriler de yer almaktadır (Wenshun, ve ark., 2013). Nesnelerin interneti kullanılarak kimi zaman büyük ölçekli afetler içinde erken uyarı sistemi tasarlanabilmektedir. Örnek olarak sensörlerin toprak sarsıntılarını algılaması ve ardından uyarı sinyalinin yakındaki baz istasyonuna iletilmesi ile baz istasyonundan yetkili numaralara, uyarı sinyali halka iletilir (Alphonsa, ve ark., 2016). Sürekli izleme ile beraber IoT akıllı ulaşım sistemlerinde de gayet başarılı şekillerde kullanılabilir. IoT teknolojisinin uygulanmasıyla, demiryolu gerçek zamanlı ulaşım bilgisi algısı, iletimi ve paylaşımı elde edebilir, demiryolu iş sürecinin akıllı kontrolünü gerçekleştirebilir, otomatik demiryolu taşımacılığı organizasyonu, akıllı sevk komutanlığı, kapasite kaynağı işbirliği, dijital yolcu taşımacılığı yönetimi, IoT yük yönetimi, entegre güvenlik yönetimi, yakın bölge bilgi kontrolü ve nihayetinde demir-

yolu akıllı ve verimli yönetim ve hizmetini gerçekleştirir (Liu, ve ark., 2013). Yine başka bir çalışmada demiryolu üst yapı takibi için kullanılan IoT'ye dayalı önerilen "RailMon" mimarisi, yüksek sıcaklıktan kaynaklanan demiryolu hattı hasarlarını algılayabilir veya ray bölgesi içinde çok uzak bir mesafedeki sabit nesneyi belirleyebilir (Kebbeh, ve ark., 2018). Tüm bu çalışmalar incelendiğinde IoT gerçekten kullanıldığı her alanda başarı göstermektedir. Çalışmamız için tasarlanacak erken uyarı sisteminin IoT ve bulut tabanlı olması başarı şansını yükseltmektedir. Özellikle çalışmamız sürekli takip için kullanılmak üzere zamana bağlı mesafe değişiminin takibi ile deformasyon izlendiğinden bu çalışma için gerilim modeli kullanılmasına karar verilmiştir.

$$e=AL\sigma L$$

Modelde belirtilen gerilim mesafe ölçen sensörler sayesinde yapılan tekrarlı mesafe ölçüleri ile belirlenecektir.

## ULTRASONİK MESAFE SENSÖRÜ

Öncelikli olarak kullanılacak mesafe sensörünün yüksek hassasiyette veri toplayabilmesi ve maliyet olarak uygun olması düşünülmüştür. Söz konusu seçilen HC-SR04 mesafe sensörü dalga prensibi ile çalışmakta ve ölçü hassasiyeti +/- 3mm'dir. 2-400 cm arasında ölçüm yapabilen bu sensör proje için en uygun sensör olduğu düşünülmüştür.



Şekil 1. Ultrasonik Mesafe Sensörü.

## Wifi Geliştirme Kartı

Yapılan mesafe ölçümlerinin veri haberleşme yolu olarak wifi belirlenmiştir. Bunun sebebi verilerin kablosuz kolay bir şekilde aktarımı ve verilerin bulut sis-

temine aktarılması amaçlanmıştır. Kullanılacak wifi sensörünün aynı zamanda işlemciye sahip olması gerektiğinden ESP 8266 modeli çalışma için uygun olduğu düşünülmüştür. Kullanılan söz konusu wifi geliştirme kartı Wi-Fi Direct desteği ve 32-bit işlemcisi ile çalışmada ihtiyaç duyulan tüm özellikleri karşılamaktadır. Arduino tabanlı kodlama yapılan söz konusu wifi geliştirme kartı ile Ultrasonik Mesafe Sensörü ile yapılan ölçüleri işleyecek ve bulut sistemine aktaracaktır.



**Şekil 2. Wifi Geliştirme Kartı.**

### **Voltaj Regülatör Kartı**

Sistem için gerekli enerjiyi arazi şartlarında dolayı harici bir enerji kaynağından kullanılması gerektiğinden ve sisteme enerji sağlayacak olan bu harici enerji kaynağının voltaj değeri sensörlerin ihtiyaç duyduğu voltaj değeri bakımından fazla olduğunda sistem için bir voltaj regülatörü gerekmektedir. Bu ihtiyaca istinaden kullanılacak olan voltaj regülatör kartı ile harici enerji kaynağından gelen voltaj değerinin sistem girişinde önce ayarlanarak sisteme o şekilde enerji bağlantısı yapılmaktadır. Avometre yardımı ile voltaj değerleri takip edilerek sisteme optimum ihtiyaç duyduğu voltaj değeri sağlanarak sağlıklı bir biçimde çalışması sağlanmıştır.

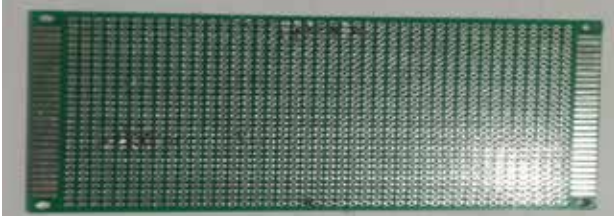


**Şekil 3. Voltaj Regülatör Kartı.**

### **Çift Taraflı Pertinaks**

Sistemin tüm elemanlarının birbirleri ile uyumlu ve sağlıklı çalışabilmesi gerekmektedir. Bu sebep ile tüm sistem elemanlarının entegrasyonu için en uygun yüzeyin çift taraflı pertinaks olduğu anlaşılmıştır. Sistem elemanlarının üzerine

entegre edildiğinde bir bütün olarak durabilmeleri ve aralarındaki bağlantıların rahat bir şekilde yapılabilmesi için çift taraflı pertinaks kullanılmıştır.



**Şekil 4. Çift Taraflı Pertinaks.**

### **Jumper Kablolar**

Sistem elemanları arasında veri alışverişinin sağlanabilmesi için jumper kablolar tercih edilmiştir. Montajı kolay olmakla beraber sorunsuz bir şekilde veri alışverişi sağlanan bu kablolar ile sistem elemanları arasındaki bağlantı kurulmuştur.



**Şekil 5. Jumper Kablolar.**

### **Akü**

Kurulacak olan sistemi arazi şartlarında çalışacağı ve arazi bölgesinde bir enerji hattı olmadığından harici enerji olarak 12 V 60 A araba aküsü kullanılmaktadır.



**Şekil 6. 12V / 60A akü.**

## Buat'lar ve Akü Arasındaki Bağlantıyı Sağlayan TTR Kablo

Harici enerji kaynağı ve sistem arasındaki enerji akışı sağlanması için 2x1 mm<sup>2</sup> olan TTR kablo tercih edilmiştir. Kullanılacak bu kablo hem kurulacak 60 adet sistem kutusunun çıkışları ve bu çıkışlarla akü arasındaki bağlantıyı sağlamak üzere kullanılmıştır. 100 Metre TTR kablodan bir kısmı Buat'lar ve sol altta görülen kablo arasında bağlantı kurulurken, TTR kablonun diğer kısmı daha kolay bağlantı sağlanabilen, tüm buatlara enerji dağıtabilen sağ altta görülen kablo elde edilmiştir.



Şekil 7. 40 Numaralı Mesafe Ölçer ve Bağlantı Kabloları.

## Ardunio Kodlama



Şekil 8. Ardunio Kodu(1).

Ardunio kodlaması yapılır iken ESP8266WiFi.h ve HTTPSRedirect.h kütüphaneleri kullanılmıştır. Wifi için kullanacağı SSID ve Password belirlenmiş ve bu girilen değerlere göre wifi araması ve bağlantısı kurmaktadır. En altta görülen



```
var date_now = Utilities.formatDate(new Date(), "Europe/Istanbul", "yyyy/MM/dd"); // gets the current date.
var time_now = Utilities.formatDate(new Date(), "Europe/Istanbul", "hh:mm:ss a"); // gets the current time; // gets the
```

**Şekil 11. Google Script Kodu(2).**

Alınan ölçünen gün ve saati otomatik olarak Avrupa/İstanbul konum alınarak sheet sayfasına yazdırılmaktadır. Beş adet sütun'da yazılması gereken değerler olarak;A2 ve B2 Sütununda ölçünün alındığı gün ve saat, C2 sütununda Arduino kodu ile bağlantılı olarak Ölçü Numarası, D2 sütununda Mesafe verisi, E2 sütununda ise ölçünün birini yazılacaktır. Böylelikle sistemin Google Script kod kısmında Arduino kodu ile bağlantılı olarak tamamlanmıştır.

```
sheet.getRange('A2').setValue(date_now); // publish current date to cell A2
sheet.getRange('B2').setValue(time_now); // publish current time to cell B2
sheet.getRange('C2').setValue(NumberOfMeasures); // publish value0 from Arduino code to cell C2
sheet.getRange('D2').setValue(Distance); // publish value1 from Arduino code to cell D2
sheet.getRange('E2').setValue(UnitofMeasure); // publish value2 from Arduino code to cell E2
```

**Şekil 12. Google Script Kodu(3).**

## UYGULAMA

Ölçü tablosunda ölçümün yapıldığı gün, saat, ölçü numarası ve ölçü birimi otomatik olarak yazdırılmakta. Mesafeler sistem tarafından okunup bulut'a otomatik aktarılmaktadır. Kontrol amaçlı yapılan ölçüde şerit metre ile 50 cm olarak belirlenen mesafeyi gayet başarılı değerler ile belirlemiş ve sistem bu test sonucunda hassas ölçüm yapabildiğini göstermiştir.





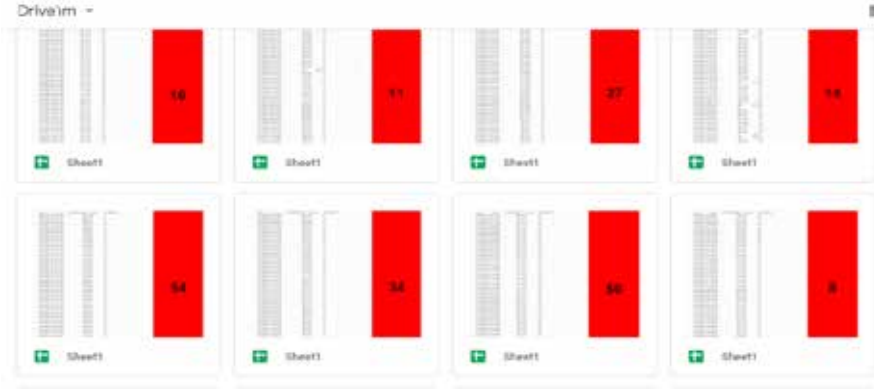
Date	Time	NumberofMeasures	Distance	UnitofMeasure
2021/02/11	11:37:51 AM	16	50.00	cm
2021/02/11	11:35:56 AM	15	49.50	cm
2021/02/11	11:34:51 AM	14	49.61	cm
2021/02/11	11:33:47 AM	13	50.01	cm
2021/02/11	11:32:42 AM	12	50.01	cm
2021/02/11	11:31:38 AM	11	50.01	cm
2021/02/11	11:30:33 AM	10	50.03	cm
2021/02/11	11:29:29 AM	9	50.06	cm
2021/02/11	11:28:24 AM	8	50.06	cm
2021/02/11	11:27:20 AM	7	49.55	cm
2021/02/11	11:26:16 AM	6	50.01	cm
2021/02/11	11:25:11 AM	5	50.01	cm
2021/02/11	11:24:07 AM	4	50.03	cm
2021/02/11	11:23:03 AM	3	49.61	cm
2021/02/11	11:21:58 AM	2	49.61	cm
2021/02/11	11:20:52 AM	1	50.01	cm

Şekil 13. 40 Numaralı Mesafe Ölçer Test Verileri.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Date	Time	NumberofMeasures	Distance	UnitofMeasure				Mean							
15.04.2021	8:34:00	111	71.84	cm				77.803913							
15.04.2021	8:33:37	110	71.77	cm											
15.04.2021	8:31:51	109	71.86	cm				Standart							
15.04.2021	8:29:46	108	71.84	cm				77.83							
15.04.2021	8:28:36	107	71.83	cm											
15.04.2021	8:28:31	106	71.83	cm				Mod							
15.04.2021	8:17:21	105	71.79	cm				77.83							
15.04.2021	8:16:14	104	71.83	cm											
15.04.2021	8:13:09	103	71.88	cm											
15.04.2021	8:14:01	102	71.77	cm				STD_SAPMA							
15.04.2021	8:12:50	101	71.84	cm				0.35792587							
15.04.2021	8:11:47	100	71.83	cm											
15.04.2021	8:10:39	99	71.83	cm											
15.04.2021	8:09:31	98	71.79	cm											
15.04.2021	8:08:24	97	71.83	cm											
15.04.2021	8:07:17	96	71.79	cm											
15.04.2021	8:06:10	95	71.86	cm											
15.04.2021	8:05:02	94	71.79	cm											
15.04.2021	8:03:55	93	71.77	cm											
15.04.2021	8:02:48	92	71.83	cm											
15.04.2021	8:01:40	91	71.83	cm											
15.04.2021	8:00:30	90	71.79	cm											

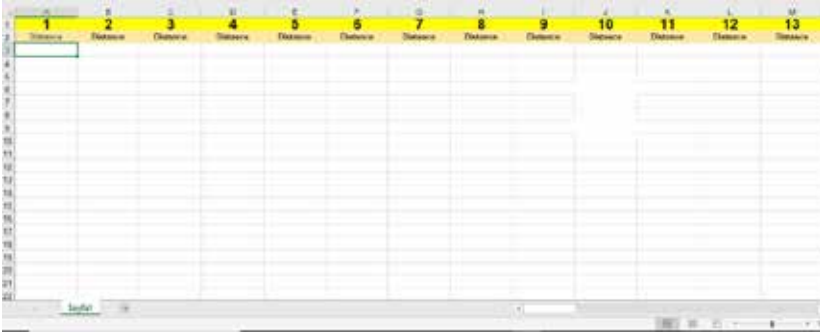
Şekil 14. 40 Numaralı Mesafe Ölçer Test Verileri.

Başka bir denemede mesafe ölçerin aldığı 111 mesafe verisine bakıldığında ortalama, ortanca değer, en sık gözlenen değer ve standart sapma mesafe ölçerin başarısını göstermektedir. Sistemi oluşturan 60 adet mesafe ölçer 7/24 veri toplayarak sisteme veri aktarmaktadır.



**Şekil 15. Bulut Depolamadaki Tüm Mesafe Ölçerler (Bireysel).**

Sistemi oluşturan mesafe ölçerlerin tek tek verileri incelenebilmekte bununla beraber gene bulut sisteminde toplu olarak aldıkları veriler görülebilmektedir.



**Şekil 16. Bulut Depolamadaki Tüm Mesafe Ölçerler (Tümleşik).**

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma amacı olarak belirlenen sürekli izleme ve takip ile erken uyarı sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sistemde bulunan 60 adet mesafe ölçer gözledikleri yüzeylerle aralarındaki mesafeyi dakikada bir kez ölçerek Google bulut sistemine aktarabilmektedir. Google bulut sistemine gelen bu veriler analiz edilerek grafik haline getirilmekte ve sistemin yerleştirildiği bölge uzaktan sürekli olarak takip edilebilmektedir.

## KAYNAKÇA

T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI Ulaşım Emniyeti Güncelleme Merkezi Başkanlığı 8 TEMMUZ 2018 TARİHİNDEKİ 12703 NUMARALI TRENİN DE-RAY KAZASINA İLİŞKİN KAZA GÜNCELEME RAPORU

Mei, Gang, et al. “A survey of Internet of Things (IoT) for geohazard prevention: Applications, technologies, and challenges.” *IEEE Internet of Things Journal* 7.5 (2019): 4371-4386.

Fang, Shifeng, et al. “An integrated information system for snowmelt flood early-warn-ing based on internet of things.” *Information Systems Frontiers* 17.2 (2015): 321-335.

Wenshun, Cui, et al. “Design and implementation of sunlight greenhouse service plat-form based on IOT and cloud computing.” *Proceedings of 2013 2nd International Conference on Measurement, Information and Control*. Vol. 1. IEEE, 2013.

Alphonsa, A., and G. Ravi. “Earthquake early warning system by IOT using Wireless sensor networks.” *2016 International Conference on Wireless Communications, Sig-nal Processing and Networking (WiSPNET)*. IEEE, 2016.

Liu, Xi, Xi Fu Wang, and Xue Feng. “Study and Application of the IOT Technology in Railway.” *Advanced Materials Research*. Vol. 694. Trans Tech Publications Ltd, 2013.

Kebbeh, Pa Saffiong, et al. “Railmon: Distance, temperature and location railway moni-toring using iot technologies.” *International Conference on Innovations and Interdis-ciplinary Solutions for Underserved Areas*. Springer, Cham, 2018.



### 3. BÖLÜM

## İSKENDERUN KÖRFEZİNDE YETİŞEN ALGLERİN BİYOKÜTLE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

*Prof. Dr. Tolga DEPCI<sup>1</sup>,  
Doç. Dr. Yunus ÖNAL<sup>2</sup>,  
Rabia AYDEMİR<sup>3</sup>,  
Ar. Gör. Emine YALMAN<sup>4</sup>,  
Ar. Gör. Mustafa Göktan AYDIN<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>*Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye*

*E-posta: [tolga.depci@iste.edu.tr](mailto:tolga.depci@iste.edu.tr)*

<sup>2</sup>*Kimya Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi, Türkiye*

*E-posta: [yunus.onal@inonu.edu.tr](mailto:yunus.onal@inonu.edu.tr)*

<sup>3</sup>*Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye*

*E-posta: [rabiayaydemir.mfbel8@iste.edu.tr](mailto:rabiayaydemir.mfbel8@iste.edu.tr)*

<sup>4</sup>*Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye*

*E-posta: [emine.avci@iste.edu.tr](mailto:emine.avci@iste.edu.tr)*

<sup>5</sup>*Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye*

*E-posta: [goktan.aydin@iste.edu.tr](mailto:goktan.aydin@iste.edu.tr)*

**ÖZ:** Bu çalışmada alglerin biyokütle özellikleri araştırılmıştır. Alglerin biyokütle özellikleri baz alınarak biyoyakıt olarak kullanılabilirliği tartışılmak istenmektedir. Algler; çoğaltılabilir bir kaynak olması, tarım arazisine ihtiyaç olunmaması, atık sularda dahil su bulunan her yerde yetişebiliyor olması, lipid değerlerinin diğer biyokütlelere oranla yüksek olması, düşük lignin içeriği, biyoyakıt dönüşüm prosesinin kolay olması bu çalışmanın yapılması nedenleri arasındadır.

**Anahtar Kelimeler:** Alg, biyokütle, biyoyakıt, piroliz

**ABSTRACT:** In this study, biomass properties of algae were investigated. Based on the biomass properties of algae, it is desired to discuss its usability as a biofuel. Algae; The reasons for this study are the fact that it is a resource that can be reproduced sufficiently, that it is not needed for agricultural land, it can grow anywhere with water, including wastewater, its lipid values are higher than other biomass, low lignin content, and the conversion process to biofuel is easy.

**Keyword(s):** Algae, biomass, biofuel, pyrolysis

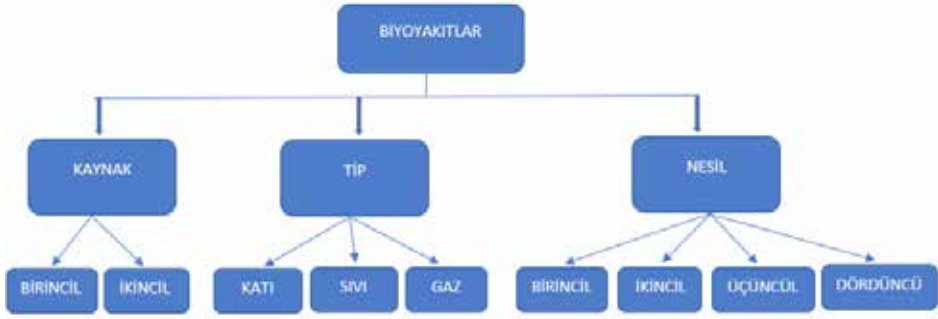
## 1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışıyla doğru orantılı olarak enerji tüketiminde de yaklaşık olarak %1 oranında artış yaşanmaktadır. Fakat petrol fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar, sürdürülemez olması, iklim değişikliklerinin yarattığı etkiler insanları fosil yakıtlar yerine biyoyakıtlara yönlendirmiştir (Nagarajan ve ark. 2013).

Petrol kaynaklı yakıtların çevreye verdiği zarar, sürdürülemez oluşu ve sürekli kullanımdan kaynaklı atık tüketici talebini karşılamaması yaygın olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber ne yazık ki yağlı bitkiler, atık yağlar, hayvansal yağlardan elde edilen biodizelin sürdürülebilir olması ve talebi karşılayabilmesi gerçekçi bir bakış açısı değildir (Chisti, 2007). Fosil yakıtlar yerine biyoyakıt tercih edilmesinin nedenleri; çevreyi dostu olması, sürdürülebilir olması, yenilenebilirliği. Biyoyakıtlar farklı biyokütlelerden üretilen sıvı yakıtlar olarak tanımlanır. Bunlar tarım, orman ürünleri ve biyolojik olarak parçalanabilen kısmi endüstriyel atıklar. Brezilya, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği Dünya'nın en büyük biyodizel üretici ülkeleridir (Khan, 2017). Biyoyakıtlar; birinci nesil, ikinci nesil, üçüncü nesil ve dördüncü nesil olarak 4 gruba ayrılmaktadır. Üçüncü nesil biyoyakıtlar düşük bütçeyle yapılan biyoyağları ifade etmektedir. Genellikle yüksek verimli mikroalg ve makroalglerin biyokütlesinden elde edilir. 3G biyoyakıtlar biyoyakıt için gerekli kriterleri taşıyan en umut verici biyokütle türü gibi görünmektedir. CO<sub>2</sub> ve atık gibi çevre sorunlarının olmaması, yetiştiği sulak yerlerde su içerisindeki zararlı içerikleri bünyesine alarak suyu arıtması sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir (Sudhakar ve ark. 2018).

Besin zincirin ilk halkasını oluşturan biokütlenin önemli birincil üreticilerinde olup, farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği olan tek hücreli ya da karmaşık çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösteren önemli ekolojik gruplardan biridir (Evrenosoğlu ve ark. 2013).

“Buzla kaplı alanlarda, 70°C veya daha yüksek sıcaklıktaki kaynak sularında, çok tuzlu su ortamlarında, düşük ışık yoğunluğu ve yüksek basınç altındaki göl ve deniz ortamlarında kısaca fotosentez yapmak için ışık bulabildikleri her yerde yaşayabilirler” (Aktar ve ark. 2010). Alg hücrelerinin %30 lipid içeriğe sahiptir buda soya fasulyesi ve hurma gibi diğer biyokütlelerden daha yüksektir (Khan, 2017). Alglerin biyoyakıt olarak kullanılmasının nedenleri: Yeterli ve çoğaltılabilir bir kaynak, tarım arazisine ihtiyaç olunmaması, atık sularda dahi yetişebilmesi, yağ oranının yüksek olması, düşük lignin içeriği, daha az enerji girişi ve azaltılmış gıda-yakıt rekabeti, biyoyakıt dönüşüm presesinin kolay olması (Sudhakar ve ark. 2018). Bununla beraber şekil 1’ de biyoyakıtların sınıflandırılmasına ilişkin şema yer almaktadır.



Şekil 1: Biyoyakıtların sınıflandırılması (Sudhakar ve ark. 2018).

## 2. MATERYAL VE METOD

- a. **Materyal:** Bu çalışmada materyal olarak: Chaetomorpha linum olarak adlandırılan alg türü, Protherm PZF 12/60/120 model üç bölge ısıtmalı silindirik fırında karbonizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Karbonizasyon işleminde inert atmosfer olarak azot kullanılmış olup karbonizasyon işlemi 10,20 ve 30 °C/dakika ısıtma hızında 400, 500, 600 ve 700 °C maksimum sıcaklıklarda 1 saat tutularak gerçekleştirilmiştir. Silin-



dirik fırında karbonizasyon için çelik reaktör kullanılmış olup çıkışa kondenser yerleştirilerek kondense edilebilir sıvı alınmıştır. Katı (char) ve sıvı miktarından gaz miktarı belirlenerek karbonizasyona ait katı, sıvı ve gaz verimleri hesaplanmıştır. Ham örneğin kül tayini 650 ve 850 °C sıcaklıklarda kül fırını kullanılarak yapılmıştır.

- b. Metod:** Tez için uygun görülen yöntem piroliz yöntemidir. Biyokütle nin yakıtı dönüştürülmesi için mevcut çeşitli yollardan piroliz, biyokütleyi tarım ve ormancılık kalıntıları dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan sıvı, katı ve gaz yakıtlara dönüştürebilir (Beattie ve ark. 1983).

Piroliz; lastik, plastik, kömür ve biyokütle vb. atık türlerini yüksek enerjisel verimle birlikte beslenmesini sağlayan çok yönlü bir sistemdir (Hita ve ark. 2016). Piroliz işlemi üç alt sınıfa ayrılabilir: geleneksel piroliz, hızlı piroliz ve flaş (kül) pirolizi. Yarı selülozlar önce 470 ila 530 °K sıcaklıklarda parçalanır, selüloz 510 ila 620 °K sıcaklık aralığında ve lignin 550 ila 770 °K sıcaklıklarda pirolize olan son bileşendir. Amaç sıvı verimini en üst düzeye çıkarmaksa biyokütle pirolizinden kaynaklanan ürünler, düşük sıcaklık, yüksek ısıtma hızı, kısa gaz kalma süresi gerekli olacaktır. Yüksek kömür üretimi için, düşük sıcaklıkta, düşük ısıtma oranlı bir proses seçilmelidir. Amaç, pirolizden kaynaklanan yakıt gazı verimini maksimize etmek olsaydı, yüksek sıcaklık, düşük ısıtma hızı, uzun gaz kalma süresi tercih edililmelidir (Demirbaş ve Arin, 2002). Pirolizin üçe ayrılmasında biyokütlenin reaktörde kalma süresine, işlem sıcaklığına ve ısıtma hızına göre kategorize edilmiştir. Bununla birlikte, ürünlerin nispi dağılımı, piroliz tipine ve piroliz işletme parametrelerine bağlıdır (Mondal, 2021).

Chaetomorpha linum türündeki yeşil alg honeywell markalı deney fırınında 10 °C / dk, 20 °C / dk, 30 °C / dk ısıtma hızında; 400 °C, 500 °C, 600 °C ve 700 °C sıcaklıkta katı, sıvı ve gaz oranları hesaplanmıştır.

Protherm PZF 12/60/120 model fırınında 10 °C / dk, 20 °C / dk , 30 °C / dk ısıtma hızında; 400 °C, 500 °C, 600 °C ve 700 °C sıcaklıkta piroliz

işlemi uygulanan numunenin ve ham maddenin; 650 °C ve 850 °C de ki ağırlıkları kül tayini deneyi sonucu hesaplanmıştır.

Kül tayini BS 1016'da verilen yöntemle göre yapılmıştır. Duyarlı olarak tartılmış yaklaşık 1 g numune 650°C ve 850 °C'de yakılarak sabit tartıma getirilmiştir.

Numunenin kül miktarı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır;

a: Kül miktarı, (g)

m: Örnek ağırlığı, (g)

$$\%Kül = \frac{a}{m} \times 100$$

### 3. SONUÇLAR

Dünya'da bitkilerin gıda olarak kullanılmasından dolayı insanlar birincil enerji kaynaklarını kullanmaktadır. Biyokütlelerin sadece bir kısmı ekolojik, teknik, gıda ve ekonomik nedenlerle enerji kullanımı için sağlanabilir. Biyokütle kaynakları; tarım, ormancılık ve odun endüstrilerinden elde edilenleri içermektedir.

Bu çalışmanın kaynağı olan algler ise tarım arazisi kullanılmadan suyun bulunduğu her yerde atık sularda dahil yetişebilmektedir. Algler biyoyakıtta dönüşüm prosesleri kolay olan biyokütleler arasındadır. Termokimyasal dönüşüm proseslerinden uygun olanın proliz işlemi olduğu kararına varılmıştır. Piroлиз işlemi, kül tayini deneyi analizleri yapılmıştır. Şekil 2' de numune (400 °C, 500 °C, 600 °C ve 700 °C karbonizasyon işlemine tabi tutulan ham mad-

de miktarı), 650 °C ve 850 °C de sıcaklık, fırının derecesi arttıkça numunenin ağırlığında azalma gözlemlenmiştir.



**Şekil 2:** 10 °C / dk ısıtma hızında kül tayini deney sonuçları

Şekil 2’de 10 °C / dk ısıtma hızındaki veri sonuçlarına göre daha önce 400 °C de karbonizasyon işlemi yapılan numune kül fırını derecesine bağlı olarak ağırlığında bir azalma gözlemlenmiştir. Bununla beraber 500 °C, 600 °C, 700 °C ve ham madde ile yapılan kül tayini işleminde de karbonizasyon işlem sıcaklığına bağlı olarak ağırlıklarında düşüş gözlemlenmiştir.

KÜL TAYİNİ	NUMUNE	650 °C	Azalma oranı
400 °C	1,0094	0,724	28%
500 °C	1,0756	0,8094	25%
600 °C	1,0614	0,792	25%
700 °C	1,0363	0,8508	18%
HAM MADDE	1,1788	0,7661	35%

**Şekil 3:** 650 °C sıcaklıktaki azalma oranının numune miktarına kıyasla yüzdesel oranları

KÜL TAYİNİ	NUMUNE	850 °C	Azalma oranı
400 °C	1,0094 gr	0,5807 gr	42%
500 °C	1,0756 gr	0,6059 gr	44%
600 °C	1,0614 gr	0,6022 gr	43%
700 °C	1,0363 gr	0,6367 gr	39%
HAM MADDE	1,1788 gr	0,5205 gr	56%

**Şekil 4:** 850 °C sıcaklıktaki azalma oranının numune miktarına kıyasla yüzdesel oranları

Şekil 3 ve şekil 4’ de farklı sıcaklıklarda uygulanan piroliz sonucu numunelerin 10 °C/dk ısıtma hızında 650 °C ve 850 °C de ki kül tayini değerlerinin numune miktarına kıyasla azalma oranları yüzde cinsinden hesaplanmıştır.

Azalma yüzdesinin en çok olduğu veri hammadenin 10 °C/dk ısıtma hızında 850 °C sıcaklıktaki kül tayini sonucudur. Azalma yüzdesinin en az olduğu veri 700 °C de karbonizasyon işlemine tabi tutulan numunenin 10 °C/dk ısıtma hızında 650 °C sıcaklıktaki kül tayini sonucudur.

## KAYNAKÇA

- Aktar, S., & Cebe, G. E. (2010). Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi.
- Beattie, W. H., Berjoan, R., & Coutures, J. P. (1983). High-temperature solar pyrolysis of coal. *Solar Energy*, 31(2), 137-143.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25(3), 294-306.
- Demirbas, A., & Arin, G. (2002). An overview of biomass pyrolysis. *Energy sources*, 24(5), 471-482.
- Evrenosoğlu, M., Eliçin, K., Borowski, P., Caner, K. O. Ç., Gezici, M., & Gürhan, R. (2013). Biyoyakıt amaçlı nannochloropsis salina mikroalg türünün bazı yetiştirme parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(2), 99-107.
- Hita, I., Arabiourrutia, M., Olazar, M., Bilbao, J., Arandes, J. M., & Castaño, P. (2016). Opportunities and barriers for producing high quality fuels from the pyrolysis of scrap tires. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 745-759.
- Khan, S., Siddique, R., Sajjad, W., Nabi, G., Hayat, K. M., Duan, P., & Yao, L. (2017). Biodiesel production from algae to overcome the energy crisis. *HAYATI Journal of Biosciences*, 24(4), 163-167.
- Mondal, S., Mondal, A. K., Chintala, V., Tauseef, S. M., Kumar, S., & Pandey, J. K. (2021). Thermochemical pyrolysis of biomass using solar energy for efficient biofuel production: a review. *Biofuels*, 12(2), 125-134.
- Nagarajan, S., Chou, S. K., Cao, S., Wu, C., & Zhou, Z. (2013). An updated comprehensive techno-economic analysis of algae biodiesel. *bioresource technology*, 145, 150-156.
- Sudhakar, K., Mamat, R., Samykano, M., Azmi, W. H., Ishak, W. F. W., & Yusaf, T. (2018). An overview of marine macroalgae as bioresource. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 165-179.



## 4. BÖLÜM

# AMBALAJ ATIKLARININ SU BAZLI SOLÜSYONLA MÜREKKEBİNİN GİDERİMİ

**\*Ayşe Tuğçe ÇOKKUVVETLİ**  
*Elif Plastik Ambalaj San. Tic. A.Ş.*

**Öznur YOLAÇAN**  
*Elif Plastik Ambalaj San. Tic. A.Ş.*

**Ceren ALPASLAN GÜLER**  
*Elif Plastik Ambalaj San. Tic. A.Ş.*

### ÖZET

Söz konusu çalışma Tübitak 1501 Teydeb Projemizin bir parçası olup temel amaçlardan biri olan kırpıntı formundaki baskılı esnek ambalajdan mürekkep gideriminin sağlanmasıyla geri dönüşüm işlemi sonrasında virjin polimer niteliğine yakın ve spesifik ürün gruplarında değerlendirilmek üzere polimer granüllerinin elde edilmesini kapsamaktadır. Bu doğrultuda su bazlı, çevre dostu, ekonomik, sürdürülebilir özgün solüsyon geliştirilmiştir. Lab-scale çalışmalarda farklı renk skalasında ve pigment özelliğinde numuneler seçilerek belirlenen deneysel parametrelere göre Minitab deneysel tasarım metodu uygulanarak minimum sayıda maksimum veri eldesi sağlanabilmiştir. Mürekkep giderimi yapılan kırpıntı numuneleri üzerinde kalitatif karakterizasyon testleri gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** De-inking, atık, ambalaj, sürdürülebilirlik, su bazlı solüsyon

## 1.GİRİŞ

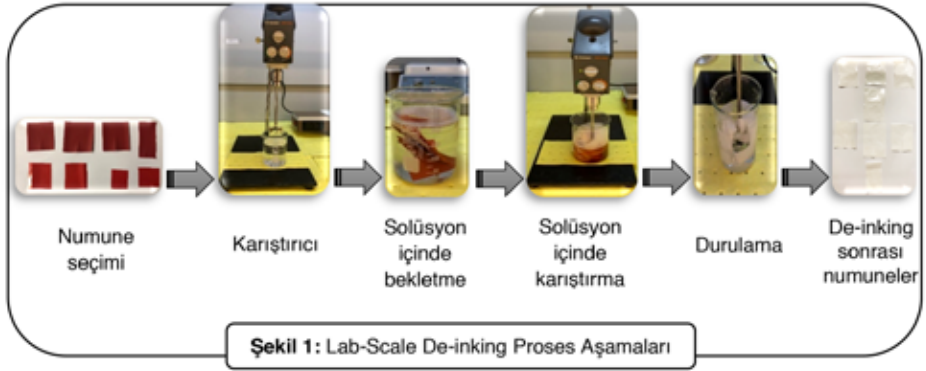
Sınırlı enerji kaynakları ve çevresel endişeler doğrultusunda sürdürülebilirlik kavramı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bir bütün olarak ele alınması gereken sürdürülebilirlikte, sınırlı olan yenilenelemeyen enerji kaynaklarının yerine yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması günümüzde birçok farklı alanda çalışma konusu haline gelmiştir.

Söz konusu olan projede baskılı tek kat ambalaj atıklarının “De-inking” adı verilen yöntemle mürekkepten arındırılıp ilk haline (baskısız) getirilerek %100 geri dönüştürülebilmesi amaçlanmıştır. Odak noktası esnek ambalaj sektöründe sürdürülebilirlik yönünde tüketim öncesi (post industrial waste) ve sonrası atıkları (post consumer waste) geri dönüşüm öncesi kırıntı halinde mürekkebinden arındırmaktır. Bu sayede görsel, duyuşal ve mekanik değerleri virjin polimere yakın gıda, hijyen gibi spesifik ürün gruplarında kullanılabilir olacak granül eldesi hedeflenmektedir. Türkiye’de henüz mevcut olmayan çevre dostu, su bazlı solüsyon ile ambalaj atıklarından mürekkep giderimi yaparak döngüsel ekonomiye hem firmamız hem de ülkemiz adına katkıda bulunulması arzulanmaktadır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Mevcut teknoloji ile tüketim öncesi ve sonrası oluşan atıklar parçalanarak kirliliklerinden arındırılması için önce yıkama ünitesine sonrasında ise mürekkep ayrıştırma (de-inking) reaktörüne gönderilir. Parçalanmış ambalaj atıkları özgün su bazlı solüsyondan geçirilir, mürekkep giderimi sağlanarak solüsyon ve kimyasal kalıntıların uzaklaştırılması amacıyla tekrar yıkanır. Takiben kurularak ekstrude edilmeye hazır hale getirilir. İstenilen şekilde işlemeye uygun granül elde edilir. Sektörel uygulamalarda çoğunlukla var olan fakat çevresel ve ekonomik olumsuzluklar taşıyan solvent bazlı mürekkep ayrıştırma teknolojisinin yerine bu proje sayesinde çevre dostu su bazlı mürekkep ayrıştırma teknoloji geliştirilmiştir.

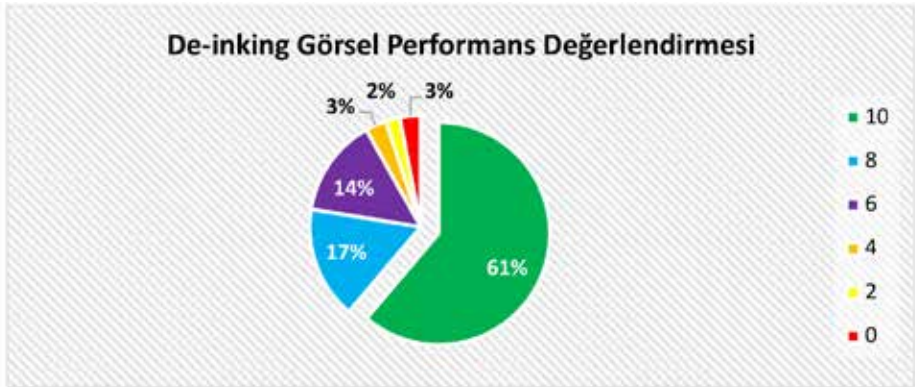




### 3. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda farklı çalışma koşullarındaki ayrı ayrı tüm numunelerin görsel performans değerlendirmeleri gerçekleştirilerek atık kırpıntılar için verilen görsel puanlamaya

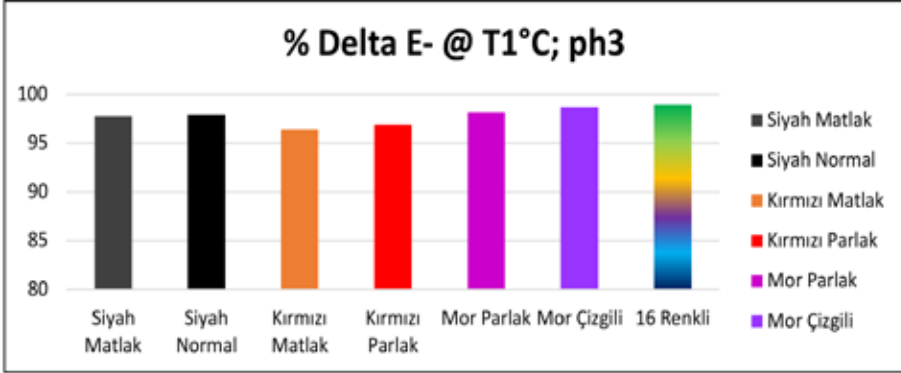
(0-10 arası) göre totalde en iyi performansa sahip mürekkep giderimi %61 oranında sağlanabildiği görülmüştür.



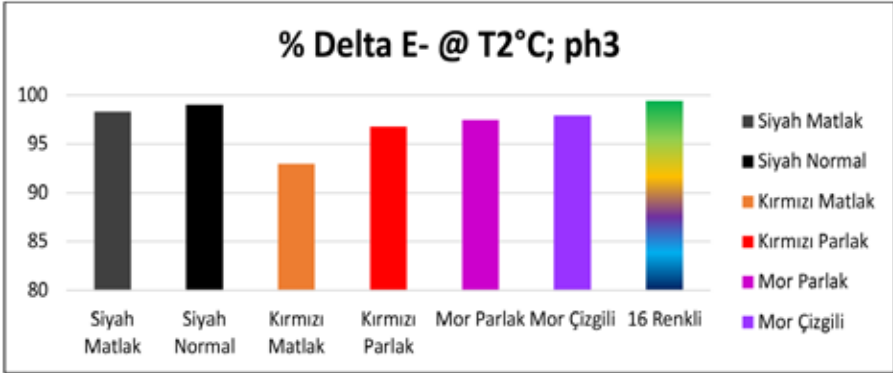
Şekil 2: De-inking Görsel Performans Değerlendirmesi

Farklı renk skalasındaki numunelere uygulanan işlem sonucunda optimum çalışma parametreleri ve deinking performansı belirlenmiştir.

Solüsyonun tekrar kullanımına dair çalışmalar gerçekleştirilerek optimum koşullarda solüsyonun en az 3 kez kullanımı sonucunda farklı sıcaklıklara ve mürekkep pigmentlerine maruz kalan solüsyonun etkinliğinin azalmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3: T<sub>1</sub> sıcaklığında ve pH<sub>3</sub> değerindeki farklı renk skalasındaki numunelerin de-inking solüsyonunun üçüncü kez kullanımı sonrası performansları



Şekil 4: T<sub>2</sub> sıcaklığında ve pH<sub>3</sub> değerindeki farklı renk skalasındaki numunelerin de-inking solüsyonunun üçüncü kez kullanımı sonrası performansları

## KAYNAKÇA

1. Chotipong, A., Scamehorn, J.F., Rirksomboon, T., Supaphol, P. and Chavadej, S., 2006. Removal of solvent-based ink from printed surface of HDPE bottles by alkyltrimethylammonium bromides: effects of surfactant concentration and alkyl chain length. *Colloid and Polymer Science*, 284(9), pp.980-989.
2. El Sherbiny, S.I., Morsy, F.A. and Atta, A.M., 2010. Synthesis of new cationic surfactants based on recycled poly (ethylene terephthalate) for deinking of solvent based ink from low density polyethylene surface. *Journal of applied polymer science*, 118(2), pp.1160-1172.
3. Font, A.F. and Morcillo, A.L., Universidad de Alicante, 2017. Method for removing ink printed on plastic films. U.S. Patent 9, pp.616,595.
4. Gecol, H., Scamehorn, J.F., Christian, S.D. and Riddell, F.E., 2003. Use of surfactants to remove solvent-based inks from plastic films. *Colloid and Polymer Science*, 281(12), pp.1172-1177.
5. Gecol, H., Scamehorn, J.F., Christian, S.D., Grady, B.P. and Riddell, F.E., 2002. Deinking of water based ink printing from plastic film using nonionic surfactants. *Journal of Surfactants and Detergents*, 5(4), pp.363-374.
6. Gecol, H., Scamehorn, J.F., Christian, S.D., Grady, B.P. and Riddell, F., 2001. Use of surfactants to remove water based inks from plastic films. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 189(1-3), pp.55-64.
7. McKinney, R. ed., 1994. *Technology of paper recycling*. Springer Science & Business Media.
8. Songsiri, D., Min, S.S., Scamehorn, J.F., Osuwan, S. and Ellis, J.W., 2002. Use of cationic surfactant to remove solvent-based ink from rigid high density polyethylene surfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 204(1-3), pp.261-269.



## 5. BÖLÜM

# KENDİNİ TAMİR EDEBİLEN FENOLİK REÇİNE ESASLI TERMOSET POLİMERLER

**Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI\***

**Ayşe Ebra TEMUR**

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi,  
Mühendislik Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye*

*\*gokhan.cayli@iuc.edu.tr*

### 1. GİRİŞ

Kendi kendini tamir eden polimerler, polimer biliminin oldukça ilginç araştırma alanlarından biri olmuştur. Polimerlerin yapısı ve özellikleri dikkate alındığında bu konunun oldukça zorlu araştırma alanlarından biri olduğu görülür. Bilindiği gibi polimerler yüksek molekül ağırlığına sahip moleküller olup mer veya monomer denilen yapıların tekrarı ile oluşmuş yapılardır. Ayrıca monomerlerin sıralanması, zincirlerin birbirleriyle etkileşmesi, ana zincir üzerinde dalanma olup olmaması polimerlerin yapısal özelliklerini etkiler. Bu özellikler ve etkileşimlerin hepsini göz önünde bulundurarak kendini tamir eden bir polimerik sistem yapmak oldukça zor ve karmaşık bir işlemdir.

Bu bölümde kendini tamir eden polimerik sistemlerden bahsedilecek ve bu metotlardan üçüncüsünü kullanarak da yenilenebilir bir kaynak olan mısır püskülünden yola çıkarak sentezlenen bir fenolik reçine olan fenol furfural reçinesinden nasıl kendini tamir edebilen bir termoset malzeme yapılacağı kısaca anlatılacaktır.

Kendi kendini tamir eden reçineler ve sistemleri tanımadan önce biraz fenolik

reçinelerden bahsetmek faydalı olacaktır. Fenolik reçineler mekanik ve termal stabiliteyi yüksek olan malzemeler olup kimyasallardan kolay kolay etkilenmezler. Bunun dışında başlangıç malzemeleri çok ucuz olup bu sebeple de tercih edilen polimerik malzemelerdir. Fenol formaldehit reçineleri en yaygın kullanılan fenolik reçine türü olup üretiminde formaldehit kullanıldığından ve yandığında formaldehit yaydığı için kullanımı azaltılmak istenmektedir. Buna rağmen 2022 yılı itibari ile fenolik reçinelerin pazar payı 12,7 milyar USD büyüklüğe ulaşacak olup yine 2022 yılı itibari ile yıllık 12 milyon tonluk bir üretim kapasitesine de erişilecektir. İleride de bu kullanım oranı artacaktır. Fenol formaldehit reçineleri rezol ve novalak olmak üzere iki reçine türü şeklinde üretilmekte olup rezoller raf ömrü kısa olan reçinelerdir. Tersine novalak reçinelerin raf ömürleri uzundur ve bu sebeple daha çok tercih edilirler. Rezol veya novalak olsun katalistlerle kalıba dökülüp kürlenendirilen reçine bakalit denilen malzemeye dönüşür. Bakalit üç boyutlu çapraz bağa sahip bir üründür. Aromatik olan fenol halkaları sebebiyle yanmaya dayanıklı bir malzemedir. Asitlerden ve bazlardan kolay kolay etkilenmezler. Ancak oksitleyici maddeler fenolik polimerleri parçalar.

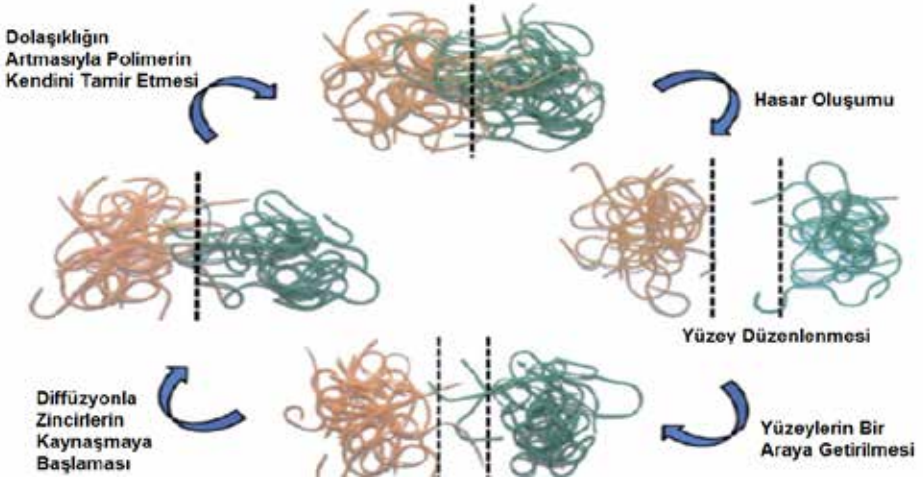
Çok kullanışlı malzemeler olmalarına rağmen fenolik reçineler kırıldıklarında tekrar kalıba konup şekillendirilemezler, kendi kendilerini tamir edemezler. Bu dezavantajları sebebiyle fenolik reçinelerin kendi kendilerini tamir edebilmeleri için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu konuda araştırmalar tüm hızıyla devam etmektedir. Literatür incelendiğinde fenolik reçinelerde dâhil olmak üzere polimerlerin kendi kendini tamir edebilmesi için üç ana yöntem mevcuttur [1]. Bunlar; polimer zincirlerinin dolaşıklığının arttırılması ile kendini tamir etme, polimer matrisi içine tamir edici ajanların emülsiyon halinde konması, polimer zincirlerinin geri dönüşümlü reaksiyonlarla bağlanmasıdır. Bu metotlar aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

## 2. KENDİNİ TAMİR EDEN POLİMERLER

Literatür incelendiğinde 3 ana yöntemle polimerlerin kendi kendilerini tamir edebildikleri görülmektedir. Bu yöntemler sırasıyla irdelenecektir.

### 2.1. Polimer Zincirlerinin Dolaşıklığının Arttırılması ile Kendini Tamir Etme:

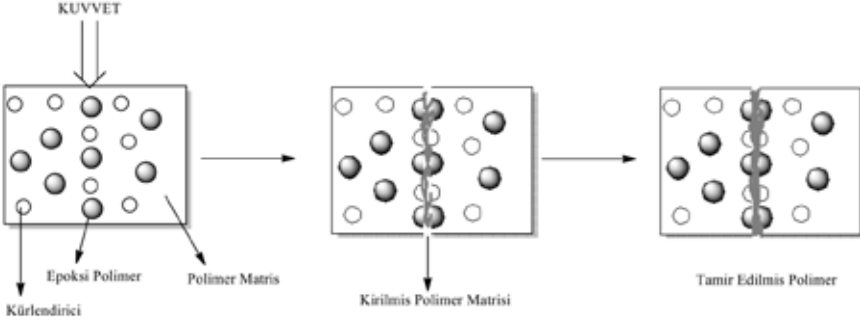
Polimer zincirleri sürekli hareket eden ve birbirleri arasında dolaşan aktif yapılardır. Gözümüzde canlandırmak istersek bir tabak spagetiyi ama bunların hareketli olduğunu da hayal ederek düşünelim. Eğer polimer termoset değilse polimer zincirleri uygun sıcaklık arttıkça daha hızlı hareket ederek sonunda eriyebileceklerdir. Sıcaklık artmasının etkisine bağlı olarak ilk polimerdeki amorf bölgeleri hareketi söz konusudur. Bu hareket camsı geçiş sıcaklığında gözlenir ve Tg olarak bulunur. Tg'nin üzerinde ki sıcaklıklarda polimer zincirleri daha rahat hareket ederek birbirleri içerisinde karışabilirler. Eğer polimerik malzeme dışarıdan uygulanan mekanik bir etkiyle parçalandıysa genel olarak Tg'nin üzerindeki sıcaklıklarda kopan iki parça uç uca getirildiğinde polimer zincirlerinin hareketleri sonucunda bu uçların zamanla kaynaşması ve polimerin kendi kendini tamir etmesi mümkün olur (Şekil 1) [2,3].



Şekil 1: Polimer Zincirlerinin Dolaşıklığının Arttırılması ile Kendini Tamir Etmenin mekanizması [2,3]

## 2.2. Polimer Matrisi İçine Tamir Edici Ajanların Emülsiyon Halinde Konması

Bu yöntemde polimerik malzemelerin içerisine emülsiyon halinde (küçük damlacıklar halinde) epoksi, poliüretan vb. reçineler konur. Bu polimerik malzeme kırıldığında kırık yüzeyinde polimer içerisinde emülsiyon halinde dağılmış olan tamir edici polimer (tamir edici ajan) kırık yüzeye yayılır. Eğer iki kırık yüzey birleştirilir ve belirli bir süre bu şekilde beklenirse kürlendirici ajan katılır ve kırık yüzeyden esas polimeri tamir eder (Şekil 2). Bu metodun uygulanması ilk metoda göre daha zordur. Çünkü her tamir edici ajan her polimerin içerisinde emülsiyon haline getirilememektedir. Başlıca kısıtlayıcı faktör budur. Örneğin epoksi reçinelerin PET içerisinde emülsiyon haline getirmek imkânsıza yakın bir işlemdir [4,5].



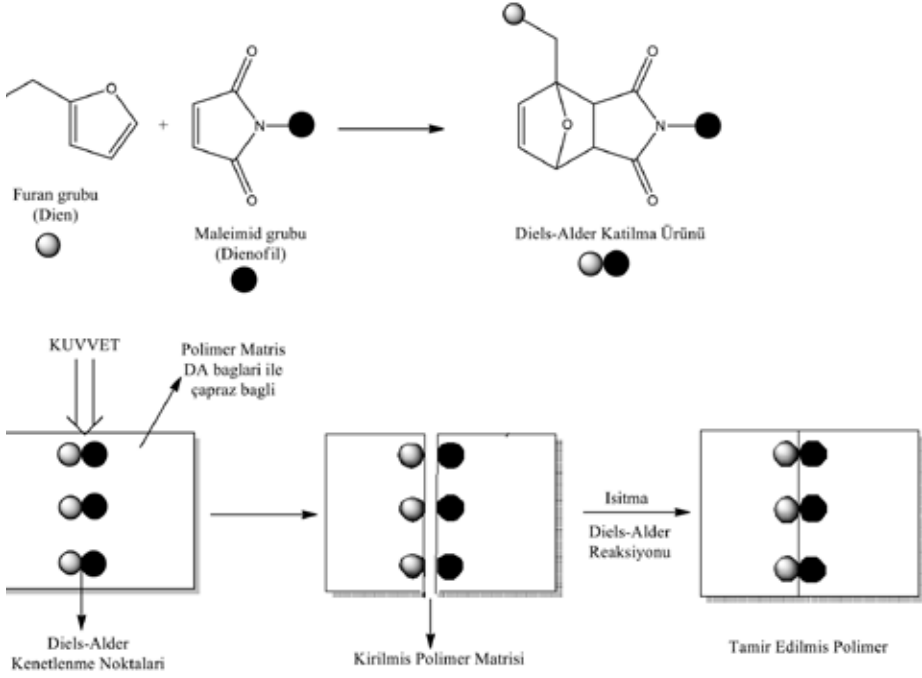
**Şekil 2:** Polimer Matrisi İçine Tamir Edici Ajanların Emülsiyon Halinde Konması Yöntemiyle Polimerin Kendini Tamir Etme Mekanizması

## 2.3. Polimer Zincirlerinin Geri Dönüşümlü Reaksiyonlarla Bağlanması

Kendi kendini eden polimer sentezinde en çok kullanılan yöntem bu yöntem olup ana polimer zincirinde ya zincir sonuna ya da ana zincir üzerine termal olarak geri dönüşümlü reaksiyon verebilecek fonksiyonel gruplar eklenebilir. Bunun en tipik örnekleri maleimid ve furan modifiye edilmiş zincirlere sahip polimerlerdir. Maleimid ve furan halkaları oda sıcaklığında Diels-Alder reaksiyonu vererek esas polimeri termoset bir malzemeye dönüştürür. Dışarıdan bir etkiyle malzeme kırılacak olursa bu kırılma genellikle zayıf bağlanmanın olduğu



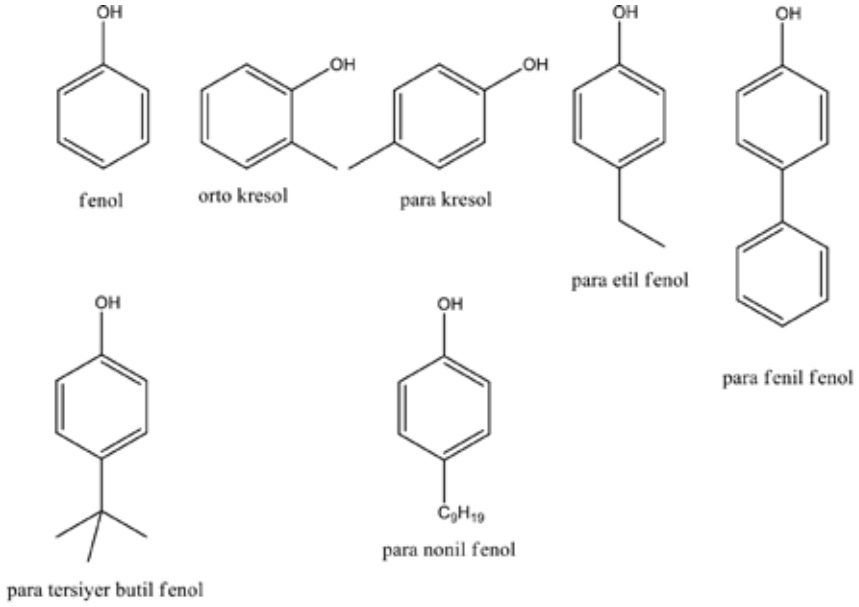
Diels-Alder reaksiyonu ürünü üzerinden gerçekleşir. Eğer kırılmış polimer bu uçlarından birleştirilirse ve ısıtılırsa tekrar Diels-Alder reaksiyonu vererek esas polimer zincirlerini birbirine bağlar (Şekil 3)[6,8].



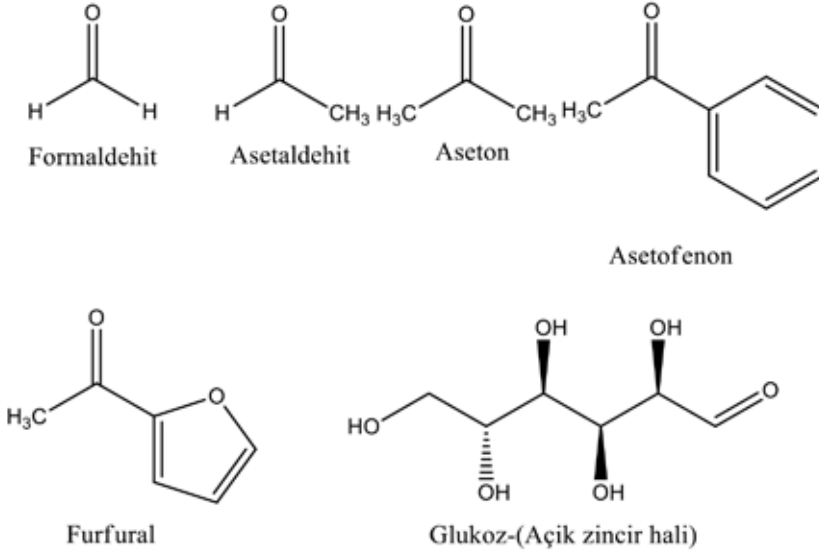
**Şekil 3:** Polimer Zincirlerinin Geri Dönüşümlü Reaksiyonlarla Bağlanması Yöntemiyle Polimerlerin Kendi Kendini Tamir Etmesinin Mekanizması

### 3- FENOLİK REÇİNELER

Fenolik reçineler fenollerin çeşitli aldehitlerle yaptıkları polimerik malzemelerdir. Bu reçinelerin sentezinde sadece normal fenol kullanılabileceği gibi sübstiütüe fenollerde kullanılabilir (Şekil 4). Yine bu reçinelerde en çok kullanılan aldehit formaldehit olup formaldehitin dışında asetaldehit, furfural, benzaldehit hatta aseton gibi aldehit ve ketonlar kullanılmaktadır (bakınız Şekil 5). Kullanılan katalist türüne ve aldehitin (en fazla kullanılan olduğu için formaldehit) fenole olan oranına göre rezol ve novolak olmak üzere iki tip fenolik reçine vardır [9].



Şekil 4: Fenolik reçinelerde yaygın olarak kullanılan fenoller ve yapıları

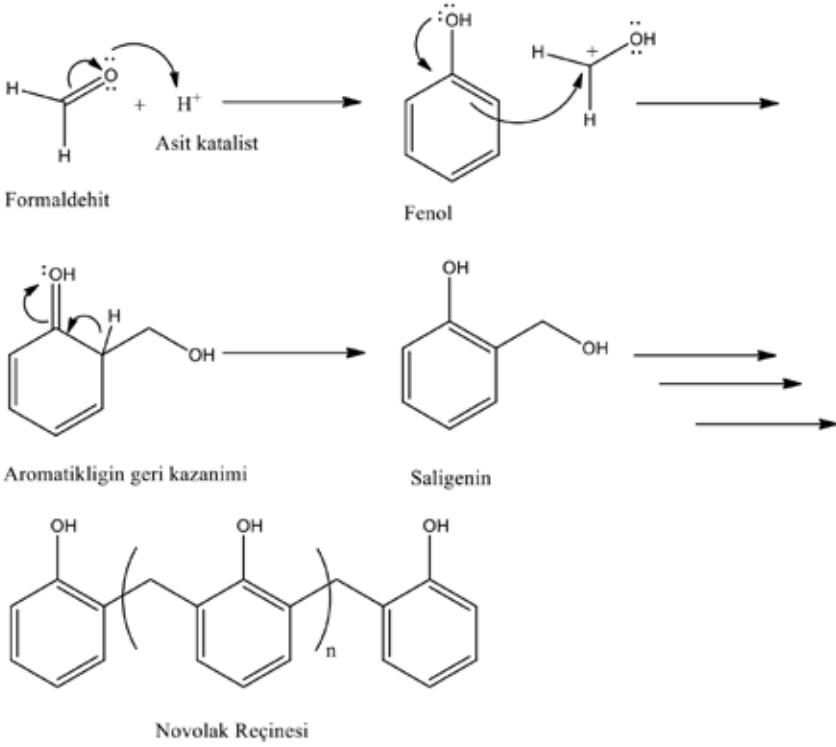


Şekil 5: Fenolik Reçinelerde Yaygın Olarak Kullanılan Aldehit, Ketonlar ve Bunların Yapıları

### 3.1 Novolak Reçineler

Novolak reçineleri asidik koşullar altında sentezlenen ve fenolün mol miktarının formaldehit mol miktarına eşit veya daha fazla olduğu reçinelerdir. Tipik olarak fenol/ formaldehit mol oranı yaklaşık 1.25 / 1 civarındadır. Asit katalizör olarak genellikle klorik asit, okzalik asit, p toluen sülfonik asit gibi asitler kullanılabilir. Reaksiyon mekanizmasına bakıldığında (Şekil 6) ilk basamak asidik ortamdaki H<sup>+</sup> iyonunun formaldehit ile etkileşmesidir. Formaldehitin karbonil oksijeni H<sup>+</sup> iyonunu tutarak merkezdeki karbonun daha aktif hale gelmesini sağlar. Daha sonra rezonans sebebiyle orto ve para pozisyonlarındaki elektron yoğunluğu artan fenole bağlanma gerçekleşir. Bu şekilde devam eden reaksiyonlar sonunda orto veya para pozisyonlarından bağlanma gerçekleşir ve fenol grupları metilen köprüleri ile bağlanmış olur. Bu şekilde elde edilen reçineler katıdır ve tipik bir novalakın molekül ağırlığı 1000-1500 arası değişmektedir. Novolak reçinelerin sonu fenol grupları ile bitmiş olduğundan dayanıklı reçinelerdir ve uzun süre bozulmadan dayanırlar. Novolak reçineler eğer kürlendirilmek istenirse toz novolak hekzamin (hekzametilen tetramin – ürotropin ) ile kalıplanarak çapraz bağlanma sağlanır [9].

Tipik bir novolak reçine sentezi şöyle olmaktadır. Fenol ve formaldehit karışımına fenol ağırlığının % 0,5-2 arası okzalik asit katılır ve karışım yavaşça 100 °C sıcaklığa ısıtılır. Isıtma işlemi 2-4 saat arası devam eder. Beyaz renkli sakız şeklinde olan reçine daha sonra soğutulur süzülür ve vakumda suyu uçurulur. Elde edilen reçinenin erime sıcaklığı 65-70 °C civarındadır. Tüm işlem sonunda sert ve kırılğan bir malzeme elde edilir.



Şekil 6: Novolak Sentezinin Mekanizması

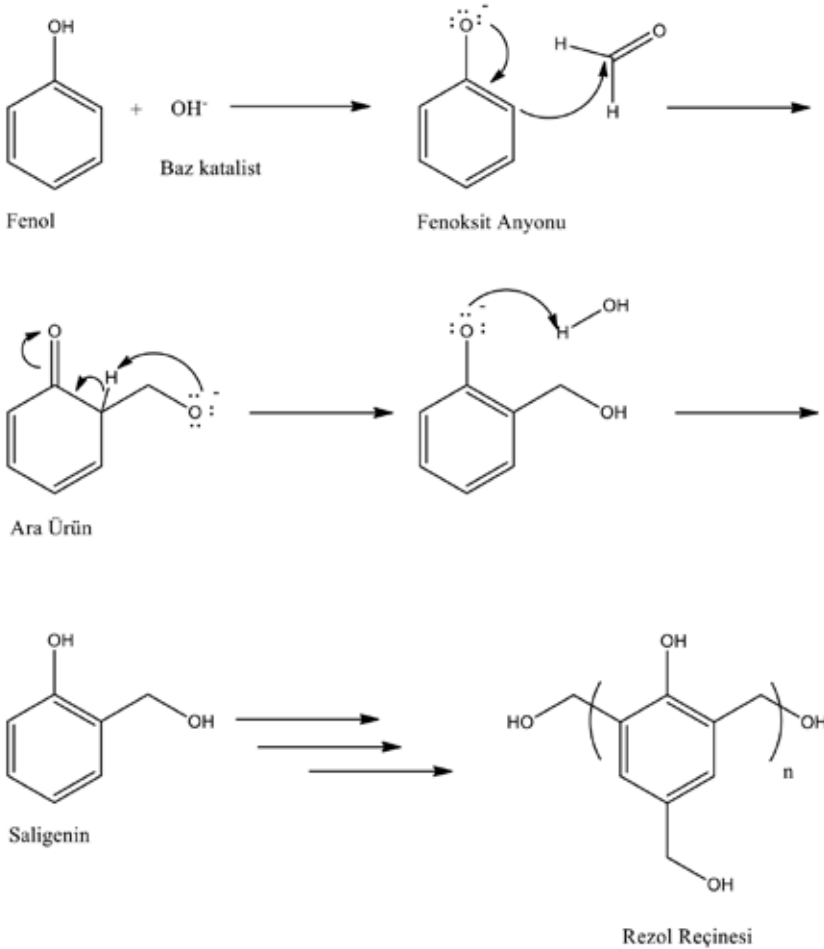
### 3.2 Rezol Reçineler

Eğer formaldehitin fenole oranı 1 ve üstü olduğunda elde edilen sıvı reçinelerdir. Formaldehitin fenole oranı genellikle 1,5-2 arasında olmaktadır. Reaksiyon bazik ortamda gerçekleşmektedir. Baz katalist olarak amonyak, sodyum hidroksit, potasyum hidroksit veya kalsiyum hidroksit çokça kullanılırlar. Reçine sentezi sırasında meydana gelen reaksiyonların mekanizmaları Şekil 7 de gösterilmektedir [10-11].

Kullanılan bazik katalist ilk olarak fenolle reaksiyona girerek fenolden daha aktif bir tür olan fenolat anyonu oluşturmaktadır. Bu anyonun orta ve para pozisyonlarında elektron yoğunluğunu çok arttırmaktadır. Bu elektronlar daha sonra formaldehit molekülünün karbon atomuna saldırarak ona bağlanmakta daha sonra aromatikliğin tekrar geri kazanılması ile fenol halkasına dönüşüm olmaktadır. Gerçekleşen reaksiyonların sonunda reaktif metilol (-CH<sub>2</sub>-OH) grupları içeren

ve molekül ağırlığı 400-500 civarında olan bir reçine elde edilir. Bu reçine bazik ortamda biraz daha dayanıklı olsa da novolak reçinelere göre raf ömrü oldukça kısa olan reçinelere göre. Rezollerden bir parça yapılacaksa rezol reçine sıvı halde ve içine dolgu maddeleri ve asit katalist eklenerek kalıplanır ve 80-100 °C arasında kalıpta ısıtılır. Yaklaşık 2-10 dakika içinde plastik malzeme elde edilir.

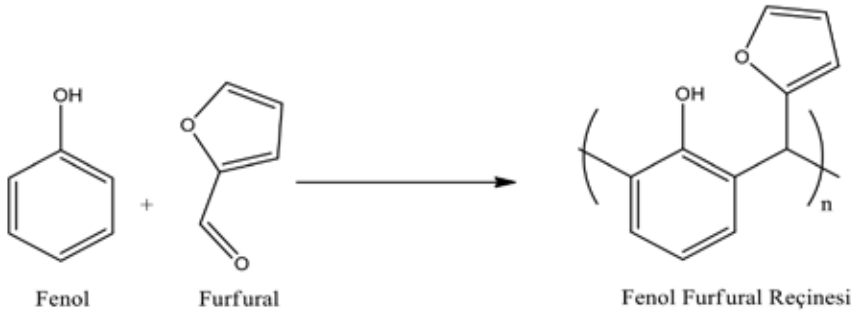
Tipik bir rezol sentezi şöyle yapılmaktadır. Fenolün %1-3 arasında baz katalist içeren fenole, formaldehitin fenole oranının 1,5-2 civarında olacak şekilde formaldehit ilave edilir ve karışım 80 °C'a kadar ısıtılır bu sıcaklıkta karışım en fazla 1 saat tutulur. Daha sonra soğutulan karışımdan su vakum kullanılarak uzaklaştırılır.



Şekil 7: Rezol Reçinesinin Sentezinin Mekanizması

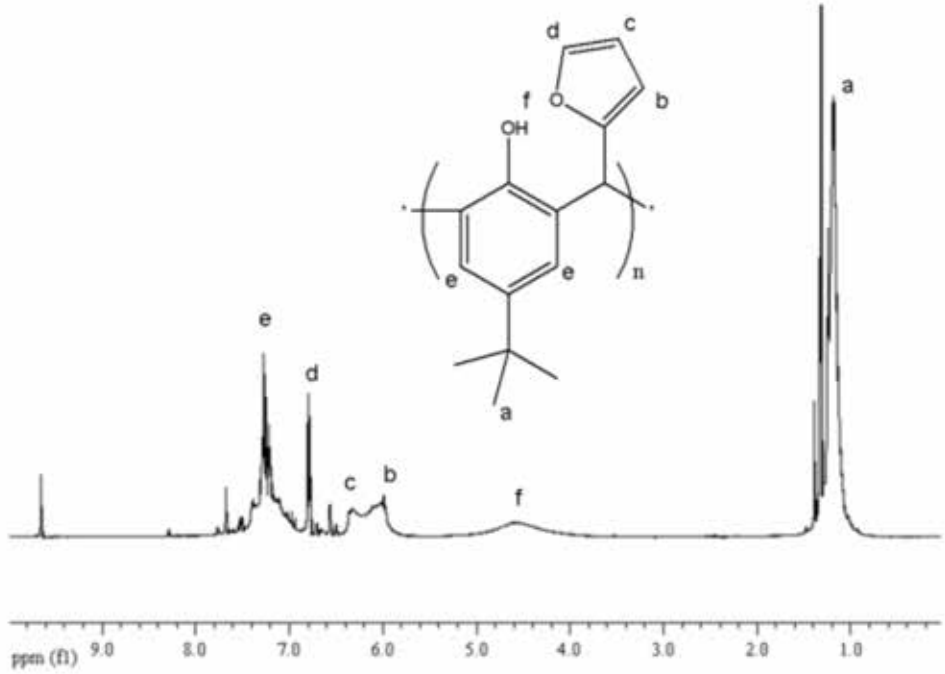
### 3.3. Fenol Furfural Reçineleri:

Fenol furfural reçineleri alternatif yenilenebilir kaynaklardan elde edilen reçinelere güzel bir örnektir. Furan halkası asidik ortamda kendiliğinden polimerize olduğu için novalak tipi fenol furfural reçinelerinin sentezi mümkün değildir. Bu sebeple baz katalist kullanılarak rezol tipi reçinelerinin sentezine benzer şekilde sentezi yapılır. Ancak kullanılan fenol furfural oranı rezol tipi reçinelerden farklı olarak 1'e yakındır. Bu yönüyle de son ürün biraz novalak reçinesine benzer. Genelde katalist olarak  $K_2CO_3$ , KOH veya NaOH gibi maddeler kullanılır. Fenol furfural reçineleri refrakter malzemelerin, fren disklerinin ve debriyaj balatalarının yapımında kullanılırlar.  $K_2CO_3$  katalistliğinde 1:1 fenol furfural kullanıldığında molekül ağırlıkları yaklaşık 1500g/mol civarında olan bir vaks benzeri koyu kırmızı renkli bir katı elde edilir. Bu molekül ağırlığında tekrarlanan birim sayısı yaklaşık 7 civarındadır (şekil 8).



**Şekil 8:** Fenol-Furfural Reçinelerinin genel yapısı

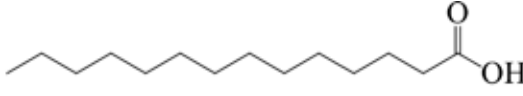
Elde edilen fenol furfural reçinesinin  $^1H$  NMR spektrumu şekil 9 da gösterilmektedir. Burada p. tersiyer butil fenolün  $-CH_3$  gruplarının hidrojenleri 1 ppm de gözlenmektedir. Furan gruplarının hidrojenleri 5,8-6,4 ve 6,8 ppm de ortaya çıkmaktadır. Fenol grubunun hidrojenleri ise 7 ppmde gözlenmektedir [12[]



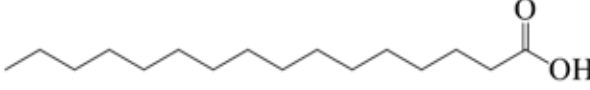
Şekil 9: p.tertiyer fenol furfural reçinesinin <sup>1</sup>H NMR spektrumu

## 4-BİTKİSEL TRİGLİSERİDLER

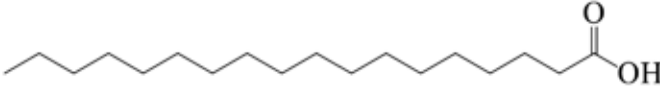
Bitkisel trigliseridler yağ asitlerinin gliserin ile yaptıkları triesterleridir. Tri-açil olarak da bilinirler. 1 mol bitkisel trigliserid sodyum hidroksit ile hidroliz edildiğinde 1 mol gliserin ve 3 mol yağ asidi sodyum tuzu elde edilmiş olur. Yağ asitleri bitkilerin cinsine bağlı olarak 12 karbondan başlayıp 22 karbona kadar uzanan zincirlere sahiptir ve çoğunlukla çift bağ içerir. Genellikle birden fazla çift bağ içeren bitkisel kökenli yağ asitleri mevcuttur. Tabiatta bulunan yaygın yağ asitleri şekil 10 da gösterilmiştir.



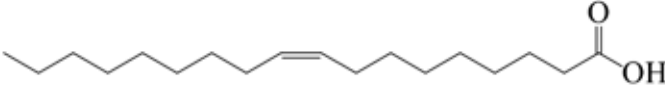
miristik asit



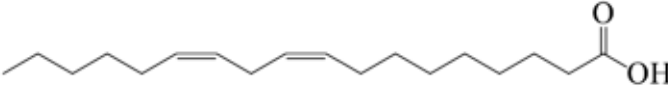
palmitik asit



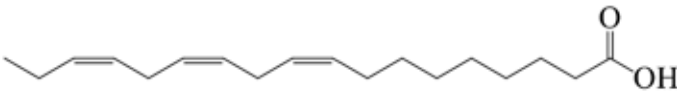
stearik asit



oleik asit



linoleik asit

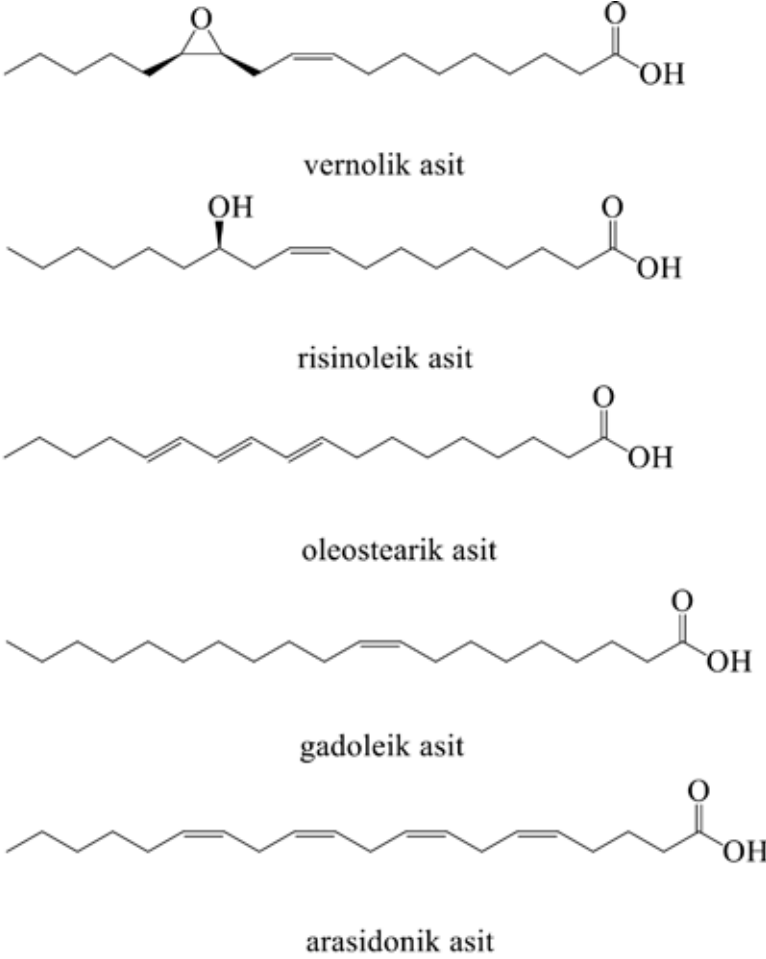


linolenik asit

**Şekil 10:** Tabiatta Bulunan Yaygın Yağ Asitleri ve Yapıları

Tabiatta yukarıdaki şekilde gösterilen yaygın yağ asitlerinin dışında fonksiyonel grup içeren hidroksil, epoksi gibi daha az görülen yağ asitleri de mevcuttur. Bunlar da şekil 11 de gösterilmektedir.



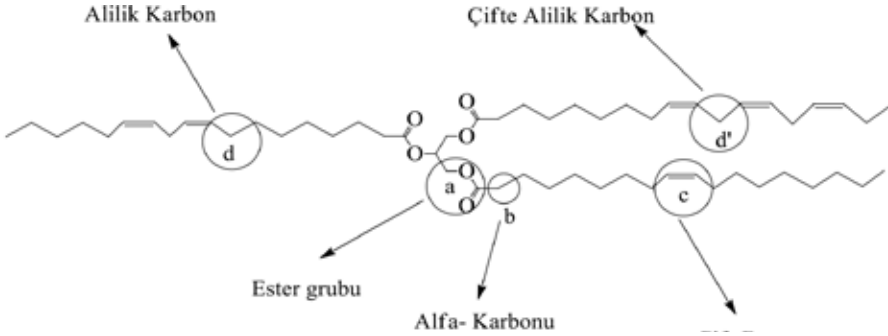


**Şekil 11:** Tabiatta Az Bulunan Yağ Asitleri ve Yapıları

#### 4.1. Bitkisel Trigliseridlerin Reaktif Kısımları

Çevresel kaygılar ve sürdürülebilir kalkınma göz önünde bulundurulduğunda bitkisel trigliseridler yenilenebilir kaynaklar arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bitkisel trigliseridleri benzer kompozisyonda (benzer yağ asidi oranlarında) yüksek miktarda ve saf halde elde etmek mümkündür. Elde edilen bu saf trigliseridlerden bunların reaktif gruplarını kullanarak çok çeşitli monomer ve saf kimyasal maddeler elde etmek de mümkündür. Monomerlerin polimerizasyonu sonucunda yine yüksek saflıkta oldukça kullanışlı polimerik malzemeler

elde edilebilir. Sadece çift bağ içeren bitkisel trigliseridlerin reaktif kısımları da gösterilmektedir [13-15].

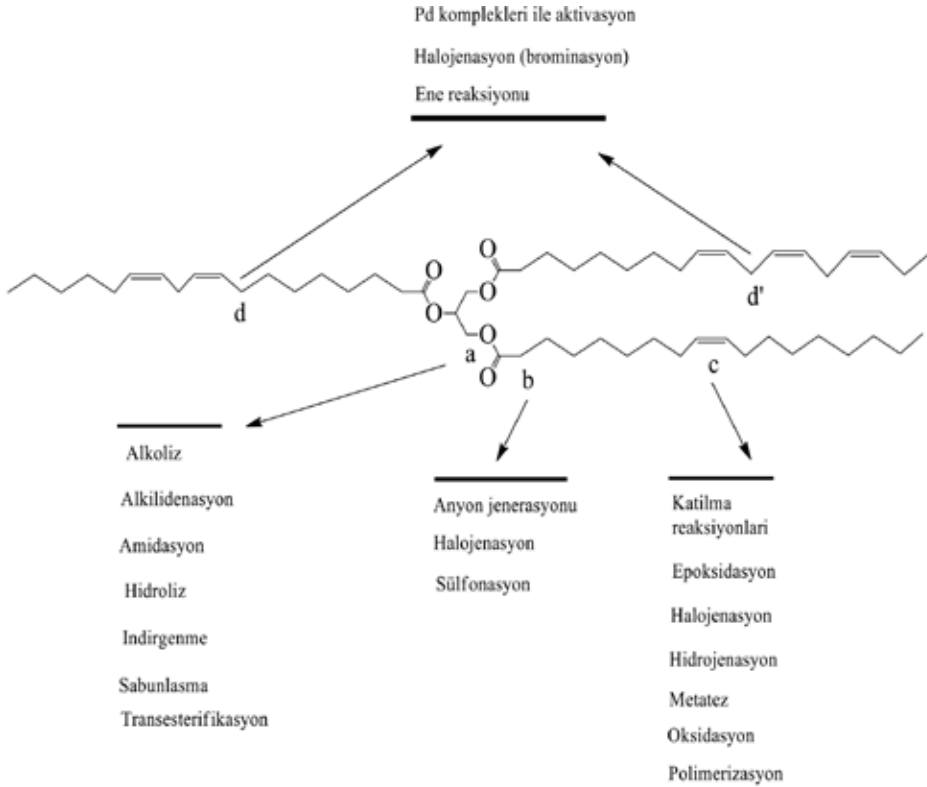


**Şekil 12:** Tipik Bir Trigliseridde Bulunan Reaktif Kısımlar

Şekil 12 de görüleceği üzere kabaca tipik bir bitkisel trigliseridde ester grupları,  $\alpha$ -karbon'u, çift bağ, alil grupları ve çift alilik gruplar olmak üzere 5 ana reaktif grup vardır.

Ester gruplarını kullanarak çok çeşitli alkid reçineler ve bunlarla ilgili polimerler yine yağ asidi metil esterinden yapılan biyodizel yine yağ asidinin değişik alkollerle yaptıkları esterler kozmetik sektörden tıp sektörüne kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yine  $\alpha$  karbonunu kullanarak çeşitli anyonlar ve bu anyonların susuz ortamda reaksiyonu ile estolide denilen ester tipli bileşikler elde edilmektedir. Bu estolidler vaks benzeri malzemeler olup genellikle kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Ancak  $\alpha$  karbonunu modifiye ederken kullanılan metotlar genellikle diğer reaktif gruplara zarar verdiğinden pek tercih edilmezler. Çift bağlar ise tipik katılma reaksiyonları vererek çeşitli ürünlere dönüştürülebilirler. Hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve uygun bir asit varlığında çift bağa oksijen katılarak epoksi halkaları elde edilebilir. Yine çift bağa brom (Br) ve klor (Cl) gibi halojenler katılabilir ve klorlanmış veya bromlanmış bitkisel trigliseridler elde edilir. Bunlar da genelde gazlı içeceklerin içerisine katılır. Alil grupları ise alil hidrojeninin oynak olması sebebiyle değişik çeşitli grupların katılmasına olanak sağlar. Örneğin hava oksijeni alil gruplarına kolaylıkla katılarak hidroperoksitler oluşur. Benzer şekilde n bromosüksinimid kullanarak alil grupları bromlanılır. Gerek hidroperoksitler gerekse brom türevleri kullanılarak süstitüsyon reaksiyonları ile çok çeşitli reaktif monomerler elde edilebilir (po-

limer endüstrisi için ). Çifte alilik gruplar alilik grupların verdiği reaksiyonları verir fakat bu reaksiyonu daha hızlı verirler. Çünkü ara kademede oluşan çifte alilik radikaller normal alilik radikallere göre daha stabil olduklarından daha çok oluşurlar (Şekil 13).

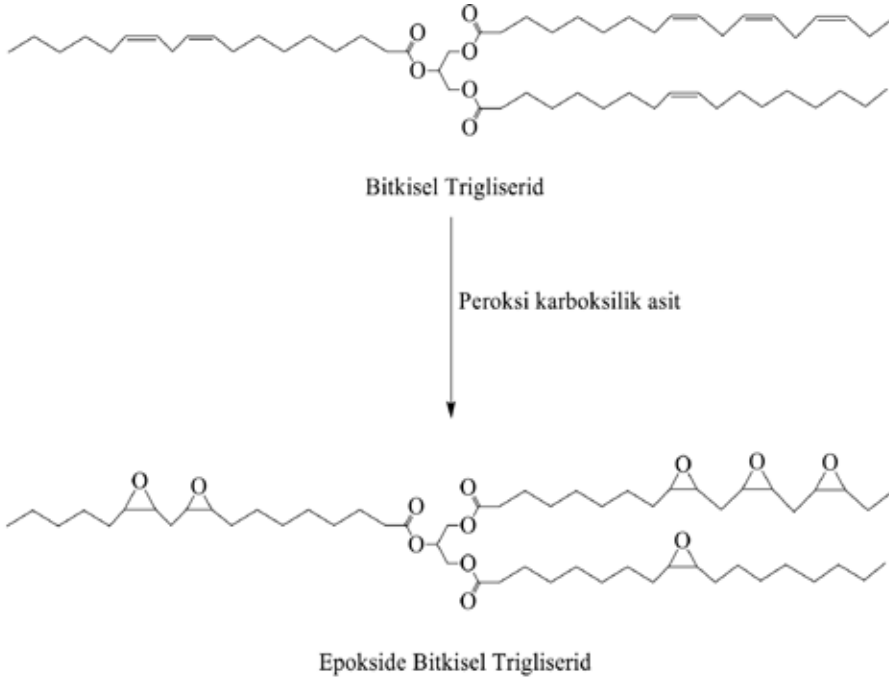


Şekil 13: Tipik Bir Trigliceridin Reaktif Kısımlarından Faydalınarak Yapılan Reaksiyonlar

## 4.2. Epokside Yağlar

Standart bitkisel bir triglicerid de çift bağlar peroksi karboksilik asitlerle reaksiyona girerek epoksi (oksiran) türevlerine dönüştürülürler. Peroksi karboksilik asit olarak metakloro perbenzoik asit kullanılabileceği gibi formik asit veya asetik asiti hidrojen peroksit çözeltisi ile yaptığı komplekslerde de kullanılabilir. Bazı referanslarda formik asit veya asetik asidin yerine sülfirik asit veya fosforik asit kullanıldığı da görülür. Reaksiyon yüksek sıcaklıkta çabuk ilerler. Örneğin

metakloro perbenzoik asit katalist olarak kullanıldığında 60-80 °C aralığında yaklaşık 6 saatte reaksiyon tamamlanmaktadır (Şekil 14). Eğer oda sıcaklığında reaksiyon devam ettirilecekse yaklaşık 24 saat reaksiyonun tamamlanması için beklenmelidir. Reaksiyonun tamamlandığı bitkisel yağın renginin tamamen kaybolmasından anlaşılır. Ürünün epoksi içeriği iyot sayısı testi ile bulunur. Zeytinyağı için epoksidasyon derecesi genellikle 3 iken ay çiçek yağında ve kimyasal olarak çok benzeri olan soya yağında bu değer 4.5 civarındadır. Bitkisel yağların epoksi türevleri internal (iç) epoksiler olup reaktiviteleri external epoksilerden düşüktür. Yani daha yüksek sıcaklıkta ve daha uzun sürelerde reaksiyona girerler.

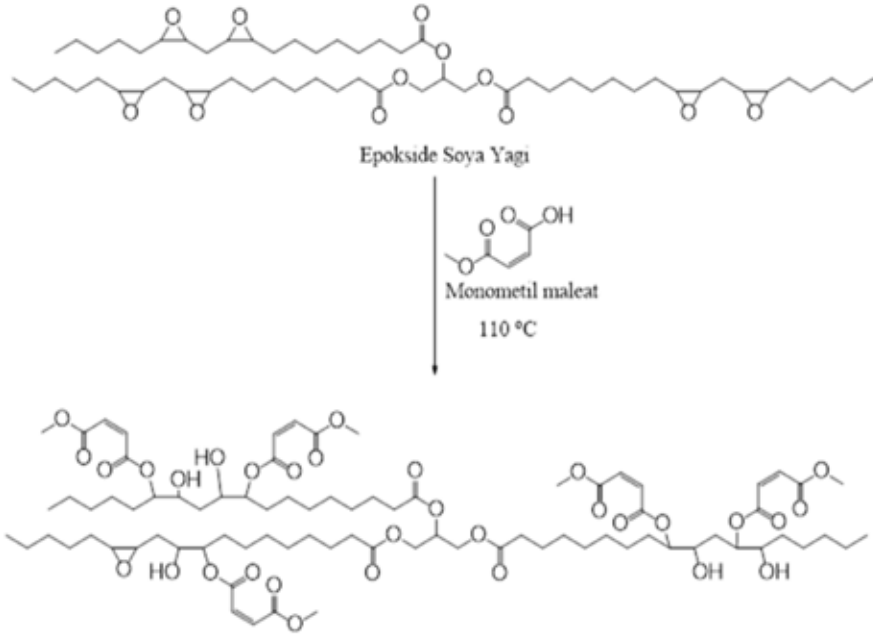


Şekil 14: Bitkisel trigliseridin epoksidasyonu reaksiyonu

### 4.3. Epokside Yağlardan Monomer Eldesi

Epoksi grupları bir tane oksijen atomu içeren 3 üyeli halkalardır. Bağ açıları 60 derece civarında olup son derece gergin bir yapıya sahiptir. Uygun nükleofillerle ve lewis asitleriyle halka açılması reaksiyonu vererek çeşitli ürünlere dönüşürler. Örneğin amino türevleriyle reaksiyona sokulursa amino alkollere

karboksilik asitlerle reaksiyona sokulurlarsa hidroksi esterlere dönüşürler. Yenilenebilir kaynaklardan genellikle karboksilik asitler ve türevleri elde edilmektedir. Bu sebeple de epoksi yağlardan monomer eldesi karboksilik asit türevleri daha çok kullanılmaktadır. Aşağıda ki şekilde gösterilen sentezde epoksizde soya yağı monometil maleat monomeriyle reaksiyona sokulmuştur. Burada monometil maleat epoksizde soya yağının 4.5 mol katı kullanılmıştır. Reaksiyon 110 °C de Lewis asidi olarak çinko klorürün ( $ZnCl_2$ ) kullanıldığı bir reaksiyonla 8 saatte tamamlanmaktadır (Şekil 15). Yüksek sıcaklık sebebi ile maleik asit grupları fumarik asit gruplarına belirli oranda fumarize olmaktadır. Burada maleat esterlerinin seçilmesinin en önemli nedeni maleat gruplarını fenol furfural reçinesindeki furan gruplarıyla geri dönüşümlü bir şekilde Diels-Alder reaksiyonu vermesidir.



Şekil 15: Epoksizde Soya Yağının Monometil Maleat ile Açılması Reaksiyonu

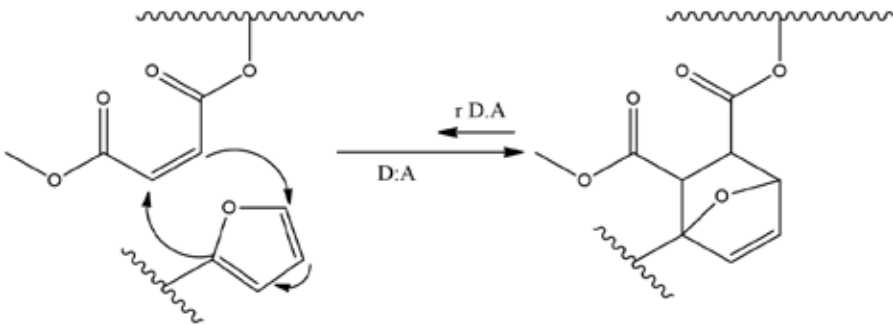
## 5-DİELS-ALDER REAKSİYONU

Diels-Alder reaksiyonu tipik bir 4+2 halkalı katılma reaksiyonudur. Reaksiyon sonunda sübstitüe sikloheksan türevleri oluşmaktadır. Tepkimede dien de-

diğimiz yani konjuge çift bağa sahip molekülün bir dienofille (elektronca fakir çift bağ) reaksiyonu gerçekleşir. Polimer biliminde dienofil olarak maleat gruplarının, dien olarak ise furan türevlerinin yer aldığı reaksiyonlar çokça kullanılmaktadır.

Diels-Alder reaksiyonu ürünü eğer yeteri kadar yüksek sıcaklıklara ısıtılsa tekrar kendini oluşturan dien ve dienofile parçalanır (Şekil 16). İşte bu özelliğinden faydalanarak kendini tamir edebilen fenolik reçineler yapılabilir. Tabiki tüm fenolik reçineleri bu reaksiyonu veremez ancak fenolün furfural denilen bir aldehit ile yaptığı kondenzatı kendini tamir edebilen termoset reçineler verebilir.

Furan halkası akrilat veya maleat gruplar ile diels-alder ürünü verebilir ancak furan-akrilat ürünü ısıtıldığında retro diels-alder reaksiyonu yerine başka yan reaksiyonlar vererek çapraz bağlanma miktarını artırır. Bu sakıncayı gidermek için furan halkası maleimid veya maleat esterleri ile reaksiyona sokulabilir. Eğer epoksida soya yağı monometil maleat kondenzatı bir fenol furfural reçinesi ile reaksiyona sokulursa 100 °C civarında Diels-Alder reaksiyonu meydana gelmektedir. Elde edilen malzeme termoset olup dietil eter veya aseton gibi solventlerde çözünmez. Ancak bu termoset polimer 140 °C sıcaklığa ısıtılsa meydana gelen Retro Diels-Alder reaksiyonu sonucu eridiği gözlenmektedir. Bu polimerden yapılan bir parça kırıldığında ya kırık yer bir araya getirilip saç kurutma makinesi gibi bir cihazla veya kalıba konup etüvde ısıtılarak tekrar şekillendirilebilir. Bu şekillendirilme tamamen Diels-Alder / Retro Diels-Alder reaksiyonları sonucu gerçekleşen bağlanma ve parçalanma prosesleri sonucu oluşmaktadır



Şekil 16: Epoksida Soya Yağı Monometil Maleat Kondenzatı ve Fenol Furfural Reçinesi Arasında Gerçekleşen Diels-Alder Reaksiyonu

## KAYNAKÇA

- 1- Willocq, B., Odent, J., Debois, F., Raques, J.M., RSC Advances, 2020, 10, 13766.
- 2- R. P. Wool and K. M. O'Connor, J. Appl. Phys., 1981, 52, 5953–5963.
- 3- D. Döhler, P. Michael and W. Binder, in Self-Healing Polymers, 2013, ch. 1, pp. 5–60, DOI: 10.1002/9783527670185.ch1
- 4- S. R. White, N. R. Sottos, P. H. Geubelle, J. S. Moore, M. R. Kessler, S. R. Sriram, E. N. Brown and S. Viswanathan, Nature, 2001, 409, 794.
- 5 S. H. Cho, S. R. White and P. V. Braun, Adv. Mater., 2009, 21, 645–649
- 6- G. Rivero, L.-T. T. Nguyen, X. K. D. Hillewaere and F. E. Du Prez, *Macromolecules*, 2014, 47, 2010 —2018
- 7- Y. S. Ryu, K. W. Oh and S. H. Kim, *Macromol. Res.*, 2016, 24, 874 —880
- 8- N. Okhay, N. Mignard, C. Jegat and M. Taha, *Des. Monomers Polym.*, 2013, 16, 475 —487
- 9- Pilato, L. (Editor), *Phenolic Resins: A Century of Progress*, 2010, Springer.
- 10- Cavusoglu, J., Cayli, G., JAPS., 2015, 132, 7.
- 11- Cayli, G., Kusefoglu, S., JAPS., 2010, 118, 2, 849-856.
- 12- Cayli, G., Kusefoglu, S., JAPS., 2011, 120, 3, 1707-1712.
- 13- Cayli, G., Kusefoglu, S., JAPS., 2008, 109, 5, 2948-2955.
- 14- Cayli, G., Kusefoglu, S., JAPS., 2010, 116, 1, 125-131.
- 15- Cayli, G., Kusefoglu, S., JAPS., 2010, 116, 4, 2433-2440.





## 6. BÖLÜM

# ELEKTRİKLİ TAŞITLAR: TARİHSEL GELİŞİMİ, TÜRLERİ VE GELECEK EĞİLİMİ

**Can Berk Aykaç**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi,  
Elektrik Mühendisliği Bölümü,  
Elektrik Tesisleri Yüksek Lisans Programı, 34220, İstanbul,  
e-mail: f4917024@std.yildiz.edu.tr*

**Kenan Yiğit**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi,  
Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, 34349, İstanbul,  
e-mail: kyigit@yildiz.edu.tr*

**Bora Acarkan**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi,  
Elektrik Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul,  
e-mail: acarkan@yildiz.edu.tr*

## ÖZET

İnsanlık tarihi boyunca ulaşım taşıtları önemli bir kavram olmuştur. Bir noktadan başka bir noktaya gitme ve ürün taşıma gibi ihtiyaçlar karşısında ulaşım taşıtları sürekli gelişim göstermiştir. Özellikle 19. yüzyıl ortalarından itibaren ulaşım taşıtları yerini insan gücünden fosil yakıt kaynaklı motor gücüne bırakmıştır. Günümüzde ise süreç içten yanmalı motorlar ile tahrik edilen taşıtlardan elektrik tahrikli taşıtların kullanılması yönünde eğilim göstermektedir.

Bu çalışmada, ulaştırma sektörünün önemli bir parçası olan kara taşıtları ve kara taşıtlarındaki dönüşüm süreci ele alınmıştır. Bu kapsamda, elektrikli taşıtlarla

rın gelişim süreci ve teknolojik gelişimi incelenmiş, elektrikli taşıtların gelecek eğilimi ifade edilmiştir.

Sonuç olarak, teknolojik gelişim, çevresel duyarlılık ve enerji verimliliği gibi parametrelerin ön plana çıkması ile elektrikli taşıtlara ilginin günden güne artacağı ve daha geniş kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli Taşıt, Elektrikli Taşıtların Türleri, Elektrikli Taşıtlarda Gelecek Eğilimi

## **ABSTRACT**

Throughout the history, transportation concept has a main importance for humankind. Transportation vehicles have continuous improvements to satisfy needs such as carrying people or logistics merchandise from any location to other. Especially, with mid-19th century transportation vehicles changed their workforce from animal/human power to fossil fueled motor power. Nowadays, trends in vehicles have been started to change from internal-combustion engines to electrically drive engines.

In this study, it has been mentioned that the changes and evolution process of land vehicles which is a great part of land transportation business. In this context, historical background and technological advancements of electric vehicles are examined. The future trends and expectations of the electric vehicles are also shared.

As a conclusion, it has been expected that the interest for the electric vehicles to be increased day by day and to be find a wider area of use. The biggest reasons of these expectations are technological improvements, environmental awareness and energy efficiency.

**Keywords:** Electric Vehicle, Electric Vehicle Types, Electric Vehicle Trends

## 1. GİRİŞ

İnsanlık tarih boyunca ulaşıma büyük ihtiyaç duymuştur. Bir noktadan başka bir noktaya gitmek veya eşya taşımak için çeşitli ulaşım taşıtları geliştirilmiştir. İlk olarak hayvanların ve insanların fiziksel gücüne dayalı olan bu ulaşım biçimi sanayi devriminden sonra yerini petrol yakıtlı motor gücüne bırakmıştır. Günümüzde ise eğilim petrol kaynaklı motor gücünden, daha çevreci yakıt ve elektrik kaynaklı motor gücüne bırakmaya başlamıştır [1]. 20. yüzyılın başlarında elektrikli taşıtlara olan ilgili yüksekti, fakat içten yanmalı motor teknolojisindeki gelişimin daha ekonomik bir yapıya kavuşması nedeni ile gereken ilgiyi görememiştir. 20. Yüzyılın ortalarında başlayan enerji krizi ile elektrikli taşıtlara ilgi kısa süreliğine artsa da yeterli pazar payına ulaşamamıştır. 20. yüzyılın sonlarında ise petrol kaynaklı endişeler, batarya teknolojisinin gelişmesi ve çevresel duyarlılığın artması ile elektrikli taşıtlar yeniden gündeme gelmiştir [2].

Bu süreç ile elektrikli taşıtlar çevresel kirliliği azaltabilme ve enerji verimliliğini artırabilme kapasiteleri ile içten yanmalı motor ile çalışan geleneksel taşıtlara alternatif olmuştur. Devlet teşvikli yatırımların artması ile de elektrikli taşıtların pazar payının daha hızlı artması beklenmektedir [3]. Bu kapsamda, elektrikli taşıtların gelişimine yönelik birçok araştırma yapılmaktadır. Kenanoğlu ve Türgay, elektrikli taşıtların çevresel ve ekonomik etkilerini incelemiştir [4].

Kıyak ve Kaya, elektrikli taşıtlarda kullanılan motor çeşitlerinin yapısal özelliklerini incelemiş ve hız dinamiklerini karşılaştırmışlardır [5]. Demirtaş vd. elektrikli taşıtların şarj kapasitelerini ve menzillerini dikkate alarak, şarj istasyonlarının optimum konumlandırılması üzerine çalışmışlardır [6]. Das vd. elektrikli taşıtların şarj ve deşarj sürecini teknik, ekonomik ve çevresel açıdan en uygun şekilde planlanmasına yönelik çalışmışlardır [7]. Xie vd. elektrikli taşıtların enerji tüketiminin ve sürüş menzilin simülasyonu üzerine çalışmışlardır [8].

Rubens vd. elektrikli taşıtların mevcut ve gelecekteki ticari etkilerine odaklanarak farklı iş modellerinin geliştirilmesini incelemiştir [9]. Literatürden de görüleceği üzere, elektrikli taşıtların gelişimi üzerine farklı alanlarda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmada ise öncelik-

le elektrikli taşıtların tarihsel gelişiminden bahsedilecektir. Sonrasında, elektrik taşıt topolojileri incelenecektir. Daha sonra ise elektrikli taşıtların geleceğine yönelik öngörüler paylaşılacaktır.

## 2. ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Elektrikli taşıtların tarihi sanılanın aksine çok eskiye dayanmaktadır. Elektrikli taşıtların tarihsel gelişimini üç kısımda özetlenebilir. Elektrikli taşıtların ilk denemeleri 1800’lü yılların başlarında İskoçya ve Amerika’da başlamıştır. 1830 yılında ilk elektrikli taşıt Robert Anderson tarafından üretilmiş, fakat bu üretim bataryanın şarj edilebilir olmamasından dolayı bir prototip olmaktan öteye gide-memiştir [10].

1888 yılında elektrikli taşıt olarak nitelendirilebilecek ilk uygulama Andreas Flocken tarafından yapılmıştır. Bu sayede elektriğin gücünün ulaşım ve lojistik konularındaki etkileri anlaşılmış ve bu ürünler pazara dönüşmeye başlamıştır. Elektrik her ne kadar çok önemli bir kaynak olsa da depolanması konusundaki sıkıntılar ve taşıtlarda kullanılan alternatifi olan petrol türevlerinin kolay ulaşılabilir, depolanabilir ve işlenebilir olması sebebi ile politik olarak bu yöndeki ilerleyiş durmuştur ve böylece elektrikli taşıtların ilk çağı sona ermiştir. Şekil 1’de ilk elektrikli taşıta ait görsel verilmiştir [11].



Şekil 1. Tarihteki İlk Elektrikli Otomobil.

Elektrikli taşıtların ilk çağını bitiren en büyük gelişme 1900'lü yılların başında Henry Ford tarafından tasarlanan ve üretimi yapılan benzin yakıtlı taşıtlar olmuştur. Bunların arasında da tasarımı ve performansı ile ön plana çıkan ucuz halk arabası olarak bilinen Ford Model T vardır [12]. İçten yanmalı motor dünyasındaki hızlı gelişmeler, taşıtlarda ateşlemenin elektrikselsel olarak yapılabileceğinin keşfedilmesi, akaryakıtın daha uzun bir menzil sağlaması, dolmuş işlemlerinin elektrikli taşıtlara göre daha kısa olması, petrolün hızlı bir şekilde çıkarılıp işlenebilmesi ve üretim kolaylığı elektrik tahrikli motorlar yerine içten yanmalı motorları ön plana çıkarmıştır. Her ne kadar 1970 ve 1980'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi ilgiyi tekrar elektrik tahrikli motorlara yönlendirmiş olsa da yeterli gelişimi gösterememiş ve elektrikli taşıtlar karanlık bir dönemde kalmıştır. Bu dönem 2000'li yıllara kadar elektrikli taşıtların ikinci çağı olarak anılmaktadır [13].

Elektrikli taşıtlar 2000'li yılların başı itibari ile yeniden çıkışa geçmiş ve günümüzde üçüncü çağını yaşamaktadır. Elektrikli taşıtların bu yöndeki ilerleyişinin en büyük sebebi artan petrol fiyatları ve egzoz emisyonları ile ilgili getirilen uluslararası kısıtlamalardır. 2008 yılı ortası itibari ile petrolün varil fiyatının 145 \$ seviyesine ulaşması ile elektrikli taşıtlara verilen önem üst seviyeye ulaşmıştır [14]. 2006 yılında Toyota ekibinin Prius modeline ilk denemeleri yapması ile başlayan bu yeni dönem 2008 yılında piyasaya sürülen Nissan Leaf ile hız kazanmıştır.

### 3. ELEKTRİKLİ TAŞIT TEKNOLOJİSİ

Elektrikli taşıt kavramı tahrik enerjisinin klasik içten yanmalı motorlar ve akaryakıtın yanı sıra elektrik motoru üzerinden temin edilmesi olarak tanımlanabilir. Tam elektrikli taşıtlar kavramında ise gerekli olan tahrik enerjisi sadece elektrik motoru üzerinden de temin edilmektedir. Elektrikli taşıtlar sahip oldukları bazı özellikler bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Kullanılan yakıt tipine göre, elektrikli, kimyasal ve akaryakıtlı olarak ayrılır. Elektrik motorunun kullanım biçimine göre, destekleyici veya doğrudan olarak ifade edilebilir. Elektrik motorunun bağlantısına göre ise seri veya paralel bağlantılı olabilir. Batarya ile beslenen elektrik motorundan üretilen temel tahrik enerjisi ile hareket eden

elektrikli taşıtlarda, bu tahrik enerjisini aracın yürür organlarına dağıtan mekanik aktarma elemanları da elektrikli taşıtın bir parçasıdır.

Elektrikli taşıtlardaki elektrik motoru kaynaklı bu tahrik enerjisi aracın hem ana hareket kaynağı hem de mevcut hareket kaynağını destekleyici olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra aktarma elemanlarının sayısını azaltmak veya yerini değiştirebilmek amacı ile elektrik motorunun konumu da değiştirilebilir. Elektrikli taşıtlar verimli, yüksek performanslı yapıları ve geniş ürün gamı sayesinde spor, ticari veya binek, minivan, minibüs ve son zamanlarda kamyon da dâhil olmak üzere pek çok alanda kendini göstermektedir. 0-100 km/h hızlanma performansı 3-4 saniye kadar kısa olabilen, yüksek ve hızlı tork verebilen ve dengeli ivmelenme sağlayabilen elektrikli taşıtlar menzil olarak da 350 km üstüne çıkabilmektedirler [15]. Şekil 2’de elektrikli taşıtlara ait bazı görseller verilmiştir [16-19].

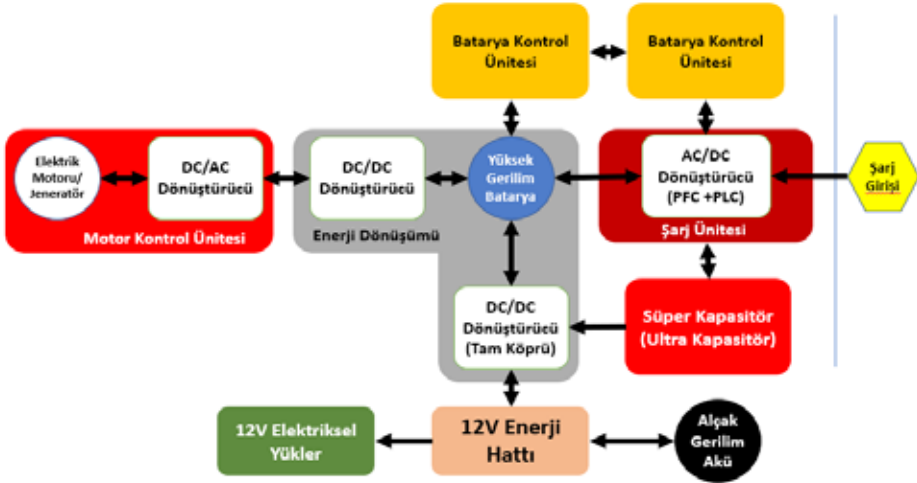


Şekil 2. Elektrikli Otomobil Örnekleri: (a) TOGG, (b) Porsche Taycan, (c) Tesla Model 3, (d) Chevrolet Volt.

Elektrik motorlarının bu üstün performansının otomotiv sektöründe kullanılması ile ortaya farklı kategorilerde ve farklı alt türlerde elektrikli taşıtlar ortaya çıkmıştır. Elektrikli taşıtları genel olarak tam elektrikli taşıtlar, hibrit elektrikli taşıtlar ve yakıt hücreli elektrikli taşıtlar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

### 3.1 Tam Elektrikli Taşıtlar

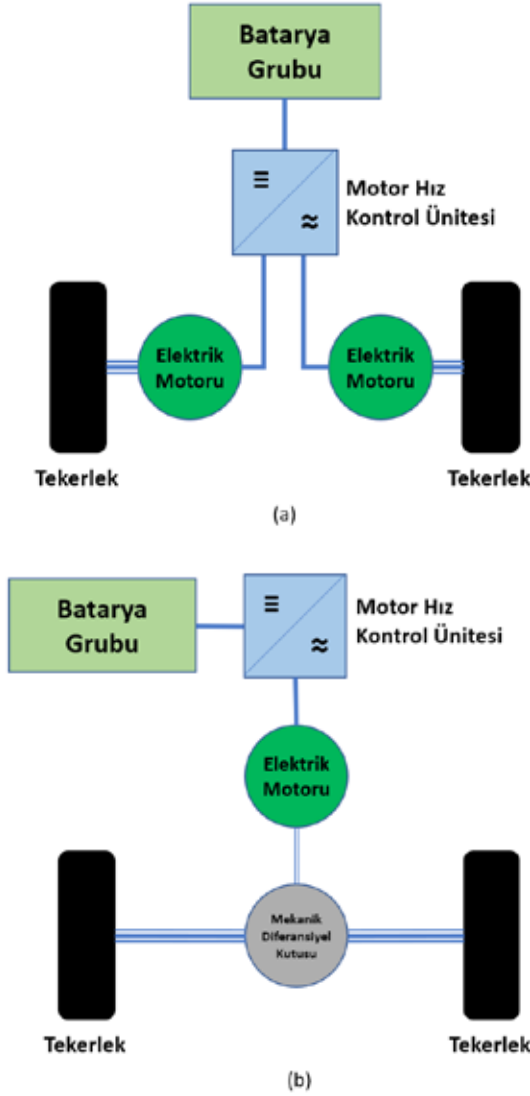
Gerekli olan tahrik enerjisini tamamen elektrik motorları üzerinden sağlayan elektrikli taşıtlardır. Bu taşıtlarda gerekli itme kuvvetini sağlayabilmek için çoklu elektrik motoru kullanımı ön plandadır. Ana batarya sistemi yüksek gerilim tesisatını, bunlara bağlı olan modülleri ve tahrik için gerekli olan elektrik motorlarını beslediği için diğer alçak gerilim tesisatı ve 12 V modülleri Şekil 3'te gösterildiği gibi ayrı bir batarya üzerinden beslenir [20].



Şekil 3. Tam Elektrikli Taşıtların Enerji Akış Diyagramı.

Konvansiyonel taşıtlarda olduğu gibi içten yanmalı motor ve buna ek olarak enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtları tutan bir yakıt deposu bulunmaktadır. Bunun yerine bir veya birden fazla elektrik motoru ve enerji kaynağı olarak batarya grubu bulunan tam elektrikli taşıtlarda, motor hızını ve gücünü

kontrol etmeye yarayan motor kontrol ünitesi bulunmaktadır. Tam elektrikli taşıtları elektrik motorlarının doğrudan tekerlek akslarına bağlı olan veya elektrik motoru mekanik diferansiyel kutusu üzerinden aks sistemine bağlanan iki çeşidi bulunmaktadır. Şekil 4'te elektrikli taşıtların aks sistemine bağlantı şekilleri verilmiştir [15].



Şekil 4. Tam Elektrikli Taşıtların (a) Doğrudan ve (b) Mekanik Diferansiyel Kutusu Üzerinden Aks Sistemine Bağlantısı.



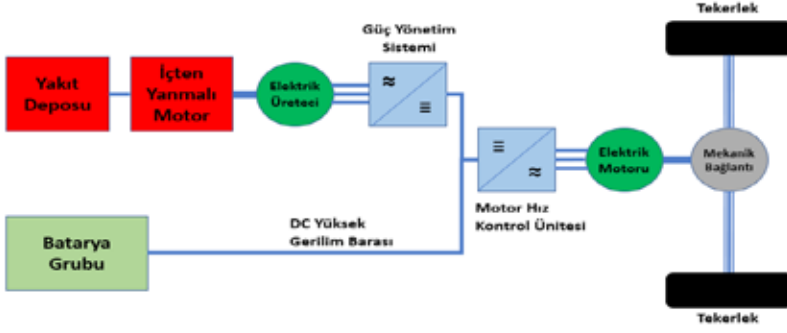
Bu iki farklı bağlantının en önemli farkı, elektrik motorlarının sayısı ve gücü olarak ön plana çıkmaktadır. Doğrudan elektrik motorunun tekerlek aksına bağlı olduğu sistemde, elektrik motorlarının sayısı birden fazla olduğu için motor kontrol ünitesi sayısı ve kalibrasyonu da bununla doğru orantılı olarak etkilenmektedir. Buna karşın bu tarz bir sistemin gücü ve kalkış torkları daha az olmaktadır. Hızlanma ve maksimum hız konusunda daha verimlidirler.

Diğer yandan diferansiyel kutusu üzerinden aktarımda elektrik motor sayısı bir olarak hesaplanabilir. Bu sayede daha az motor kontrol ünitesine ihtiyaç varken gerekli olan tork ve güç değeri artmakta ve maksimum hız da bundan etkilenmektedir. Mekanik kayıplar istenilen performansı sağlamada yetersiz kaldığından gerekli olan güç miktarı artmakta ve buna bağlı olarak tüketilen güç de doğru orantılı olarak etkilenmektedir.

### 3.2 Hibrit Elektrikli Taşıtlar

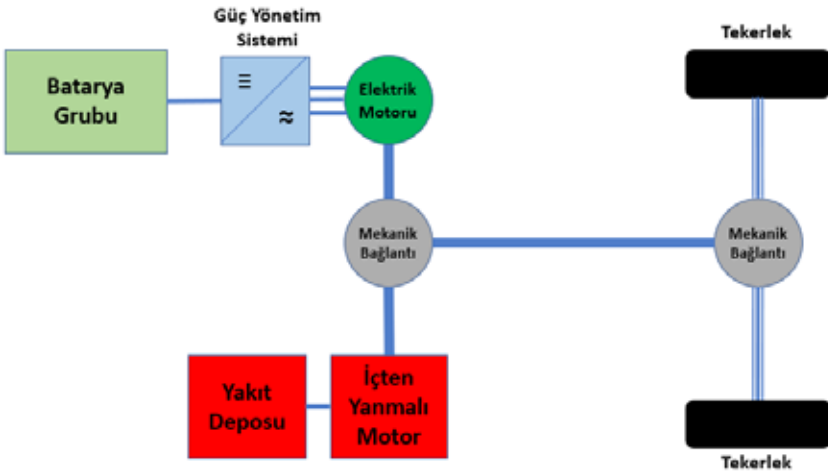
Hibrit elektrikli taşıtlar birden fazla güç kaynağına sahip taşıtlar olarak tanımlanabilir. Elektrik motoru ve bataryalara ek olarak fosil yakıt deposu ve bu depodan beslenerek enerji üreten bir yakıt motoru bulunmaktadır. Buradaki kritik nokta elektrik enerjisinin ve yakıttan üretilen enerjinin kullanım zamanlarıdır. Genel olarak hibrit taşıtlar, yakıt ve tahrik sistemlerinin durumuna göre seri veya paralel olarak ikiye ayrılır. Şekil 5 ve Şekil 6'da sırasıyla seri ve paralel hibrit elektrikli taşıt mimarisi verilmiştir [15].

Seri hibrit taşıtlarda elektrik motoru iki farklı sisteme aynı anda bağlıdır. Bunlardan biri elektrik motorunun doğrudan batarya ana hücrelerine bağlıdır, arada bir dönüştürücü yardımıyla doğru akım, alternatif akıma dönüştürülmekte ve motor beslenmektedir. Diğer bağlantı ise yakıt deposundan beslenen bir yakıt motorunun ürettiği mekanik enerjinin generatör üzerine verilmesi ve generatörde üretilen gerilimin yine dönüştürücü üzerinden motoru beslemesi şeklindedir. Dönüştürücüden sonra bağlanan bir kontrol ünitesi yardımıyla sürücü isteği olan tekerlek hızı sağlanır. Ayrıca ana tahrik motorundan elde edilen tork ile her enerji kaynağından ne kadar güç kullanılacağı yine sürücünün isteğine göre belirlenir. Günümüzde üretilen paralel hibrit yapısındaki taşıtlara örnek olarak, ülkemizde üretilen Ford Custom, Toyota Corolla ve Toyota C-HR taşıtları gösterilebilir.



Şekil 5. Seri Hibrit Elektrikli Taşıt Mimarisi.

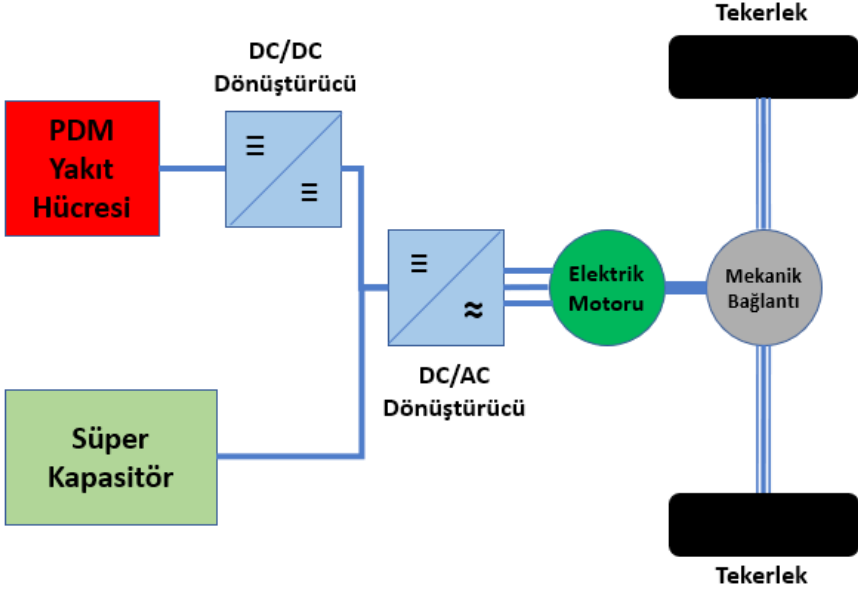
Paralel hibrit taşıtlar ise menzili artırmak ve bataryadan sağlanan elektrik enerjisinin bitmesi durumunda yolda kalmaları engellemek için motorun mekanik aksamı iki farklı noktadan tahrik alabilecek şekilde düzenlenmiştir. Bir tarafta akü grubu ve elektrik motorunun bağlı olduğu tahrik sistemi ve diğer tarafta ise yakıt deposunun olduğu ve enerjisini bir fosil yakıttan alan bir konvansiyonel motorun bulunduğu sistemdir. Günümüzde üretilen paralel hibrit yapısındaki taşıtlara örnek olarak, Honda Civic, Chevrolet Malibu ve General Motors firmasının PHT (Parallel Hybrid Truck Paralel Hibrit Kamyonet) taşıtları gösterilebilir. Hibrit elektrikli taşıtlarda öne çıkan nokta yakıt motorlarının konvansiyonel taşıtlara göre daha küçük ve yakıt tüketiminin düşük olmasıdır.



Şekil 6. Paralel Hibrit Elektrikli Taşıt Mimarisi.

### 3.3 Yakıt Hücreli Elektrikli Taşıtlar

Yakıt hücreli elektrikli taşıtlar ise çok yaygın olmamakla beraber dışarıdan alınan madde ve yakıt hücresi içerisindeki bir kimyasalın proton değişimi sonucu açığa çıkan kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ve elektrik motorunun çalıştırılması prensibine dayanır. Şekil 7’de yakıt hücreli elektrikli taşıt mimarisi gösterilmiştir [21].



Şekil 7. Yakıt Hücreli Elektrikli Taşıt Mimarisi.

Yakıt hücreli hibrit taşıtlarda batarya kullanımı çok verimli olmadığı için batarya yerine süper kapasitörler kullanılmaktadır. Ancak süper kapasitörlerin de bataryalar ile kıyaslandığı zaman güvenlik yönüyle eksik ve maliyet açısından da pahalı kaldığı gözlemlenmektedir.

## 4. ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN GELECEK EĞİLİMİ

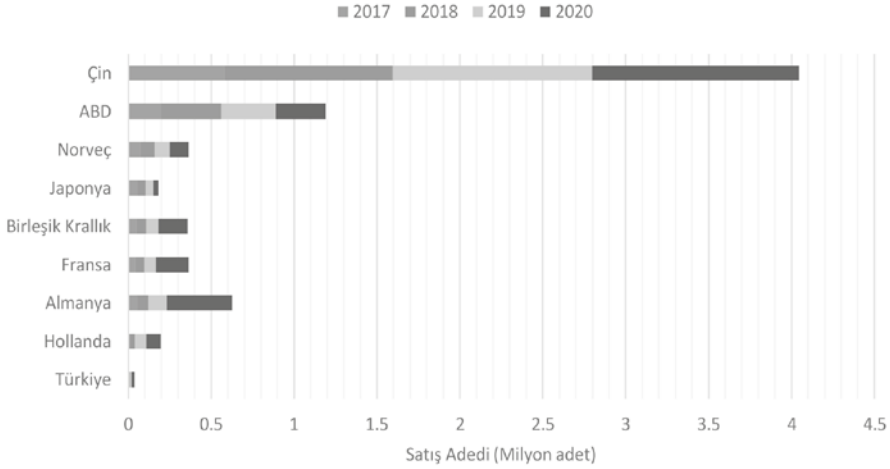
Petrol günümüzde her alanda kullanılsa da petrolün akaryakıtta çevrilen kısmı toplam kullanımın %40'ına denk gelmektedir [22]. Bu oranda bir petrol tüketimi ciddi bir CO<sub>2</sub> salımına yol açmaktadır. Uluslararası enerji ajansının yayınladığı

“Mavi Harita” değerlendirmesine göre ilerleyen yıllarda taşıtlardan kaynaklı egzoz salımının %30’un altına indirilmesi beklenmektedir [23]. Son yıllarda ABD ve Avrupa’nın bazı ülkelerinde de benzer kanunlar ve teşvikler ile elektrikli taşıt kullanımına ciddi bir teşvik ortamı yaratılmıştır. Danimarka, Hollanda ve Finlandiya başta olmak üzere egzoz emisyonu konusunda ciddi sınırlar koyan bazı Avrupa ülkeleri bir bakıma kendi ülkelerinde elektrikli taşıtları bir zorunluluk haline getirmeyi ve sıfır emisyon fikrini insanlara yerleştirmeyi amaç edinmektedirler.

Günümüzde elektrikli taşıtların yapılarındaki gelişmeler ve tasarımın ciddi oranda değişmesi sonucu enerjini korunması için çeşitli alt yöntemler geliştirilmiştir. Bunların başında yarı iletkenlerin daha verimli kullanılması ve yazılım konusundaki gelişmeler gelse de temel elektrik motorları bilgilerinden yola çıkarak bildiğimiz geri kazanımsal frenleme sistemi de eklenmiştir. Taşıt frenleme sırasında veya yokuş aşağı hızlanırken ya da tamamen dışarıdan bağlanan güneş paneli gibi bir yapı ile seyir halinde bile enerji üretebilir [2]. Ayrıca ortaya çıkan pek çok modelde enerji tüketimi ve frenleme sonucu enerji geri kazanımı gösterge panelinden sürücüyü bildirilerek sürücünün sürüş performansının da iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Buna ek olarak sürücü karakteristikleri belli yapay zekâ ve yazılımlarla incelenerek elektrikli taşıtların yeniçağda maksimum performansta bataryalardan yararlanmanın da ön plana çıktığı görülmektedir.

Elektrikli taşıtların geleceğine dair bir diğer konu da batarya teknolojisinin gelişmesi olacaktır. Her ne kadar gelişen teknoloji ile bataryalar hızlı (1 saat) ve çok hızlı (15 dakika) şarj metotları ile şarj edilebilse de bu konu gelişmeye açık bir alandır [24]. Batarya teknolojisi menzil, performans, konfor gibi pek çok konuya doğrudan etkisi olduğu için ciddi önem arz eden bir konudur. Günümüzde elektrikli taşıtlardaki en büyük sıkıntı batarya paketinin boyutu ve konumlandırılması gibi konulardan ortaya çıkmaktadır. Örnekle açıklamak gerekirse batarya taşıtın şasi bölgesinin altını tamamen kaplamakta ve oldukça ciddi bir yük bindirmektedir. Bu bataryanın kapladığı alanda ek koruma yapılması gerekmektedir. Ek korumalar taşıt ağırlığına ciddi etkide bulunmakta ve bu durum da enerji sarfiyatını artırmaktadır. Ayrıca ihtiyaç duyulan korumalar özellikle ticari elektrikli taşıtlarda üst yapı eklenmesi ve tesisat rotalaması gibi pek çok konuya etki etmektedir. Elektrik motorlarındaki verim ve teknolojik seviye oldukça ileri düzeyde olduğu için elektrikli taşıtların gelişimi daha çok batarya teknolojisi ve şarj istasyonlarının sayısının artması ile mümkün olacaktır.

Elektrikli taşıtlar hem ticari hem de binek olarak günümüzde sahip olduğu önemi gün geçtikçe artıracak ve nihai olarak akaryakıt ile çalışan taşıtların yerini alacaktır. Örneğin, Çin’de görülen pek çok uygulamada ticari taksilerin elektrikli taşıt olma zorunluluğu bulunmaktadır. Bunun sebebi, hâlihazırda çok yüksek düzeylerde olan CO<sub>2</sub> oranını taşıtların yol açtığı emisyonlar ile daha da artırmamaktır. Bunun dışında Avrupa’da da elektrikli taşıtlara olan talep gün geçtikçe artmakta ve buna bağlı olarak eğilim elektrikli taşıtlara doğru kaymaktadır. Şekil 8’de bazı ülkelerde elektrikli taşıt satışının yıllara göre değişimi verilmiştir [25].



Şekil 8. Ülkelerin Yıllara Göre Elektrikli Taşıtların Satışları.

Elektrikli taşıtlar ayrıca sıfır emisyon prensibine uygun oldukları için sürdürülebilir bir çevre ve ekosistem için de ciddi katkılar sağlayacaktır. Son dönemlerde gündem olan ve 2025 yılında gelmesi planlanan EURO 7 emisyon standartları ile özellikle Avrupa’da dizel taşıt döneminin ciddi oranda kapanacağı ön görülmektedir [26]. Bu sebeple pek çok otomotiv üreticisi firma dizel taşıt üretimini azaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Bunun bir örneği de uzak doğulu Honda firmasının ülkemizde bulunan fabrikasını kapatmasıdır.

Son yıllarda özellikle Avrupa ülkeleri arasında elektrikli taşıt konusunda ciddi altyapı ve teşvik çalışmaları yapan Norveç öne çıkmaktadır. “Ulusal Ulaşım Planı” kapsamında Norveç 2025 yılına kadar özel taşıtlar, şehiriçi otobüsleri ve hafif ticari taşıtlarda sıfır salınım politikasını devreye almayı hedeflemektedir [27]. Buna bağlı olarak Norveç’te CO<sub>2</sub> salınımı azaltılmış taşıt kullanan vatandaşlara vergi konusunda ciddi bir teşvik sağlanmaktadır [28]. Bu teşviklerin ve uygulamaların sonucu artan elektrikli taşıt sayısını desteklemek için aynı zamanda Norveç’te elektrik şebeke altyapısı konusunda da ciddi çalışmalar yapılmakta ve akıllı şebeke yapısına geçilmektedir.

ABD’nin Kaliforniya eyaleti de sıfır emisyonu destekleyen bölgelerden biridir. Kaliforniya’da hava kirliliğine sebep olan zararlı gazların emisyonunun azaltılması kapsamında elektrikli taşıtların kullanımına ve yaygınlaşmasına ciddi teşvikler uygulanmaktadır. Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu (CARB), 2035 yılına kadar eyalet içerisinde satılan bütün taşıtların sıfır emisyon prensibine uygun olması üzerine bir çalışma yaptıklarını açıklamıştır ve bu uygulamaların sera gazlarının emisyonunda %35 ve azot oksit (NO<sub>x</sub>) gazlarının emisyonunda ise %80’e varan bir azalmaya yol açacağı ön görülmektedir [29].

Dünyada elektrikli taşıtlar ile ilgili yaşanan bu gelişmelere karşın ülkemizde vergi teşvikleri ve altyapı yatırımları henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. 01/02/2021 tarihinde yayımlanan Resmi Gazete verilerine göre 85 kW motor gücüne kadar olan elektrikli taşıtlarda Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) oranı %10, 85-120 kW arası olan elektrikli taşıtlarda %25 ve 120 kW üstü motor gücüne sahip elektrikli taşıtlarda ise %60 oranındadır. Ayrıca, ülkemizde şarj istasyonlarının düşük güçlü ve az sayıda olması ve bu istasyonların belirli bölgelerde yoğunlaşmış olması sebebi ile elektrikli taşıtlar tercih sırasında geride kalmaktadır.

Buna rağmen ülkemizde otomotiv sektöründe sanayiye geliştirmek ve ihracatı artırabilmek adına elektrikli taşıtlara yönelik pek çok yatırım ve sanayi teşviki de bulunmaktadır. Türkiye’nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) adı ile 2018 yılının ortasından bu yana faaliyet gösteren yerli elektrikli otomobil firması 2022 yılı itibari C segmentte elektrikli SUV aracını piyasaya süreceğini açıklamıştır. Bursa’nın Gemlik ilçesinde inşaatı devam eden fabrikası için de TOGG yetkilileri 22 Milyar lira yatırım yapacaklarını açıklamışlardır. Bu yatırım Türkiye’nin en büyük otomotiv sektörü yatırımlarından biri olarak görülmektedir. Diğer yandan 60 yılı aşkın süredir Türkiye’nin otomotiv sektörünün öncülerinden olan Ford Otosan firması da 2021 yılının Mart ayında yapılan basın açıklamasında

Kocaeli’de bulunan fabrikasında yüksek teknolojik donanıma sahip bir batarya üretim tesisi kuracağını açıklamıştır. Koç Holding ve Ford Avrupa’nın ortak olarak başlattıkları bu yatırım 2 Milyar € değerindedir. Batarya fabrikası 2022 yılında devreye girecek olup hem batarya hem de elektrikli taşıt üretiminin aynı yerde yapılması açısından Türkiye’de bir ilk olacaktır [30].

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, elektrikli taşıt kavramı ele alınarak, geçmişten günümüze elektrikli taşıtların tarihsel gelişimi incelenmiştir. Ayrıca, mevcut elektrikli taşıt türlerinden bahsedilmiştir. Sonrasında ise, elektrikli taşıt teknolojisinin gelecekte evrileceği noktaya yönelik öngörüler paylaşılmıştır. Özellikle elektrikli taşıt teknolojisinin bugün hangi noktada olduğu ve gelecekte nereye doğru eğilim göstereceği vurgulanmak istenmiştir. Bütün itibarıyla bakıldığında elektrikli taşıtların sürdürülebilir bir geleceğin anahtarı olmaları sebebiyle bu konuda dünyada, Avrupa’da ve ülkemizde yapılacak olan yatırımlar ve devletler tarafından sağlanacak olan teşvikler büyük önem taşımaktadır. Pazara çıkacak yeni elektrikli taşıtların satışlarının ve kullanımının artması için uygulanan vergilerin azaltılması hatta kaldırılması gerekmektedir. Elektrikli taşıtlara yönelik olarak yapılacak olan çalışmaların artırılması ve desteklenmesi için sanayi sektörü ile akademi arasında bir köprü vazifesi gören AR-GE merkezlerine olan yatırımların artması, buralarda istihdam edilen personelin elektrikli taşıtlar, batarya teknolojileri, şarj istasyonlarının gelişimi gibi konularda çalışma yapmaya teşvik edilmesi gerekmektedir.

Bunlara ek olarak Avrupa’da ve dünyada gelişen teknoloji ile ortaya çıkan yeni ürünlerin muadillerinin veya teknolojik olarak gelişmiş versiyonlarının üretilmesi için ülkemizde yeni fabrikalar ve donanımlı tesisler kurulmalıdır. Özellikle son 10 yılda küresel çapta ciddi bir ivme yakalanan elektrikli taşıt teknolojisinde geri kalınmamalı ve bu teknoloji mümkün olduğunca mühendislik ve AR-GE çalışmalarının bir parçası haline getirilmelidir. Elektrikli taşıtların ekonomik, çevresel ve teknolojik faktörleri göz önüne alındığında ülkemizin geleceğinin önemli bir parçası olacağını şimdiden söylemek mümkün görünmektedir.

Elektrikli taşıtların günümüzde çokça kullanılan fosil yakıtlı içten yanmalı

motorların yerini almaları için en büyük engel batarya teknolojisi olarak gözükmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalar elektrikli taşıtların tercih edilirligini artırmakla kalmayıp küresel anlamda fosil yakıtta duyulan ihtiyacı ciddi oranda azaltacaktır. Bununla birlikte, çevresel duyarlılık ve sürdürülebilirlik kavramlarının günden güne artması ile elektrikli taşıt kullanımının her geçen gün yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Ayrıca yeni üretilen elektrikli taşıtların yanı sıra hâlihazırda piyasada bulunan dizel ve benzinli taşıtların da sıfır emisyon çalışmalarına katkı sağlayabileceğini dikkate almak gerekir. Elektrik taşıt dönüşüm donanımları ve yöntemleri ile dizel ve benzinli taşıtları, elektrikli taşıta dönüştürmek emisyon oranlarını sıfıra yaklaştırma çalışmalarına önemli oranda katkıda bulunacaktır.

Elektrikli taşıt teknolojisi ve bu teknolojiye bağlı olarak ortaya çıkan yapay zeka ile otonom sürüş, akıllı şehirlere-akıllı şebekelere entegrasyon, gelişmiş batarya hücreleri, kablosuz şarj ve Endüstri 4.0 gibi yeni kavramlara hazırlıklı olunmalı; yaşanabilir bir gelecek ve temiz bir dünya için bu kavramlar hayat felsefesi olarak benimsenmelidir.



## KAYNAKÇA

[1]

- [1] Ceren, ORAL. & Kıpkip, E. “Ulaştırma Sektörünün Önemi Üzerine Kavramsal Bir Yaklaşım”, Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi, 1(1), 58-64.
- [2] Sezen, B. & İşler, A.U., “Elektrikli Araçların Mevcut Durumu, Tercih Edilme Ve Edilmeme Sebepleri. Turkish Journal of Marketing, 2(2), 82-103, 2017.
- [3] IŞILAK, C., “Elektrikli Araçların Konvansiyonel Araçlara Göre Gövde, Şasi ve İç Trim Açısından Tasarım Farklılıkları”, Uluslararası Bilim, Teknoloji, Tasarım Dergisi, 1(1), 46-58, 2020.
- [4] Kenanoğlu, M. E. & Türgan, T., “Mali Bakış Açısı ile Çevresel Kirliliklerin Azaltılmasında Elektrikli Taşıtların Rolü”, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18 (Özel Sayı), 129-147,2020.
- [5] Kıyak, İ., & Kaya, K.Y., “Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan İndüksiyon/Sabit Miknatıslı Motor Sürücülerinin Simülasyonu ve Motor Dinamiklerinin Analizi” International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 32(2), 152-157, 2020.
- [6] Demirtaş, M., Yılmaz, E., Ünal, C., Küçükpehlivan, T., Ağaçsapan, B., & Aksoy, T. “Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması” GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies, 4(1), 11-32, 2021.
- [7] Das, R., Wang, Y., Putrus, G., Kotter, R., Marzband, M., Herteleer, B., & Warmerdam, J., “Multi-objective techno-economic-environmental optimisation of electric vehicle for energy services” Applied Energy, 257, 113965, 2020.
- [8] Xie, Y., vd, “Microsimulation of electric vehicle energy consumption and driving range” Applied Energy, 267, 115081, 2020.
- [9] Rubens, G. Z., Noel, L., Kester, J., & Sovacool, B. K., “The market case for electric mobility: Investigating electric vehicle business models for mass adoption”, Energy, 194, 116841, 2020.
- [10] Clapper, M., “Electric Vehicles – Charging Stands & Infrastructure”, General Electric Company, n.d.

- [11] İlk Elektrikli Taşıt Görseli. <https://evcharging.enelx.com/resources/blog/613-the-first-electric-car-a-brief-history-of-electric-vehicles> [Erişim Tarihi: 4 Nisan 2021]
- [12] Alizon, F., Shooter, S. B., & Simpson, T. W. (2008, January), “Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization”, In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 43291, pp. 59-66).
- [13] Shrivastava, K. (2011). Electric Cars. Roorkee: Indian Institute of Technology Roorkee.
- [14] Petrol Sanayi Derneği, “2008 Yılı Sektör Raporu”, 2008, p.5.
- [15] Karakaş, İ., Pekcan, M., “Elektrikli Taşıt Tasarımı”, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü, 2014, Ankara.
- [16] Elektrikli Taşıt Örnekleri: <https://tr.euronews.com/2019/12/27/fotograflarla-yerli-otomobil-togg> [Erişim Tarihi: 01 Nisan 2021].
- [17] Elektrikli Taşıt Örnekleri: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Porsche\\_Taycan](https://tr.wikipedia.org/wiki/Porsche_Taycan) [Erişim Tarihi: 02 Nisan 2021].
- [18] Elektrikli Taşıt Örnekleri: <https://tr.motor1.com/news/447702/tesla-model-3-kamera/> [Erişim Tarihi: 02 Nisan 2021].
- [19] Elektrikli Taşıt Örnekleri: <https://onurkoray.blogspot.com/2010/10/chevrolet-volt.html> [Erişim Tarihi: 02 Nisan 2021].
- [20] Katić, V.A., Dumnić, B., Čorba Z., Milićević, D., “Electrification of The Vehicle Propulsion System”, Facta Universitatis, Electronics and Energetics, Vol. 27, No 2, June 2014, pp. 299 – 316, DOI: 10.2298/FUEE1402299K.
- [21] Benyahia, N., vd, (2014). “MPPT controller for an interleaved boost dc–dc converter used in fuel cell electric vehicles”, International journal of hydrogen energy, 39(27), 15196-15205.
- [22] Watson, S., vd., “Fuel Economy State of the World 2016”, Global Fuel Economy Initiative, FIA Foundation, 2016.
- [23] Polat, Ö., vd, (2015). “Elektrikli araç ve şarj istasyonlarının Türkiye’deki güncel durumu”, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, Kocaeli, 4-6.
- [24] Kerem, A., Gürbak, H., “Fast Charging Station Technologies For Electric Vehicles”, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Engineering and Architecture Faculty, Department of Electrical Electronics Engineering, 8(3): 644-661, 2020.

- [25] Sanguesa, J. A., Torres-Sanz, V., Garrido, P., Martinez, F. J., & Marquez-Barja, J. M. (2021). "A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges", *Smart Cities*, 4(1), 372-404.
- [26] Limblici, C., "Investigation of engine concepts with regard to their potential to meet the Euro 7 emission standard using 1D-CFD software", Politecnico Di Torino, Department of Mechanical Engineering, 2020.
- [27] Zeniewski, P., "Electric Vehicle Policy in Norway", University of Edinburgh, p.2, 2017.
- [28] Yan, S., Eskeland, G.S., "Greening the vehicle fleet: Norway's CO2-Differentiated registration tax", Department of Business and Management Science, Norwegian School of Economics, *Journal of Environmental Economics and Management* (91), pp.247-262, 2018.
- [29] Kaliforniya Eyaleti Sitesi: <https://www.gov.ca.gov/2020/09/23/governor-newsom-announces-california-will-phase-out-gasoline-powered-cars-dramatically-reduce-demand-for-fossil-fuel-in-californias-fight-against-climate-change/> [Erişim Tarihi: 04 Nisan 2021].
- [30] "Ford Otosan, Haber": <https://www.fordotosan.com.tr/tr/medya/basin-kitleri/ford-otosan-turkiyenin-ilk-batarya-montaj-fabrikasini-kurmak-icin-calismalara-basladi> [Erişim Tarihi: 05 Nisan 2021].



## 7. BÖLÜM

# SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KENTSEL YEŞİL ALANLARIN ÖNEMİ

**Merve Nur DERBETOĞLU**

*Selçuk Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Konya*

**Dr. Öğr. Üyesi Nurgül ARISOY**

*Selçuk Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konya*

### ÖZET

Kentleşmenin hızla büyümesiyle, çok boyutlu sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Kentsel alanların plansız gelişimi, dikeyden yataya genişleme arasında optimizasyon eksikliği, doğal kaynakların azalması ve tahribatı gibi sorunlar bir araya geldiğinde, çevresel dengesizlik ve daha büyük ölçekte çevre sorunlarına yol açmaktadır. Sürdürülebilirlik, özünde oluşan bu çevre sorunlarına karşı ileri sürülen bir kavramdır ve insanlar için büyük umut vaat etmektedir. Kentsel yeşil alanların varlığı kentte yaşayan insanların yaşam kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan birisidir ve çevre sorunlarının büyük çoğunluğunun çözümü yeşil alanların varlığı, yayılımı ve sürdürülebilirliği yoluyla etki altına alınabilir.

Kent ekosistemlerinin önemli bir bölümünü oluşturan yeşil alanların çevreye, doğaya ve insanlara pek çok fayda sağladığı bilinmektedir. Bu denli faydasının bulunduğu yeşil alanların, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanması üzerine yararlarının olabileceği gerçeğinden yola çıkarak bir araştırma planlanmıştır. Bu çalışma kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yeşil alanların rolünü, etkisini

ve önemini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda öncelikle kavramsal ve kuramsal açıdan “sürdürülebilirlik”, “kentsel sürdürülebilirlik” kavramları ele alınmıştır. Daha sonra, sürdürülebilir kent endeksleri, değerlendirme ölçütleri ve yaklaşımlara ilişkin ulusal ve uluslararası kaynaklar incelenmiştir. Endeks ve ölçüt setleri kapsamında yapılan değerlendirme ile sürdürülebilir kentlere ulaşmada bir kentte fiziksel, sosyal ve ekolojik perspektifte çok çeşitli olumlu etki ve işlevlere sahip kentlerde yaşanabilirliği belirleyen en önemli göstergelerden biri olan yeşil alanların katkısının yeşil alan işlevleri ile ilişkilendirilerek kentlerde sürdürülebilirliğe yönelik önemi açıklanmıştır.

Sonuç olarak; yeşil alanların önemi ve gelişimine yönelik kararların alınmasına katkı sağlanması gerekliliği kentsel sürdürülebilirlik adına daha yaşanabilir ve güvenli bir gelecek için büyük önem taşımaktadır. Hızla artan nüfus ve değişen koşullar nedeniyle meydana gelen hasarlar tüm canlıları, çevreyi ve geleceği olumsuz yönde etkilemesi sonucunda; canlıların ve çevrenin sağlığını, doğal dengeyi koruyarak ekonomik kalkınmaya olanak sağlayacak şekilde, doğal kaynakların rasyonel yönetimini sağlamak ve gelecek nesillere yaşanabilir fiziki ve sosyal çevre bırakma anlayışı benimsenmelidir. Hiç bitmeyeceği düşünülen kaynakların tükenebilir olduğunun bilincinde olarak şu anki kullanım planlamaları ile ileriye yönelik alınan kararların önemine dikkat edilmelidir. Doğru kentsel tasarımlar uygulanarak sürdürülebilirlik ilkelerine önem verilmelidir. Yeşil alanlar yaygınlaştırılarak doğada yeterli ve dengeli şekilde kullanılmalıdır. Kentsel yeşil alanlar sayesinde katkı sağlanan biyolojik çeşitlilik ve habitatlar korunarak ekosistem devamlılığı sağlanmalıdır. Yapılacak olan her türlü kentsel planlamada mevcut durumun korunumuna özen gösterilmelidir. Çeşitli sivil toplum kuruluşları, sürdürülebilirliği sağlayacak tüm meslek grupları ve halk katılımıyla ortak bilinç ve görevler oluşturulmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** kent, kentleşme, kentsel sürdürülebilirlik, sürdürülebilirlik, yeşil alanlar

## 1. GİRİŞ

Dünya’da kentsel alanlar hızla artmaktadır. 2025 yılında dünya nüfusunun %65’inin kentlerde yaşıyor olacağı tahmin edilmektedir. Kentte yaşayanların hayat kalitesi büyük ölçekte çevre kalitesine bağlıdır. Kentsel yeşil alanlar sahip oldukları fonksiyonları ile kentsel alanların en önemli kısmını oluşturur. Kentin ekolojisine olumlu katkıları olmasının yanı sıra hava, gürültü, görüntü kirliliği vs. çevresel sorunları azalttığı gibi, insanların fiziksel ve ruhsal sağlığını düzelterek sosyal ve rekreasyonel olanaklar sunarlar. Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü istenmeyen çevresel etkileri azaltmak için kişi başına en az 9 metrekare kentsel yeşil alan olması gerektiğini vurgulamaktadır. Ülkemizde ise 3194 sayılı İmar Kanunu’na göre belediye ve mücavir alan sınırları içinde en az 10 metrekare aktif yeşil alan olması gerekmektedir (Akbulut ve Önder, 2010; İmar Kanunu, 1985). Yeşil alan kavramı; mevcut açık alanların bitkisel elemanlar (odunsu ve otsu bitkiler), ile kaplı veya kombine edilmiş yüzey alanları olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre her yeşil alan bir açık alan niteliğindedir. Ancak her açık alan yeşil alan olmayabilmektedir (Gül ve Küçük, 2001). Bu alanların en büyük özelliği rekreasyonel potansiyelleridir ve ortak kullanım özelliği taşırlar (Karaman, 2019). Esasında açık ve yeşil alanlar tanımı için birçok meslek grubunun birçok farklı ifadesi mevcuttur. Öncelikle açık alan kavramı, daha sonra açık alanların bir parçası olan yeşil alan tanımı yapılmış; bu tanımlar sonucunda açık-yeşil alan kavramı ortaya çıkmıştır. Kentsel mekânlarda açık-yeşil alanlar birbirini tamamladığı düşünülerek birlikte kullanılırlar. Açık ve yeşil alanlar, kentin fiziksel özelliklerini ortaya koyan, biçimlendiren ve temel alan kullanımlarından birisi olup farklı alan kullanımlarını bütünleştirme özelliğine sahiptir (Karaağaç, 2019).

Bu çalışmada ise tüm bu tanımlamalar ışığında; sürdürülebilirlik bağlamında kentsel yeşil alanların önemi konusu çalışılmıştır. Kentler, yeşil alanlar ve sürdürülebilirlik konuları arasındaki bağlantı incelenmiş olup, çeşitli literatürlerden kırk adet endeks araştırılmıştır. Bu endeksler birçok ana kategori ve alt parametrelere sahiptir. Kaynak kullanımı, altyapı, sosyo-ekonomik ve çevresel faktörler gibi unsurların sürdürülebilir kentler metabolizması içinde nasıl şekillendiğini,

tüm bu faktörlerin işlev, önem ve etkilerini ölçmeyi amaçlamıştır. Sürdürülebilirlik en genel ifadeyle süresi belirsiz bir dönem boyunca bir durum veya sürecin sürdürülebilme, devam edebilme yetkinliğini ifade eder. Sürdürülebilirlik kavramının; çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç boyutu vardır. Çalışmada çevresel sürdürülebilirlik boyutu üzerinde durulmuş olup, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yeşil alanların rolünü, etkisini ve önemini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Çeşitli sebeplerle ortaya çıkan çevresel tahribata ancak doğal çözümlerle set çekilip, hasarlara karşı konulabilir. Bu durum da yeşil alan varlığı ve devamlılığıyla mümkündür. Bu sebeple yeşil alanların; çevre, çevre sorunları, tüm canlı popülasyonu, biyoçeşitlilik, habitatlar, kentsel sürdürülebilirlik gibi hususlara çözüm olabileceği düşünülmüş, yeşil alanların gelişimi ve yayılımı için öneri ve sonuçlar sunulmuştur.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilirlik kavramı; üretim ve çeşitliliğin devamlılığı sağlanırken insanlığın yaşamının daimi kılınabilmesidir. Başka bir ifade ile sürdürülebilirlik, kendi ihtiyaçlarımızı, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden karşılayabilmemizdir. Kamuoyu sürdürülebilirlik kelimesi ile ilk olarak Birleşmiş Milletler bünyesi altında çalışmakta olan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılı içerisinde yayınlamış olduğu “**Ortak Geleceğimiz**” isimli rapor aracılığı ile tanışmıştır. Raporunda yer alan **sürdürülebilirlik** tanımı: “İnsanlık; doğanın gelecek nesillerin gereksinimlerine yanıt verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçları temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahiptir.” şeklinde yapılmaktadır (Anonim 1).

Sürdürülebilirliğin çoklu tanımları ve farklı yorumları mevcut olmasının yanı sıra; sürdürülebilirlik kavramı 21. Yüzyılın planlama gündemine rehberlik edecek bir vizyondur denilebilir ve çok iyi bir planlama gerektirmektedir (Cozens, 2007).



### 3. KENTSEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

#### Kentleşme ve Kentsel Sürdürülebilirlik

Günümüzde, dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğu kentlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler'in 1950 ve 2014 yılları arasını kapsayan “Dünya Kentleşme Beklentileri” (World Urbanization Prospects) raporuna göre, 2007 yılında kentsel nüfusun ilk kez kırsal nüfusu aştığı görülmektedir. 1950-2014 yılları arasındaki kentsel nüfus artışı ise çarpıcıdır. Şöyle ki; 1950 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %70'i kırsal alanlarda, geri kalan yaklaşık %30'u ise kentlerde yaşamakta iken 2014 yılına gelindiğinde, kentsel nüfus oranının %54'e yükseldiği görülmektedir. Kentleşme oranının önümüzdeki yıllarda da artışını sürdürerek 2050 yılına gelindiğinde %66'ya yükselmesi beklenmektedir. “Nüfusun kırsal alandan kente göç etmesi”, “kentlerin hem nüfus açısından hem de alansal açıdan büyümesi” veya “toplam nüfus içerisinde kentsel nüfus oranının artması” olarak tanımlanabilecek olan “kentleşme” olgusu; tarih boyunca büyük coğrafi hareketlilikler, düşük doğurganlık oranı, uzun yaşam süresi ve nüfusun yaşlanması gibi ekonomik ve sosyal değişim ve dönüşümlerle ilişkilendirilmiş; kentler kırsal ve kentsel alanlarda kalkınmanın ve toplumsal refahın önemli katalizörleri olarak değerlendirilmiştir. Yüksek okuryazarlık oranı, gelişmiş sağlık hizmetleri, sosyal hizmetlere erişim kolaylığı ve kültürel ve politik katılım mekanizmaları, kentsel yaşamın en önemli belirleyicileri haline gelmiştir (Akçakaya, 2016).

Literatürde sürdürülebilir kentleşme ile ilgili kabul gören tanımlamalardan birkaçı da şu şekildedir; “insan gereksinmelerine günümüz kentlerinden daha iyi yanıt veren ve kent sistemlerinin gelecek kuşakların gereksinimlerinin karşılanmasını engellemeyecek bir biçimde geliştirilmesini sağlayan kenttir (Karakurt Tosun, 2013). Bir başka tanıma göre ise; Sürdürülebilir kentleşmenin temelinde fosil yakıt kullanılmayan, atık yönetimi yapılmış, atık üretimini en düşük seviyede tutan, temiz enerji kullanan, kendi enerjisini üretebilen, sıfır emisyon hedefleyen kentler yatmaktadır. Söz konusu kentlerin 15 temel ilkesi mevcuttur ve bu ilkelere biri de ‘yeşil alanlar ve biyoçeşitlilik’dir. Yeşil alanların kent bazında kullanımı karbondioksit emilimini artırır. Ayrıca bitkiler kentsel ısı adası etkisini azaltmak için kullanılırlar (Vanlı, 2019). Kavramın ortaya çıkması ile birlikte sürdürülebilir kentleşmenin sağlanmasında bugün ve gelecek nesiller için yaşam kalitesinin geliştirilmesi öngörülerek, istihdam ve kıtlık sorunlarının çözümü, yoksulluğun ortadan kaldırılması, sosyal ve kültürel değerlere sahip çıkan, mev-

cut doğal değer ve kaynakların sürdürülebilir kullanımını destekleyen politikalar üretilme gerekliliği ortaya konulmuştur (Erdoğan ve Öztürk, 2019).

Kentleşmenin gelişigüzel şekilde çevreyi dikkate almadan büyümesine uzun vadede izin verildiği takdirde sosyo-ekonomik birçok sorun da gün yüzüne çıkacaktır. Bu nedenle kentler çok iyi tasarlanmalı ve sürdürülebilirlik için çözümlerin bir parçası olunmalıdır. Sürdürülebilir kentleşme pratiği, küresel sürdürülebilirlik hedefine ulaşmada önemli bir rol üstlenmektedir (Shen ve ark., 2011). Kentler en heterojen manzaralardır. Kentsel sürdürülebilirlik temelde peyzajın bir bütün olarak sürdürülebilirliğidir. (Wu, 2010).

Avrupa çevre ajansı kentsel sürdürülebilirliğin sağlanması için ulaşılabilecek amaçları şu şekilde tarif etmektedir (Karakurt Tosun, 2009):

- Mekânın ve doğal kaynakların tüketimini en aza indirmek
- Kentsel akışları etkin biçimde yönetmek
- Kentsel nüfusun sağlığını korumak
- Kaynaklara ve hizmetlere eşit erişim sağlamak
- Kültürel ve sosyal çeşitliliği sürdürmek

Kentsel sürdürülebilirliğin geliştirilmesi için öneriler ( Cozens, 2007; Seto ve ark., 2012; Alberti ve Susskind, 1996):

➤ Çeşitli kentsel tasarım ilkeleri hakkında araştırma yapılmalı, yeni şehirçilik ve sürdürülebilirlik ilkeleri belirlenmelidir.

➤ Ekolojik sürdürülebilirlik ile çevre arasındaki potansiyel çatışma alanları araştırılmalıdır.

➤ Çevre için sürdürülebilir endeksler geliştirilmeli, mevcut süreçteki gelişimler için motive edici ‘sürdürülebilirlik oluşturma dereceleri’ ve ‘yeşil yıldız’ sertifikaları çalışmaları uygulanabilir.

➤ Ekolojik olarak sürdürülebilir şehir tasarımlarında çevresel etki değerlendirmeleri yapılmalıdır.

➤ Şehirleşme ve arazi değişimini entegre etmek için belli bir zaman boyunca bağlantıları yeniden canlandırmak için sürdürülebilirlik için potansiyel müdahale noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir kent; ekonomik, sosyal ve fiziki boyutların iyi bir hayat stan-

dardı temin etmek maksadıyla ile birlikte çevreye en az zarar verecek yeterlilikle uyum içinde, sürdürülebilir bir sosyal temele de dayanarak uygun kentsel politikalarda özümsemiği kent veya kentsel alanlardır (Toptaş, 2021).

#### 4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT ENDEKSLERİ VE ÖLÇÜT SETLERİ

Yapılan araştırmalarda sürdürülebilir kentlere ulaşmanın önemi açıkça görülmektedir. Bu çalışmaların sağladığı birikimler, öngörüler ve gereklilikler doğrultusunda kentler birçok konuda aydın ve kendini geliştirmeyi hedefleyen yerleşimler haline gelmiştir. Bu çabalar ve gelişmelerin sonucunu görmek ve emsal oluşturmak için sürdürülebilir kent değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur (Tuğaç, 2018).

Araştırmalarda, uluslararası sürdürülebilir kent ölçütleri ile yeşil alanlar ve kentsel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki irdelenmiştir. Konunun çoğunlukla; çevre yönetimi, çevresel etkiler, iklim değişikliği gibi ana başlıkların içerisindeki alt parametrelerde yer aldığı görülmüştür. Uluslararası örgütlerce, uluslararası enstitü ve birliklerce, ülkeler tarafından ve diğer kuruluşlarca ortaya konulan ölçüt setleri olmak üzere dört çeşit endekse rastlanmıştır. Araştırma konusu kapsamında kırk adet kent endeksi ve ölçüt seti incelenmiştir. Bu endekslerin tamamında doğrudan veya dolaylı olarak kentsel açık-yeşil alan varlığı, doğa ve biyoçeşitliliğin korunması konuları önem arz etmekte ve parametrelerde yer almaktadır. Bu da göstermektedir ki; sürdürülebilir kent kavramı ile çevresel etmenler ve dolayısıyla yeşil alanlar sıkı sıkıya birbirine bağlıdır.

Araştırılan kırk ölçüt setinin tamamında yeşil alan kavramına ilişkin bir ana başlık, bir parametre veya konuyla ilgili mutlaka bir konu irdelenmiştir. Genellikle çevre ana başlığı altında; yeşil alanlar (korunan alanların toplam kentsel alandaki yüzdesi, kentsel alan ne nüfus büyüklüğü ile ilişkili olarak kentteki ağaçlık alanlar, iklim değişikliğine uyum), yeşil alanlara erişim, doğa ve biyoçeşitlilik, açık yeşil alanlar ve tarihsel miras, kamusal açık yeşil alanlar, tarım ve biyoçeşitliliğin korunması, sosyal yeşil alanların iyileştirilmesi, yeşil alanlarda kullanılan beton miktarı, yeşil altyapı gibi parametrelerde direkt ilgili konu yer

almaktadır. Doğrudan bahsedilmeyen diğer endekslerde ise; çevresel performans, çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı, kent dokusu, doğal elemanların ve döngülerin bütünleştirilmesi, yeşil büyüme ve eko-yenilik konulu parametrelerde ilgili konu dolaylı şekilde işlenmektedir.

Endekslerdeki verilerden yola çıkılarak görülmektedir ki; kentsel alanların erişim, büyüklük, miktar, koruma gibi özellikleri ile araştırılan endeksler içinde yer aldığı ve farklı yaklaşımlarda farklı konuların odak noktası olduğu fakat çoğunlukla yeşil alanların direkt veya dolaylı biçimde bulunduğu, konuya önem verildiği görülmektedir. Endekslerde önemle vurgulandığı gibi kentsel açık ve yeşil alan düzenlemelerinde yerel türlerin seçilmesi ve oluşturulacak peyzaj düzenlemeleri aracılığıyla kentsel sürdürülebilirliği sağlamak doğrultusunda yutak kapasitesinin artırılması, yağmur suyu sistemlerinin geliştirilmesi ve doğal afetlere karşı tedbir almak amacıyla fazla suyun drene edilmesini sağlayacak yeşil alan düzenlemelerinin sağlanması önem arz etmektedir.

## 5. KENTSEL MEKÂNLARDA YEŞİL ALANLARIN İŞLEVLERİ

Kentsel yeşil alanlar, kent sakinlerinin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen kentin temel donatılarından biridir. Kentin imajını olumlu yönde etkileyen bu alanlar rekreasyon işlevlerinin yerine getirilmesinde önemli rol oynar (Aydemir, 2004). Yeşil alanların büyüklüğü ya da kişi başına düşen yeşil alan miktarı, giderek toplumların gelişmişliğinin bir ölçütü olarak kabul görmeye başlamıştır. Kentsel alanda farklı işlevlere ayrılmış ve çok çeşitli büyüklüklere sahip olan yeşil alanlar ekolojik, toplumsal, ekonomik, fiziksel özellikleri ile kent sakinlerinin yaşam kalitesine olumlu yönde katkı sağlar. Çok yönlü bir işleve sahip olan kentsel yeşil alanların; sağlık, ekolojik ve diğer işlevleri mevcuttur (Karataş ve Kılıç, 2017):

- **Yeşil Alanların Ekolojik İşlevi:** Günümüzde sanayileşme ve kentleşme başta hava kirliliği, nüfus yoğunluğu, kentin ısınması gibi sonuçlara yol açmaktadır. Açık yeşil alanların azalması bu sorunların daha da katlanması anlamına gelmektedir. Oysa yeşil alanlar başta havanın temizlenmesi, nüfus yoğunluğunun azaltılması, kentteki ısı adacıklarının yok edilmesi gibi daha birçok işlevi yerine getirmektedir (Aydemir, 2004)

- **Yeşil Alanların Sağlık İşlevi:** Kentin sağlıklı bir mekân olabilmesinin temel koşullarından biri kuşkusuz kentteki yeşil alanların büyüklüğüdür. Aslında yeşil alanların insanların sağlığı üzerinde olumlu etkisi olduğu çok uzun zamandır bilinmektedir. Ancak sanayileşmenin getirdiği avantajlar karşısında uzun süre bu gerçek göz ardı edilmiştir. Oysa yeşil alanlar, yurttaşlara kent yaşamının yol açtığı birçok sağlık sorunlarını çözmede büyük katkı sağlamaktadır. Kentlerin, yoğun çalışma temposu ve bireylerin genel olarak kapalı mekânlarda uzun süre çalışmak zorunda kalması, onların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Kentin yeşil alanları yurttaşların bu sağlık sorunlarını aşabilmesi için fırsatlar sunmaktadır. İlk peyzaj mimarı olarak kabul edilen Central Park'ın mimarlarından Frederick Law Olmsted, yeşil alanların insan sağlığı üzerindeki etkisi üzerinde durmuştur. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde politikacılar ve halk sağlığı uzmanları, yeşil alanların insan sağlığı üzerindeki etkisine dikkat çekmeye çalışmaktadırlar (Akpınar ve Cankurt, 2015)
- 
- **Yeşil Alanların Diğer İşlevleri:** Kentin barınma, çalışma, ulaşım ve rekreasyon şeklinde dört işlevi olduğu öteden beri genel kabul gören bir yaklaşımdır. Ancak kent işlevlerinin arasında kabul edilebilir ve kentin diğer işlevlerinin bir diğerinden sorunsuz bir şekilde ayrılabilmesi açısından, yeşil alanlar etkin bir şekilde kullanılabilir. Böylece birçok kirletici ya da kent sakinleri için rahatsız edici nitelikte kimi sektörler arasında, yeşil alanlar tampon olma işlevi üstlenmiş olacaktır. Bunun yanı sıra, insanlığın ilk dönemlerinden bu yana, insanların besin ihtiyacı yanında farklı seviyelerde refah ve esenlik ihtiyaçlarını da yeşil alanlar karşılamıştır. Ayrıca, yeşil alanlar bir yandan can kayıplarını en aza indirirken diğer yandan da mal kayıplarının da azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Karataş ve Kılıç, 2017).

Yeşil alanlar, iyi bir planlama ve tasarımla birlikte kentin ekonomik açıdan daha cazibeli olmasını sağlamaktadır. Turizm açısından avantaj sağlaması, kentin ısınma ve soğumasına yardımcı olması, yeşil alanların olduğu alanların diğer alanlara göre daha çok parasal değerinin olması gibi unsurlar, yeşil alanların ekonomik katkısını göstermektedir (Aydemir, 2004).

## 6. KENTLERDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA YEŞİL ALANLARIN RÖLÜ

Kentlerin sürdürülebilirliğinde açık-yeşil alanların etkisi oldukça fazladır. Açık alanların durumlarını ve gelişimlerini tespit etmek zorunlu bir durumdur. Bu durum alanların potansiyelini ve değer alanlarını karakterize edebilir ve ölçülebilir kılmaktadır. Süreçte; gelişimi devamlı gözlemek mümkün hale gelir. Planlama önlemleri; kentin gerçek kalitesini ve etkinliğini anlamak adına sürdürülebilir kalkınmanın bir parçasıdır (Palacky ve ark., 2015). Kentsel yeşil alanların, kentsel fonksiyon alanlarından biri olmalarına bağlı olarak, kent mekânı içinde ürettikleri birçok faydası vardır. Kentin çevresel kalite standardının belirlenmesinde etkinliği olan ve bir kentsel alt sistemi oluşturan açık ve yeşil alanların fiziksel mekân-sosyal çevre bakımından ürettikleri faydaları ve fiziksel çevre kalitesinin sağlanması, artırılması ve kontrolü bakımından ürettikleri faydaları saymak mümkündür (Ceylan, 2007).

Kentsel açık-yeşil alanların kent sürdürülebilirliğine katkı ve faydalarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Gül ve Küçük, 2001; Aydemir ve ark., 2004; Wong ve Yu, 2005):

- Kentlerin monoton geometrik yapı veya yapı kitlelerinin sert dokularını hafifletir, keskin hatlarını yumuşatır, canlılık verir. İnsan ile çevre, yapı ile yapı, yapı kitleleri ile boşluklar arasında denge sağlar ve organik bir ilişki kurarlar.
- Mikroklimayı kontrol eder ve düzenler.
- Toprağın üst kısmını örterek toprak ve suyu korumayı sağlar, toprak verimliliğini artırır.
- Ekonomik yarar sağlar; yaşama sevinci sağlayarak işgücü ve verimi artırır.
- Kentin strüktürüne katılan açık yeşil alanlar, karakter bakımından çok farklı bölgeleri birbirinden ayırarak kontrastları giderir ve fiziksel dengenin kurulmasını sağlayarak değişik arazi kullanım bölümleri arasında tampon görevi yaparlar.
- Kentin yapısına organik elemanlar olarak katılan açık yeşil alanlar içten ve dıştan yeşil şeritlerle çeşitli kısımları birbirine bağlayarak çevrenin organik düzeni ile anlaşılabilen bir sistemin meydana gelmesinde rol oynarlar.
- Sürdürülebilir kentlerin anahtar bileşenlerinden olan bitki ve bitkilendirilmiş alanlardır. Bu nedenle; konut alanlarında yaratıcı tasarımlarla, mevcut doğal

kaynaklardan daha iyi yararlanılması, yeşil yüzeylerin artırılması yaygınlaştırılmalıdır.

- Yeşil alanlar konut alanının çocuklar ve yetişkinler için kullanım değerini yükseltir.
- Tüm açık alanlarda, hatta yapısal yüzeylerde (çatılar, cepheler) ağaç örtüsünün ve diğer bitki kaplı yüzeylerin artırılmasına teşvik edilmelidir. (Wong ve Yu, 2005).

Kentsel açık-yeşil alanlar, Peyzaj Mimarlığı açısından gerek estetik gerekse işlevsel birçok öneme sahiptir. Kentsel yeşil alanların salt mevcudiyetinin ötesinde, yeşil alanların kent genelinde adil ve fonksiyonel bir dağılım sergilemeleri önem taşımaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir bağlantılı kentsel yeşil alan sistemlerine yönelik peyzaj planlama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Ceylan, 2007).

Kentsel açık yeşil alanlar, yaşı, cinsiyeti, içinde bulunduğu sosyal sınıf ne olursa olsun tüm kent halkına eğlence ve dinlence sağlayan, çeşitli sportif ve kültürel aktivitelere katılma olanağı sunan rekreasyon işlevlerine sahiptirler. Kentsel açık yeşil alanların bu işlevleri kentlilerin serbest zamanlarını değerlendirmeleri açısından önem taşımaktadır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplumlar, finansal anlamda çeşitli beklentilerde olduğu kadar yaşam alanları için de beklenti ve talep içindedirler. Genel anlamda amaçlanan durum; yaşam kalitesini arttırmak ve sürdürülebilirlik noktasında gelecek nesillere devamlılık sağlamaktır. İstekler doğrultusunda yapılan planlamalar; ekolojik yapı korunup geliştirilirse mümkün ve tatmin edici olur. Bu noktada mevcut dokuyu korumak önemli bir yer tutar. Sağlıklı bir çevreye sahip, temel hizmetlerde (sağlık, güvenlik, istihdam gibi) sıkıntı yaşamayan, kültürel verilerine sahip çıkmış, kaliteli yapıları ve çevresi olan mekânlar sürdürülebilir sistemlerdir. Bu maddeleri prensip edinen sistemler planlama aşamasından itibaren, kullanım sırasında ve sonrasında da bu özelliklerini sürdürürler.

Sonuç olarak; kentlerin yaşanabilir, refah, sağlıklı mekânlar olabilmesi için

yeşil alanların teknik kriterler doğrultusunda planlama ve uygulama yaparak sürekliliğinin sağlanması mümkündür. Kentteki tüm açık-yeşil alanla kentin tamamı bütünlük oluşturmalı, zaman içindeki değişim ve gelişimlerin erişilebilirlik, esneklik ve sürdürülebilirlik sağlayacak biçimde oluşturulması gerekmektedir:

- Yeşil alan konusundaki planlamalarda kent kullanıcılarının istekleri göz önünde bulundurularak, kullanıcıların özellikleri ve bölgeye yeterli alanlar oluşturulmalıdır.
- Çevre dostu enerji kullanımı desteklenmelidir.
- Geri dönüşüm konusu üzerinde çeşitli çözümler geliştirilerek, üretim sonrası atık zararının alt sınırlarda olması sağlanmalıdır.
- Öncelikli olarak mevcut kent sorunları çözülerek yeni oluşacak sorunlara çözümlenme anlamında hazırlıklı olunmalıdır.
- Doğal ekosistemin korunumuna çok dikkat edilmeli, mevcut durum korunarak en üst düzeyde fayda sağlamak hedeflenmelidir. Oluşturulacak hiçbir beşeri faktör var olan doğal yaşamı sekteye uğratmamalıdır.
- Yeşil alan yeterliliğinde yalnızca kişi başına düşen metrekare hesabı yetersiz olduğundan, yeşil alanların kent içinde homojen dağılımı göz önünde bulundurulmalı, kentlilerin eşit bir biçimde yeşil alanlara erişimleri sağlanmalıdır.
- Biyoçeşitlilik ve doğal habitatlar korunmalı ekosistem devamlılığı sağlanmalıdır.
- Sağlıklı, toplum dostu ve çevre dostu kentsel gelişim benimsenerek planlamalar bu doğrultuda ilerlemelidir.



## KAYNAKÇA

- Akbulut, Ç.D., Önder, S., 2010. Aksaray Kenti Açık-Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Yönünden İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, ISSN: 1309-0550, Sayfa: 90-95, Konya.
- Akçakaya, O., 2016, Kentsel Sürdürülebilirliğin Uygulanması Ve Ölçülmesi Bağlamında Yerel Yönetimlerin Fonksiyonu, Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:4, ISSN: 2148-7154, Sayfa: 47-64, Ardahan.
- Akpınar, A., Cankurt, M., 2015, Türkiye’de Kişi Başına Düşen Yeşilalan Miktarı İle Ölüm Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2015; 12(2) : 101 – 107.
- Alberti, M., Susskind, L., 1996, Managing Urban Sustainability: An Introduction To The Special Issue, sayfa: 213-221, New York.
- Anonim 1: <https://ekolojist.net/surdurulebilirlik-nedir/> Ziyaret tarihi: [24.03.2021]
- Aydemir, Ş., Aydemir S., Beyazlı, Ökten, N., Öksüz, A. M., Sancar, C., Özyaba, M., Türk, Y., 2004. Kentsel alanların Planlanması ve Tasarımı. İber Matbaacılık. Trabzon.
- Ceylan, A., 2007, Yaşam Kalitesinin Arttırılmasında Kentsel Yeşil Alanların Önemi Ve Kentsel Dönüşüm İle İlişkilendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Cozens, P., 2007, Planning, crime and urban sustainability, Curtin University of Technology, vol:102, ISSN: 1743-3541, Western Australia.
- Erdoğan, G., Öztürk, B., 2019, Sürdürülebilir Kentleşme: Dokuma Kenti Buldan Örneği, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, ISSN: 2548-0170, sayfa: 51-68.
- Gül, A., Küçük, V. 2001. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:a, Sayı:2, ISSN:1302-7085, Sayfa: 27-48, Isparta.
- İmar Kanunu, 1985, Resmi Gazete
- Karağaç, B.Ö., 2019, Altınordu Kent Merkezi’nin Açık – Yeşil Alanlarının Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek

lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ordu.

Karakurt Tosun, E., 2009, Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri, Paradoks , Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, Sayı:2, ISSN: 1305-7979, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Karakurt Tosun, E., 2013, Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Sürecinde Kompakt Kent Modelinin Analizi, Yönetim ve Ekonomi, cilt: 20, sayı:1, Manisa

Karaman, H.B., 2019, Kentsel Açık Ve Yeşil Alanlarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi, Aksaray Kenti Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Isparta.

Karataş, A., Kılıç, S., 2017, Sürdürülebilir Kentsel Gelişme ve Yeşil Alanlar, SİYA-SAL: Journal of Political Sciences, 26(2), 53-78.

Palacky, J., Wittmann, M., Frantisak, L., 2015, Evaluation of Urban Spaces Sustainability, 29th Annual AESOP 2015 Congress, sayfa: 701-715, Czech Republic.

Seto, K.C., Reenberg, A., Boone, C.G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T., Marco-tullio, P., Munroe, D.K., Olah, B., Simon, D., 2012, Urban Land Teleconnections and Sustainability, Clark University, vol:109, no:20, 7687-7692.

Shen, L., Ochoa, J., Shah, M. N., Zhang, X., 2011, The application of urban sustainability indicators e A comparison between various practices, Habitat International, Sayfa: 17-29, DOI: 10.1016

Toptaş, H.G., 2021, Türkiye’de Uygulanan Kentsel Dönüşüm Projelerinin Sürdürülebilirlik Göstergeleri Bağlamında İncelenmesi Ankara Aktaş Mahallesi Örneği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Ankara.

Tuğaç, Ç., 2018, Uluslararası Sürdürülebilir Kent Ölçütleri Bağlamında Türkiye İçin Bir Değerlendirme, Kent Akademisi, Cilt: 11, Sayı: 4, Sayfa: 703-740.

Vanlı, F. Ş., 2019, Yaşanabilir Şehirler: Uluslararası Kentsel Sürdürülebilirlik Endeksleri Üzerine Bir Çalışma, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Wong, N.H., Yu, C., 2005, study of green areas and urban heat island in a tropical city, cilt:29, sayı:3, sayfa: 547-558

Wu, J., 2009, Urban Sustainability: An İnevitabile Goal Of Landscape Research, Lanscape Ecol, 25:1-4, DOI: 10.1007.

## 8. BÖLÜM

# SÜRÜCÜSÜZ YÜK ULAŞIMININ GELECEĞİ

**Dr. Öğretim Üyesi Gürkan Günay**

*Doğuş Üniversitesi*

**Dr. Öğretim Üyesi Selim Dündar**

*İstanbul Okan Üniversitesi*

### ÖZET

Sürücüsüz karayolu taşıtları son yıllarda trafikte işletilmeye başlanmıştır. Yakın gelecekte sürücüsüz taşıtların gündelik hayatımızda önemli bir yere sahip olacak ulaştırma teknolojilerinden birisi olduğu açıktır. Bu konuda oldukça fazla sayıda araştırma yapılmış ve teknolojik ilerlemeler sağlanmıştır. Bu ilerlemeler sayesinde sürücüsüz taşıtların gelecekte sürdürülebilir ulaşımına katkı sağlanması beklenmektedir. Sürücüsüz taşıtlara ilişkin çalışmaların ve yenilikçi gelişmelerin büyük çoğunluğu yolcu ulaştırmasına ilişkindir. Ancak, özellikle şehir içi kargo taşımacılığında yapılan atılımlar da göz ardı edilemez. Yük ulaşımı, ulaşım planlama ve trafik etüdü çalışmalarında değerlendirilmesi gereken ve önde gelen konulardan bir tanesidir. Dolayısıyla, sürücüsüz kargo taşıtlarının trafik sıkışıklığının ve bunun sonucu oluşan karbon gazı salınımlarının azaltılmasına fayda sağlayacağı beklenmektedir. Bu çalışma kapsamında, kent içi yük taşımacılığında kullanılan ve kullanılmak üzere geliştirilen yenilikçi uygulamalar incelenmektedir. İncelenen yenilikçi gelişmeler arasında market ürünlerinin kullanıcıya iletilmesi ve restoranlardan yapılan paket servisleri gibi hizmetlerin sürücüsüz karayolu araçları kullanılarak gerçekleştirilmesi ve internet tabanlı alışveriş sitelerinin geliştirdiği ve kullanacağı sürücüsüz havayolu araçları (dronelar) bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, bu sistemlerin mevcut teslimat yöntemlerine olan

olası etkileri de tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürücüsüz karayolu taşıtları, Sürücüsüz havayolu taşıtları, Yük ulaşımı, Sürdürülebilir ulaşım sistemleri

## 1. GİRİŞ

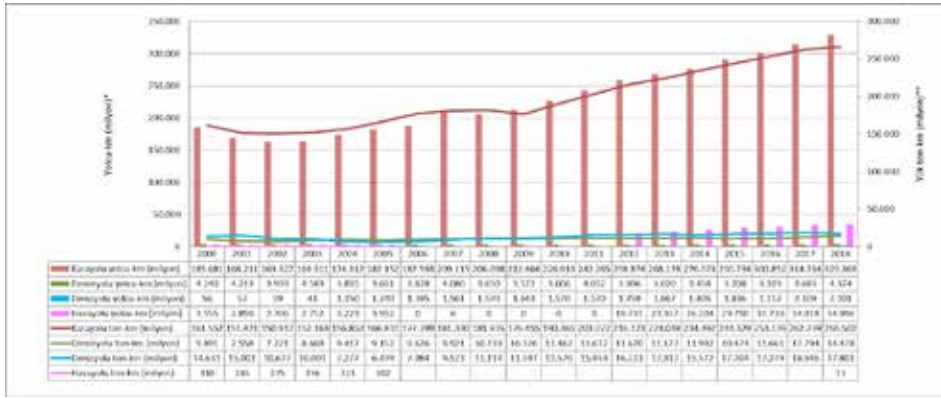
Ulaştırma sistemleri, başlıca işlevi olan yer değişimini sağlamasının yanında, ülkelerin sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan gelişimini sağlayan önemli bir unsurdur. Ayrıca ulaştırma sektörünün başta üretim, inşaat, turizm gibi sektörlerle olan yakın ilişkisi nedeniyle, ülkelerin kalkınmaları açısından da oldukça önem taşımaktadır. İyi planlanmış bir ulaştırma sistemi doğal kaynakların verimli bir biçimde kullanılmasının yanı sıra, ürün ve hizmetlerin hızlı dağıtılmasını, dolayısıyla da ticaretin gelişimini sağlayacak unsurların başında gelmektedir (Akgüngör ve Demirel, 2004).

Ulaştırma sektörü, taşınan ya da ulaşımı sağlanan varlığın niteliğine göre, yolcu ya da yük ulaşımı adında iki temel alana ayrılmaktadır. Yük ulaşımı taşınan ürünlerin istenilen yere, istenilen zamanda ve istenilen koşullarda iletilmesini hedeflemektedir. Yapısı gereği ulaştırma talebi türetilmiş bir taleptir. Diğer bir deyişle, insan ya da yüklerin ulaşım ihtiyacı, başka bir takım ihtiyaçlarının sağlanmasından doğan bir ihtiyaçtır. Bu nedenle, ulaşım arzı, ulaşım talebinin gerçekleştiği zamanlarda sunulması gereken, üretilip depolanması mümkün olmayan bir hizmettir. Bu özellikleri nedeniyle de ürün ve diğer hizmet sektörlerinden farklılık göstermektedir.

Ulaştırma sistemleri, hareketin gerçekleştiği ortam göz önüne alındığında, karayolu, demiryolu, hava yolu, deniz yolu ve boru hattı sistemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Her bir sistem kendi içerisinde farklı bazı alt sistemleri içermektedir. Buna karşın sistemlerin tümünün ana işlevi farklı ulaşım seçenekleri sunmak temelinde, aynıdır. Bu nedenle ulaştırma sistemlerinin temel hedefi güvenli ve verimli bir ulaştırma hizmeti sunmaktır. Ulaştırma sistemlerinin verimliliği, birim yolcu ya da yükü birim uzaklığa taşıma maliyeti açısından değerlendirilmektedir. Güvenlik ise, herhangi bir kazaya karışma olasılığı ve kaza sonuçlarından etkilenme derecesi olmak üzere, aktif ve pasif güvenlik bazında

değerlendirilmektedir.

Türkiye’de hem yolcu hem de yük ulaşımı %90’lar oranında karayolu sistemleri ile gerçekleştirilmektedir (URL-1). Verimliliği düşük olan karayolu sisteminin ulaşımındaki payının artması, dolaylı olarak trafik kaza sayılarının da artmasına neden olmaktadır. Her ne kadar karayolu sistemlerinin pasif güvenliği diğer sistemlere göre daha yüksek olsa da, artan kaza sayıları, toplam kayıpların da daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, karayolu sistemleriyle yapılan yolcu-km ve yük-km miktarları da yıldan yıla artış göstermektedir (Şekil 1). Bu da Türkiye’nin ulaştırma sisteminin sürdürülebilirlik açısından sorgulanmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Ulaşım sistemlerinin yıllık yolcu-km ve ton-km miktarları (URL-1)

Her ne kadar talebin ulaştırma sistemlerine daha dengeli dağıldığı ülkeler bulunsa da, dünyanın birçok yerinde de karayolunun baskın ulaşım türü olduğu bir gerçektir. Bu nedenle ulaşımın daha güvenli ve daha verimli bir biçimde gerçekleşmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmaların başında ise sürücüsüz taşıtlar gelmektedir. Sürücüsüz araçlar “unmanned vehicle”, “autonomous car”, “uncrewed vehicle”, “driverless car”, “self driving car”, “robotic car” olmak üzere birçok farklı şekilde isimlendirilse de, bu araçların temel üretim amacının, insan unsurunu ortadan kaldırıp tam öz devinim (otomasyon) sağlanması olduğu için yaygın bir biçimde “otonom araç” (autonomous vehicle) olarak adlandırılmaktadır (İz, 2021).

Sürücüsüz araçlar üzerinde yapılan çalışmaların başlangıcı 1920'lere dayanmaktadır. Ancak bu alandaki önemli gelişmeler, özellikle bilgisayar, yazılım, elektronik ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu taşıtlar özellikle son yıllarda gerçek trafik koşullarında deneme sürüşleri gerçekleştirmiş ve işletilmeye başlanmıştır. Yakın gelecekte sürücüsüz taşıtların gündelik hayatımızda önemli bir yere sahip olacak ulaştırma teknolojilerinden birisi olduğu açıktır. Bu konuda oldukça fazla sayıda araştırma yapılmış ve teknolojik ilerlemeler sağlanmıştır. Bu ilerlemeler sayesinde sürücüsüz taşıtların gelecekte sürdürülebilir ulaşımına katkı sağlanması beklenmektedir.

Sürücüsüz taşıtlara ilişkin çalışmalar temelde karayolu sistemleri ve araçları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Ancak günümüzde demiryolu, havayolu ve deniz yolu sistemleri için de sürücüsüz araçlar geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Benzer şekilde sürücüsüz taşıtlara ilişkin çalışmaların ve yenilikçi gelişmelerin büyük çoğunluğu yolcu ulaştırmasına ilişkindir. Ancak, özellikle şehir içi kargo taşımacılığında yapılan atılımlar da göz ardı edilemez. Yük ulaşımı, ulaşım planlama ve trafik etüdü çalışmalarında değerlendirilmesi gereken ve önde gelen konulardan bir tanesidir. (Lindholm ve Behrends, 2012). Dolayısıyla, sürücüsüz kargo taşıtlarının trafik sıkışıklığının ve bunun sonucu oluşan karbon gazı salımlarının azaltılmasına fayda sağlayacağı beklenmektedir.

## 2. ŞEHİR İÇİ KARGO TAŞIMACILIĞINDA MEVCUT DURUM

Şehir içi kargo taşımacılığı günümüzde büyük oranda karayolu taşıtları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Gün boyu farklı göndericilerden toplanan ürünler, öncelikle bölgesel aktarma merkezlerinde toplanmakta ve bu gönderilerin farklı bölgelerdeki aktarma merkezlerine dağıtımı özellikle yolculuk talebinin düşük olduğu gece saatlerinde gerçekleşmektedir. Bölgesel aktarma merkezlerine ulaşan ürünlerin şubelere ya da dağıtım noktalarına yönlendirilmesi yine gece ya da sabahın erken saatlerinde gerçekleşmektedir. Ancak ürünlerin son kullanıcıya ya da tüketiciye ulaştırılması mesai saatleri içinde olmaktadır. Bu da özellikle zirve saatlerde trafik talebinin artmasına neden olmakta ve trafiğe ilave bir yük getirmektedir.

Kargo araçları, gün boyunca karayolu trafiğinde hareket ederek, trafik yoğunluklarını ve dolaylı olarak kaza riskini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra, dağıtım noktasına varan kargo araçları kısa bir süre bile olsa park etme gereksinimi duymaktadır. Özellikle otopark talebinin, otopark kapasitesini aştığı bölgelerde, kargo araçları park yeri bulamadıklarında, yaya kaldırımı üzerine park etme, ikinci sıra park yeri oluşturma ve hatta yolu tamamen kapatarak, yükleme/boşaltma ya da dağıtım gerçekleştirmekte, bu da hem yaya hem de motorlu taşıt trafiğine olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Sosyal ve çevresel sorumluluklarının bilincinde olan kargo firmaları, trafiğe ve çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çözümler geliştirmeye çalışmaktadır. Bu kapsamda özellikle egzoz gazı salınımlarını azaltmak amacıyla elektrikli araçlar, boyutu küçük olan yüklerin iletiminde tercih edilmeye başlanmıştır. Bunun yanı sıra, özellikle marketlere ürün sağlayan tedarikçiler COVID-19 salgınının da etkisiyle, daha küçük boyutta ve çok sayıda depo ya da dağıtım merkezi oluşturma stratejisine yönelip, son kullanıcılara motor kuryelerle hızlı gönderimler sağlamaya başlamıştır. Bu tedarik şirketleri, çeşitli yapay zeka teknolojileri ile geliştirilmiş en iyileme algoritmaları sayesinde hangi taşıtın hangi gönderileri gerçekleştireceğini belirlemekte ve hem taşıtların trafikte geçirdikleri zamanı, hem de yakıt tüketimleri ve egzoz gazı salınımlarını azaltmaktadır. Bunun yanı sıra, bu gönderilerin motosikletlerle yapılması da özellikle park yeri sorununu büyük oranda azaltmaktadır. Diğer bir taraftan da bazı firmalar daha da çevreci bir yaklaşım sergileyerek, taşıt filolarını elektrikli motosikletlerden oluşturmayı tercih etmeye başlamıştır.

### 3. GELİŞTİRİLEN YENİ TEKNOLOJİLER

İsveç'te yiyecek gönderisi yapmak amacıyla Doora isimli bir otonom araç geliştirildi. Bu robot, 20 kg yiyecek taşıma kapasitesine sahip ve 5G teknolojisi ile çalışıyor. Akıllı telefonlara indirilen bir uygulama ile çalışıyor. Kullanıcı, siparişini uygulama üzerinden verip, ürünlerini de uygulamasına gelen şifreyi robota girmek sureti ile teslim alabiliyor. Kullanıcı, gönderiler için herhangi bir kargo ücreti ödemiyor. Araç, 6 km/sa hız yapabiliyor ve aracın şarj süresi de 4 saat (URL-2).

Yukarıda sözü edilen Doora'ya benzer bir teknoloji de Japonya'da ZMP firması tarafından geliştirildi. Sözü edilen otonom gönderi aracının ismi DeliRo olup ofislerde belge ve kırtasiye ürünleri, evlere ise gıda ürünleri teslimatı yapabilmektedir. Bu araç da Doora gibi telefonlara indirilen uygulama aracılığı ile çalışıyor. Kullanıcılar, ürünlerini telefonlarındaki QR kodlarını DeliRO aracı üzerindeki okuyucuya okutarak teslim alabiliyorlar. Araç ayrıca çevresi ile dijital göz ve ses yardımı ile iletişim kurabiliyor ve merkezden kamera aracılığı ile takip edilebiliyor. (URL-3).

2014 yılında kurulan Starship şirketi, 6 km çap içerisinde ürün ve yiyecek taşıyabilen otonom araçlar geliştirdi. Araçlar yaya hızında hareket ediyor, yolculuk esnasında karşısına çıkan engel, insan ve objeleri tanıyabiliyor, çarpışma olmadan manevra yapabiliyor. Yukarıda sözü edilen diğer iki otonom araç uygulamasında olduğu gibi Starship de telefon uygulaması yardımıyla çalışıyor (URL-4). Şirketin 2024 yılına gelindiğinde 24 milyar dolar değerinde olacağı tahmin ediliyor. Şirket, ABD'deki bazı üniversitelerde hizmeti sunmaya başladı, ve diğer üniversitelerde kullanımı yaygınlaştırmak amacıyla şu ana kadar 17 milyon dolarlık bir fon sağladı (URL-5).

Zincir perakende pizza şirketi Domino's Pizza, Houston, Teksas'ta pizzalarının otonom şekilde teslimatı için Nuro adlı şirket tarafından geliştirilen otonom araçlarla deneme programına başladı. Diğer sistemler gibi bu teslimat da telefon uygulaması üzerinden şifre ile sağlanacak. Nuro'nun geliştirdiği araçlar 360° derece dönebilen kamera, ışık tespiti ve uzaklık tayini (LIDAR), uzak ve yakın radar ile ultrasonik sensör sistemlerine sahip. Bu sayede otonom şekilde navigasyonu sağlayabiliyor (URL-6 – 7).

Bu tür gönderi yapan otonom araçların yanı sıra diğer türlerde de otonomluk üzerinde çalışmalar sürmektedir. Almanya'da IAV'nin geliştirdiği "Cargobike" isimli otonom bisiklet, sürücüsü yaya olarak ilerlerken onu takip edebilmektedir. Bisiklet 3 tekerlekli olup bir cargo haznesi taşımaktadır. Otonom yapısı sayesinde sürücünün böylesine ağır olabilecek bir aracı sürmesine ve efor sarf etmesine gerek kalmamıştır. Proje, Alman Federal Ulaştırma ve Dijital Altyapı Bakanlığı'ndan destek fonu almıştır (URL-8).

Şehiriçi kargo teslimatında Amazon şirketi sürücüsüz hava araçları (drone) (UAV) ile atılımlarda bulunmuştur, ve ilk denemesini 2016 yılında yapmıştır. Şirket, UAV ile teslimatlar için İngiltere ve ABD'de yasal izinleri sağlamıştır. (URL-8). Zaman içerisinde bu teknolojinin yayılmasını hedeflemektedir. Bu-



nun haricinde UAV ile kargo taşınması için yasal izinler şu aşamada Singapur, Avustralya, İsviçre, İzlanda gibi bazı ülkelerde de sağlanmıştır. Şu an itibarı ile UAV kullanımıyla dört çeşit kargo taşımacılığı vardır: Parsel taşımacılığı, üretim tesislerinde tesis içi malzeme taşınması, tıbbi malzeme taşımacılığı, ve yüksek hacimli-uzun mesafeli yük taşımacılığı (URL-10).

Büyük yüklerin karayolunda taşınması konusunda da otonom kamyonlar geliştirilmiştir. Volvo, ağır yük taşımacılığının otonom olması konusunda ilk teknolojiyi geliştiren şirket olmuştur. “Vera” adı verilen otonom kamyonlar, bulut-tabanlı bağlantıyla kısa mesafeli, ancak büyük hacimli yük barından kargo seyahatleri için tasarlanmıştır (URL-11).

Volvo gibi İsveç’ten olan Einride şirketi de büyük yüklerin karayolunda taşınması için otonom kamyon teknolojisi geliştirmiştir. Bu araçlar uzaktan takip edilebilir olup elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Şirket, dört ayrı tasarım hazırlamış olup her bir çeşit farklı bölgede faaliyet gösterecektir: Çevresi kapalı ve kontrollü alanlar için, kısa mesafeli teslimatlar için, sınırlı trafikte olan yolculuklar için ve otoyollarda yüksek hızlı yolculuklar için (URL-12).

Havalimanlarında, uçak konteynerlerinin yüklenip boşaltılması konusunda otonom şekilde konteyner taşıyan bir teknoloji Aurigo firması tarafından geliştirildi. GPS ve LIDAR teknolojisi ile çalışan bu otonom araçlar ile yükleme ve boşaltma sürelerinin azaltılması, işletme maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Araçlar, aktif olarak Londra Heathrow Uluslararası Havalimanı’nda kullanılmaktadır (URL-13).

FedEx, otonom teknolojiler konusunda, bakir bölgelere kargo taşımacılığı için tek motorlu otonom uçak üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Üzerinde çalışılan uçak modeli Cessna C208 tipi olup, erişimi zor, nüfusu düşük olan bölgelere teslimat yapmayı, ancak uçak filosunun geri kalanını yakın bir gelecekte otonom yapmamayı planlamaktadır. Uçağın 227 kg yük kapasitesine sahip olacağı belirtilmektedir. (URL-14). Şirket ayrıca 2019 yılında yukarıda bahsedilen Doora ve DeliRo gibi son kullanıcıya teslimat yapabilen otonom robot da geliştirdi (URL-15).

Denizde kuru yük taşımacılığında da otonom teknolojiler geliştirilmeye başlanmıştır. MacGregor isimli şirket, kuru yük gemilerine, yüklerin yüklenmesi-boşaltılması için otonom vinç teknolojisi üzerinde çalışmaktadır. Bu sayede, işlemlerin süresinin azaltılması, dolayısıyla da verimliliğin artırılması hedeflen-

mektedir (URL-16).

Deniz taşımacılığında otonom teknoloji sadece vinçlerle sınırlı değil. Çin’de ilk otonom gemi 2017 yılında geliştirdi ve 2019 yılında üretimi tamamlandı. Bu gemiyle beraber üretici şirket Yunzhou Tech, gemi inşaat ve işletme maliyetlerini %20 ve yakıt tüketimini de %15 azaltmayı hedefliyor (URL-17). Japonya’da ise NYK isimli şirket ilk otonom gemi seyahat denemesini Çin’in Xinsha limanından Japonya’nın Nagoya, oradan da Yokohama şehrine yaptı (URL-18).

Otonom kargo taşımacılığında yerli girişimler de söz konusudur. Bizero Robotics isimli şirket, PİKA isimli robot ile ilk ürün teslimatını Boğaziçi Üniversitesi’nde yaptı. Bu araç, yurtdışındaki benzer teknolojilerden farklı olarak yarı-otonom bir teknolojiye sahip: Bir pilot, uzaktan 5 robota kadar kontrol sağlayabiliyor. Aracın 100 km menzili var ve bataryası değiştirilebilir özellikte. Kendi başına maksimum 30 kg, çekme römorku bağlandığında 500 kg’a kadar yük taşıyabiliyor (URL-19).

#### **4. GELECEKTE GELİŞTİRİLMESİ BEKLENEN TEKNOLOJİLER**

Gelecekte de şu an geliştirilen otonom teknolojilerin daha da geliştirilmesi beklenebilir. Buna örnek olarak, DHL’in hazırladığı bir raporda otonom hareket eden parsellerden söz edilmektedir. Parsel büyüklüğündeki otonom araçlar, bir kamyon tarafından indirildikten sonra sürü (swarm) teknolojisi yardımıyla kendi yollarını bulabilir ve taşıdıkları parselleri kullanıcıya teslim edebilirler. Ayrıca bu parsellerin güvenliği de GPS yardımı ile sağlanabilir (URL-20).

Gelecekte geliştirilmesi beklenen bir başka otonom kargo taşımacılığı teknolojisi de zeplin biçiminde olan uçan antrepolar. Walmart ve Amazon şirketlerinin bu konuda patent alma girişimleri olmuştur. Bu zeplinlerden çıkacak UAV’lerin teslimat yapacağı düşünülmüştür. Ancak bu teknolojinin hemen hayata geçeceği beklenmemelidir; zira ABD’de Federal AHavacılık İdaresi (FAA), şu anda UAV’lerin herhangi bir hava aracından çıkmasına izin vermemektedir (URL-21).

Günümüzde üzerinde çalışılmakta olan Hyperloop teknolojisi ile gelecekte

yük taşımacılığı planları da mevcuttur. Hyperlopp'un kullandığı elektrik enerjisi sayesinde yük taşımacılığının daha sürdürülebilir olması hedeflenmektedir (URL-22).

İnsanoğlunun Mars'a seyahat planları ve projeleri düşünüldüğünde de Dünya ile Mars arasındaki yük taşımacılığının da nasıl olacağı uzun vadede merak konusudur.

## 5. SÜRÜCÜSÜZ YÜK TAŞIMACILIĞI KONUSUNDA DEĞERLENDİRİLMESİ GEREKEN KONULAR

Her ne kadar sürücüsüz taşıtlar günümüz ulaştırma sistemlerine işlemeye başlasa bile, mevcut durumda bu taşıtlara ilişkin yasal mevzuatlarda pek çok boşluk bulunduğu göze çarpmaktadır. Her ne kadar sürücüsüz taşıtlar güvenlik ön planda tutularak geliştirilmekte olsalar da karışıkları trafik kazaları, henüz bu güvenliğin istenilen düzeye olmadığını gözler önüne sermektedir (URL-23 – URL-27). Gelecekte sürücüsüz taşıtların çok daha güvenli olacakları düşünülse de sıfır risk ya da sıfır kaza gibi bir olasılık söz konusu değildir. Bu, birtakım etik tartışmaları da doğurmaktadır. Örneğin, bir sürücüsüz taşıtın önüne bir çocuk çıktığında ve sürücüsüz taşıt çarpmadan duramayacağını algıladığında nasıl bir karar almalıdır? Eğer çocuğa çarpmanın alternatifi, direksiyonu kırmak suretiyle, bu kez daha fazla sayıda yetişkinin bulunduğu bir bölgeye girerek, bu kişilere çarpma riskini almak ise, sürücüsüz taşıt nasıl davranmalıdır? Bu konu, temelde pek çok alandan uzmanların üzerinde tartıştığı konulardan bir tanesidir.

Sürücüsüz taşıtlar ve karışıkları kazalara ilişkin bir diğer sorun da, gerçekleşen kazalarda, kusur oranının kimde olduğuna karar verilecek yöntemin belirlenmesidir. İnsan sürücülü araçların karıştığı kazalarda kusur sürücülerin her birinde, araçlarda, yayalarda ya da yolda bulunabilmektedir. Sürücüsüz araçlar söz konusu olduğunda ise, sürücü kusurları da araç kusurları altında değerlendirilebilecektir. Ancak, bir sürücüsüz aracın trafikte işlemlerini sağlayan pek çok unsur ya da diğer bir deyişle, kusur sahibi olabilecek bileşen bulunmaktadır. Aracın fiziki yapısını, kontrol sistemlerini, bunu sağlayan LIDAR gibi uzaktan algılama donanımları, hareket kurallarını içeren yazılımları, diğer araçlarla, altya-

pyla ya da çevreyle iletişimi sağlayan yazılımları geliştiren unsurlar birbirinden farklıdır. Bunun yanı sıra, herhangi bir bileşenin geliştirilmesinde birden fazla sorumlu kişi ya da kuruluş da bulunabilmektedir. Herhangi bir kazada kusurun hangi oranda ve kimde olacağını açık bir biçimde belirleyecek kural, kanun ve yönetmeliklere gereksinim bulunmaktadır.

Sürücüsüz taşıtların güvenliğine ilişkin bir diğer önemli konu ise siber güvenlidir. Bu taşıtların çeşitli iletişim sistemleri ve protokolleri kullanılarak diğer araçlarla (vehicle to vehicle – V2V), altyapıyla (vehicle to infrastructure – V2I) ve çevreyle (vehicle to everything – V2X) haberleşecekleri açıktır. Bu nedenle de sistem dışından, özellikle de art niyetli müdahalelere açık olabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar bu sistemlerde gelişmiş ve güvenli iletişim protokolleri kullanılacağı düşünülse de, en gelişmiş güvenlik sistemlerinin ya da kuruluşların internet korsanları tarafından siber saldırıya uğrayabildikleri de günümüzde sıkça rastladığımız bir durumdur. Dolayısıyla sistemdeki tek bir taşıtın bile işletim sistemini etkileyecek bir siber saldırı, ulaştırma sisteminin tamamen etkilenmesini bile sağlayabilecek bir soruna neden olabilir.

Özellikle yük ulaşımında kullanılan sürücüsüz taşıtlar göz önüne alındığında, karşılaşılabilecek bir diğer sorun ise, ulaşımı sağlayan taşıtların fiziksel güvenliğinin sağlanmasıdır. Özellikle küçük boyutlu araçlar, hem taşıdıkları yükün, hem de taşıtların kendilerinin çalınması ya da fiziki bir zarar görmesi riski taşıyacaklardır. Alarm ya da GPS gibi takip sistemleri ile hırsızlık riskinin azaltılabileceği düşünülse de, fiziki bir zarar riski belki de öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken bir konu olmalıdır.

Sürücüsüz taşıtlar her ne kadar gündelik hayatımıza girmeye başlamış olsa da, trafiğin tamamen sürücüsüz taşıtlardan oluşmasının en erken 2050 yılında (Milakis, vd., 2015), hatta bazı araştırmacılara göre 2070 yılında (Abraham, 2015) olması; böylelikle uzun bir süre sürücülü ve sürücüsüz taşıtların trafikte birlikte işletilmeleri beklenmektedir. Bu durumda, özellikle yük ulaşımında kullanılacak farklı taşıtların ve sistemlerin, mevcut ulaştırma sistemleri ile eşgüdüm (entegrasyon) içinde çalışmaları gerekecektir. Bu eşgüdümün nasıl, ne ölçekte ve ne boyutta sağlanacağı da uzun bir süre yük ulaşımındaki verimliliği etkileyecek bir unsur olacaktır.

Sürücüsüz taşıtların, özellikle de yük ulaşımında kullanılan taşıtların park olanakları da üzerinde durulması gereken konulardan bir tanesidir. Özellikle son kullanıcıya yapılan gönderilerde kısa mesafelerde bu iletimin drone ya da kü-

çük boyutlu araçlarla yapılması, park yeri ve alanı gereksinimini azaltacaktır. Bu amaçla mahalle gibi temel yerleşim yerleri ölçeğinde sürücüsüz taşıt park alanları oluşturulması ve son kullanıcıya iletimin bu merkezlerden yapılması akılcı bir çözüm olarak görünmektedir.

Ulaştırma sistemleri tarih boyunca kültürel yapılardan ve etkileşimlerden büyük oranda etkilenmişlerdir. Bu nedenle bazı kültürlerde vazgeçilmez olarak görülebilen sistem ya da taşıtlar, başka kültürler tarafından benimsenmeyebilmekte ya da tamamen göz ardı edilebilmektedir. Sürücüsüz araçların da farklı toplum ya da kültürler tarafından ne denli benimseneceği konusu da üzerinde tartışılmakta olan bir konudur. Bu sistemlerin yapısı gereği sağlayacakları dönüşüm sayesinde, araç sürücüleri, muavinler, bilet satış elemanları gibi bazı iş kollarına gereksinim kalmayacağı ve bu kişilerin işsizlik oranlarını arttıracacağı sıklıkla değinilen bir konudur. Ancak diğer taraftan, sürücüsüz araçların, bunları içeren ulaşım sistemleri ve hizmetlerinin tasarımı, yapımı ve özellikle de işletilmesinde çok sayıda, daha nitelikli iş gücüne ihtiyaç bulunacaktır. Bu da toplumlardaki iş gücü yapısının evrime uğrayacağını göstermektedir. Bu nedenle daha nitelikli iş gücüne sahip toplumlarda sürücüsüz ulaşım sistemlerinin benimsenmesinin daha çabuk gerçekleşeceği düşünülebilir.

## 6. SONUÇ

Sürücüsüz taşıtlar son yıllarda trafikte işletilmeye ve gündelik hayatımıza katılmaya başlamıştır. Her ne kadar büyük oranda yolcu ulaşımı amacıyla geliştiriliyor olsa da, sürücüsüz taşıtların yük ulaşımında da önemli bir dönüşüm yaratacağı bir gerçektir. Ancak bu dönüşüm gecedен sabaha, bir anda gerçekleşmeyecek, trafiğin tamamen sürücüsüz araçlardan oluşmasına değin belirli bir süre geçecektir. Bu süre boyunca da hem sürücülü hem de sürücüsüz taşıtlar trafikte birlikte hareket gerçekleştireceklerdir.

Sürücüsüz taşıtlardan beklenen güvenlik ve verim faydalarının sağlanabilmesi için, sürücüsüz araçların yanı sıra, bu araçların hizmet vereceği ortamın özelliklerinin de doğru bir biçimde saptanması şarttır. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında sürücüsüz yük ulaşımı için geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan araçların temel özellikleri incelenmiş, bu araçlardan beklenen faydaların sağlanabil-

mesi için önleyici (proaktif) bir yaklaşım ile çözülmesi gereken olası sorunlara ilişkin konular irdelenmiştir. Önümüzde 30 ila 50 yıllık bir geçiş sürecinin olduğu düşünüldüğünde, bu sorunların farklı paydaşların katılımı ve eşgüdümüyle geliştirilecek çözümler geliştirilmesi ve bu çalışmalara zaman geçirilmeden hız verilmesinin oldukça önemli olduğu açıktır.

## KAYNAKÇA

- Abraham, Z. 2015. Identifying the Optimal Highway Driving Conditions for the Integration of Manned and Autonomous Vehicles. ABD: Massachusetts Institute of Technology.
- Akgüngör, Ali Payidar, Demirel, Abdülmuttalip. 2004. "TÜRKİYEDEKİ ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE ULAŞTIRMA POLİTİKALARI" PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ Vol 10(3), 423-430.
- İz, Hikmet Gamze. 2021. "SÜRÜCÜSÜZ KARAYOLU TAŞITLARININ İSTANBUL TRAFİĞİNDE BEKLENEN DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lindholm, Maria & Behrends, Sönke. 2012. "Challenges in urban freight transport planning – a review in the Baltic Sea Region," Journal of Transport Geography, Elsevier, vol. 22(C), 129-136.
- Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, B., Correia, G.H.A. 2015. Development of Automated Vehicles in the Netherlands Scenarios for 2030 and 2050. Hollanda: TUDelft.
- URL-1: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turlerine-gore-tasinan-yolcu-ve-yuk-miktari-i-85789>. Erişim tarihi: 02.04.2021.
- URL-2: <https://www.5gradar.com/news/meet-doora-the-5g-delivery-droid-rolling-through-the-streets-of-sweden>. Erişim tarihi: 01.04.2021.
- URL-3: <https://www.zmp.co.jp/en/products/lrb/deliro>. Erişim tarihi: 04.04.2021.
- URL-4: <https://www.starship.xyz/>. Erişim tarihi: 07.04.2021.
- URL-5: <https://venturebeat.com/2021/01/27/starship-raises-17-million-to-send-autonomous-delivery-robots-to-new-campus/>. Erişim tarihi: 09.04.2021.
- URL-6: <https://www.cnbc.com/2021/04/12/dominos-pizza-pilots-driverless-delivery-with-nuro-in-houston.html>. Erişim tarihi: 07.04.2021.
- URL-7: <https://www.nuro.ai/>. Erişim tarihi: 07.04.2021.
- URL-8: <https://innovationorigins.com/autonomous-cargo-bike-follows-its-rider-around-independently/>. Erişim tarihi: 07.04.2021.
- URL-9: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>. Erişim tarihi: 08.04.2021.

- URL-10: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Cargo-drones-The-future-of-parcel-delivery.html>. Erişim tarihi: 02.04.2021.
- URL-11: <https://www.cargo-partner.com/trendletter/issue-13/volvo-vera>. Erişim tarihi: 02.04.2021.
- URL-12: <https://www.einride.tech/>. Erişim tarihi: 05.04.2021.
- URL-13: <https://www.themanufacturer.com/articles/aurigo-makes-breakthrough-driverless-pods-technology/>. Erişim tarihi: 06.04.2021.
- URL-14: <https://www.supplychainedive.com/news/fedex-reliable-robotics-autonomous-cargo-planes/585839/>. Erişim tarihi: 10.04.2021.
- URL-15: <https://www.supplychainedive.com/news/fedex-autonomous-same-day-delivery-bot-last-mile/549341/>. Erişim tarihi: 12.04.2021.
- URL-16: <https://www.macgregor.com/Products/products/cargo-cranes2/autonomous-discharging-crane/>. Erişim tarihi: 12.04.2021.
- URL-17: <https://www.seatrade-maritime.com/technology/chinas-first-autonomous-cargo-ship-makes-maiden-voyage>. Erişim tarihi: 13.04.2021.
- URL-18: <https://www.seatrade-maritime.com/asia/nyk-completes-world-s-first-autonomous-ship-trial-voyage-china-japan>. Erişim tarihi: 10.04.2021.
- URL-19: <https://egirisim.com/2021/01/29/yerli-girisim-bizeronun-urettigi-otonom-teslimat-robotu-pika-ilk-musterisine-urunu-ulastirdi/>. Erişim tarihi: 09.04.2021.
- URL-20: [https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_self\\_driving\\_vehicles.pdf](https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf). Erişim tarihi: 12.04.2021.
- URL-21: <https://thecounter.org/amazon-walmart-drone-warehouse-patents/>. Erişim tarihi: 11.04.2021.
- URL-22: <https://www.dpworld.com/smart-trade/cargospeed>. Erişim tarihi: 09.04.2021.
- URL-23: <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/surucusuz-tesla-kaza-yapip-yandi-2-kisi-hayatini-kaybetti,6HjU-Fwn1kGJNHjeqBwDOA>. Erişim tarihi: 11.04.2021.
- URL-24: <https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2016/INCLA-PE16007-7876.PDF>. Erişim tarihi: 11.04.2021.
- URL-25: [https://www.instituteforlegalreform.com/uploads/sites/1/Torts\\_of\\_the\\_Future\\_Repackage\\_Update051418\\_Web.pdf](https://www.instituteforlegalreform.com/uploads/sites/1/Torts_of_the_Future_Repackage_Update051418_Web.pdf). Erişim tarihi: 10.04.2021.
- URL-26: <https://www.forbes.com/sites/meriamberboucha/2018/05/28/uber-self-driving-car-crash-what-really-happened/#dc096224dc41>. Erişim tarihi: 11.04.2021.
- URL-27: <https://www.forbes.com/sites/greggardner/2019/03/06/uber-wont-face-charges-in-fatal-arizona-crash-but-prosecutor-urges-further-probe/#68f72ff5475a>. Erişim tarihi: 11.04.2021.



## 9. BÖLÜM

# KÜRESEL SALGIN DÖNEMİNDE DEĞİŞEN SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ UYGULAMALARI

**Damla Su KARADOĞAN**

*Fenerbahçe Üniversitesi*

**Dr. Öğretim Üyesi Saliha KARADAYI USTA**

*Fenerbahçe Üniversitesi*

### ÖZET

Sürdürülebilir tedarik zinciri (STZ) kapsamında COVID-19 küresel salgınına kadarki dönemde döngüsel ekonomi, yeşil tedarik zinciri, tersine akış, kapalı-döngü gibi kavramlar, modeller ve uygulamalar literatürde geniş yer alırken, pandemi döneminde STZ çalışmalarının odağına tedarik zinciri risk yönetimi, beklenmedik durum planlama, aksama ve kesinti yönetimi oturmuştur. Tedarik zincirlerinin çevre bilinci ile doğa ve gelecek dostu bir şekilde sürdürülebilirliğinden ziyade, tedarik ağlarının en az zararlı “sürdürülebilmesi” söz konusudur. Dolayısıyla bu çalışma, çeşitli araştırma soruları belirleyerek sistematik yayın taraması yoluyla küresel salgın döneminde yayınlanan STZ çalışmalarından anlamlı sonuçlar çıkarmayı amaçlamaktadır. Döneme özgü STZ araştırmalarının kullandıkları yöntemlerin ve bulguların sistematik kaydı sayesinde bu zor zamanların aşılmasında faydalanılabilecek çözüm önerileri tespit edilmiş, kullanılabilir araçlar listelenmiş, örnek teşkil edebilecek stratejiler ve uygulamalar netleştirilmiştir. Böylelikle hem kavramsal anlamda literatürün güncel seyrinin ortaya konması açısından katkı sağlanmış, hem de sektör yetkililerine pratikte kullanabilecekleri çözüm önerileri listelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilir Tedarik Zinciri, Tedarik Zinciri Risk Yönetimi, Sistematik Yayın Taraması.

## GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, işin ve tedarik zincirinin yapısına göre farklı anlamlar kazanabilen ve “gelecek nesillerin, kendi ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri kapasiteden ödün vermeden mevcut ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri” olarak tanımlanmakta; sosyal, çevresel ve ekonomik üç başlık altında incelenmektedir. Kurumların daha sürdürülebilir süreçler ve uygulamalar için çaba göstermeleri açısından, çevreye zarar verme pahasına hızlı kar etme duygusundan vazgeçme bakımından her dönemde ve koşulda önem teşkil etmektedir. Sürdürülebilirlik çabası sadece çevreye yardımcı olmakla kalmayıp firmalar için daha iyi bir marka imajı, daha düşük maliyetler, daha mutlu paydaşlar ve daha yüksek verimlilik sağlamaktadır (Plug and Play Tech Center, 2021; İnfoloji, 2019).

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi; ekonomik, çevresel ve toplumsal boyuta dayalı olarak müşterilerinde dahil olduğu tüm paydaşların gereksinimlerini karşılayan, daha esnek süreçlerin oluşmasını sağlayan, çevreci paketleme gerçekleştiren, termin sürelerini azaltan, kurumun gerek müşteri gerekse toplumdaki itibarını yükselten bir yönetim çerçevesidir (Sigmacenter, 2020).

Sürdürülebilir tedarik zinciri (STZ) kapsamında COVID-19 küresel salgınına kadarki dönemde döngüsel ekonomi, yeşil tedarik zinciri, tersine akış, kapalı-döngü gibi kavramlar, modeller ve uygulamalar literatürde geniş yer alırken, pandemi döneminde STZ çalışmalarının odağına tedarik zinciri risk yönetimi, beklenmedik durum planlama, aksama ve kesinti yönetimi oturmuştur. Tedarik zincirlerinin çevre bilinci ile doğa ve gelecek dostu bir şekilde sürdürülebilirliğinden ziyade, tedarik ağlarının en az zararlı “sürdürülebilmesi” söz konusudur.

COVID-19 küresel salgını ile 2020 yılı özellikle tedarik zinciri risk yönetiminin etkin olarak ortaya çıktığı bir dönem olmuştur. Çeşitli ülkeler ve firmalar farklı önlemler almış, korumacı adımlar atmış, fakat yetersiz kalmıştır. “Extreme supply chain” şeklinde tabir edilen olağan dışı olaylar zinciri meydana gelmiştir. Örneğin, ventilatör üretimi gibi proje tabanlı tedarik zincirleri hayata geçirilmiş, rakiplerle kapasite ve kaynak paylaşımı söz konusu olmuştur (Sodhi ve Tang, 2020).

Tedarik zinciri yönetiminde yıllar boyunca deneyim edilen zorlukların karşılaştığı alanlar; talep, tedarik, dağıtım kanalının stabil olması, çalışan temini, siparişin anlık takibi, jeopolitik durağanlık, serbest ticaret, tedarik zinciri kalıcılığı ve stabil finansal akış şeklinde olmuştur (Tang, 2006; Cohen & Lee, 1988, Cachon, 2003; Manhart vd., 2020; Busse, 2016). COVID-19 ile tüm bu unsurlarda aynı anda sorun oluşmuş, tedarik zinciri pek çok noktadan kırılmıştır.

Bu araştırmanın amacı, çeşitli araştırma soruları belirleyerek sistematik yayın taraması yoluyla küresel salgın döneminde yayınlanan STZ çalışmalarından anlamlı sonuçlar elde etmektir. Döneme özgü STZ araştırmalarının kullandıkları yöntemlerin ve bulguların sistematik kaydı sayesinde bu zor zamanların aşılmasında faydalanılabilecek çözüm önerileri tespit edilmiş, kullanılabilecek araçlar listelenmiş, örnek teşkil edebilecek stratejiler ve uygulamalar netleştirilmiştir.

Takip eden bölümlerde sistematik yayın taraması, bulgular ve sonuçlara yer verilmiştir.

## SİSTEMATİK YAYIN TARAMASI

Sistematik yayın taraması bilimsel ve önceden planlanmış bir süreç izleyerek, ilgili çalışmaların kapsamlı incelenmesi yoluyla, açık, net, tekrarlanabilir kriterleri gözden geçirerek kişisel görüş ve tutumları en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Cook vd., 1997; Briner ve Denyer, 2012). Bu çalışma, Okoli ve Schabram (2010) tarafından öne sürülen sistematik yayın taraması adımlarını benimsemektedir. Bu adımlar her araştırma için aynı olmayıp, araştırmanın yapısına göre şekillenmektedir. Tablo 1’de, sistematik yayın taramasının ana adımlarına yer almaktadır.

Sistematik yayın taramasının arka planında STZ çalışmalarında neler yapıldığı sorusu bulunmaktadır. Buna göre çalışmanın ele aldığı araştırma soruları:

1. Makaleler ağırlıklı olarak hangi dergilerde yayınlanmıştır?
2. Makalelerin veri toplamada ve analizde kullandığı yöntemler nelerdir?
3. Hangi sektörler ele alınmaktadır?
4. Çalışmaların bulguları ne olmuştur?

5. Ne gibi çözüm önerileri sunulmuştur?
6. Çözümlerin uygulamasında ne tip araçların kullanımı önerilmiştir?  
şeklindedir.

**Tablo 1. Sistematik Yayın Taraması Adımları.**

#	Adımlar	Aşamalar
1	Yayın taramasının arka planı ve mantığı	Planlama
2	Araştırma sorularının belirlenmesi	
3	Arama kriterlerinin tanımlanması	
4	Literatürün taranması	Uygulama
5	İlgili çalışmaların seçilmesi	
6	Veri elde etme	
7	Verinin analizi ve sentezlenmesi	Raporlama
8	Bulguların sunulması	
9	Sonuç çıkarımı	

İlk arama kriteri (“sustainability” VEYA “sustainable”) anahtar kelimeleri şeklinde olup, Elsevier, Emerald, IEEE, Springer, Sage, Taylor & Francis, Wiley-Blackwell gibi yayıncıları içeren Scopus veri tabanında bu kelimeleri içeren yayınlar ele alınmış, 2020 ve 2021 yıllarında yayınlanmış 20 Mart 2021 tarihinde 105170 dokümana ulaşılmıştır. Bu dokümanların %70’i makalelerden, %15’i bildirilerden, %8.5’i yayın taramasından, %3’ü kitap bölümünden ve kalan kısım ise editoryal metinlerden, mektup ve notlardan oluşmaktadır. Sürdürülebilirlik konusunda en çok çalışma yapan ülkeler ise Çin, ABD, Hindistan, Birleşik Krallık, İtalya, Almanya, Avustralya, İspanya, Endonezya ve Kanada şeklinde sıralanmaktadır. Araştırmaların yayınlandığı kaynaklar ise Sustainability (Switzerland) dergisi, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science kongresi, Journal of Cleaner Production dergisi, E3s Web of Conferences kongresi ve Springer kitap serisi Advances in Intelligent Systems and Computing şeklindedir. Çalışmaları destekleyen kurumların başında ise Chinese Academy of Sciences, Ministry of Education China, University of Chinese Academy of Sciences, Centre National de la Recherche Scientifique, Wageningen University & Research gelmektedir. Benzer şekilde araştırmalara sponsor olan kurumların başında ise National Natural Science Foundation of China, Fundamental Research Funds for the Central Universities, European Commission, European Regional

Development Fund, National Science Foundation gelmektedir. Bu araştırmaların %18.4'ü çevre bilimleri alanında, %11.5'i sosyal bilimlerden, %10.6'sı mühendislikten, %10'u enerji bilimlerinden, %6.6'sı tarım ve biyolojiden, %5.2'si işletme, yönetim, muhasebe alanından sağlanmıştır. Endüstri mühendisleri hem mühendislik, hem çevre bilimi, hem enerji, hem işletme, hem de sosyal bilimler alanlarına katkıda bulunmuştur.

Endüstri mühendisliği özelinde yapılan tarama sonucunda sürdürülebilirlik konusunda 3990 dokümana ulaşılmıştır. Bu rakam toplam çalışmanın %4'üne denk gelmektedir. Ükelere göre çalışma sayıları sıralandığında, Türkiye de öne çıkan ülkelerden biri olmuştur.

İkinci arama kriteri olarak (“sustainability” VEYA “sustainable”) VE (“supply chain” VEYA “supply network” VEYA “value chain”) anahtar kelimeleri taranmış, 2020 ve 2021 yıllarından 1170 doküman elde edilmiştir. Özellikle endüstri mühendisleri tarafından yayınlar detaylı incelenmiş ve belirlenen araştırma sorularına cevap aranmıştır.

İlk araştırma sorusunun cevabı araştırıldığında, makalelerin ağırlıklı olarak,

- Sustainability
- Science of the Total Environment
- Sustainable Production and Consumption
- Resources, Conservation & Recycling
- World Development
- Journal of Cleaner Production
- Sustainability Accounting, Management and Policy Journal
- International Journal of Operations & Production Management

dergilerinde yayınlandığı görülmektedir.

İkinci araştırma sorusuna cevaben makalelerin analizinde ve veri toplamada faydalanılan yöntemler incelendiğinde,

- Literatür taraması, kişisel gözlemler, incelemeler ve sonucunda çıkarımlar
- Büyük veri analitiği ile çıkarımlar

- Sektör raporlarının ve yapılan anketlerin analizi, betimleyici istatistiksel analizler
- Senaryo analizleri, vaka analizleri
- Sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesinde Pareto analizi
- Kriter ağırlıklandırma teknikleri (AHP - Analitik Hiyerarşi Süreci - Analytic Hierarchy Process, SWARA-Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri (TOPSIS, VIKOR) kullanımıyla, sürdürülebilir tedarik zincirini mümkün kılan tedarikçilerin sıralanması
- Sürdürülebilirliği mümkün kılan unsurların analizinde Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (ISM – Interpretive Structural Modeling, AHP, DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) ile faktörler arası ilişkilerin belirlenmesi
- Sürdürülebilirliği zorlaştıran değişkenlerin beklenmedik durum teorisi (contingency theory) temel alınarak, riski azaltmaya yönelik stratejilerle (risk mitigation strategy) aşılması tekniklerine başvurulduğu görülmektedir.

Üçüncü araştırma sorusuna cevaben COVID-19 döneminde sürdürülebilir tedarik zinciri çalışmalarında ele alınan sektörler incelendiğinde; gıda ve içecek, ilaç ve medikal ekipman, tarım, lojistik, üretim, geri dönüşüm tedarik zincirleri ve atık yönetimi ön plana çıkmaktadır. Malzemelerin taşınmasında ve stoklanmasında Endüstri 4.0 uygulamalarının ne kadar büyük bir ihtiyaç olduğu ortaya çıkmış, insanların makinelerle etkileşim halinde çalışmasının ve dijitalleşmenin faydaları vurgulanmış, 3 boyutlu yazıcıların kullanımı ile üretim yapabilmek de önem kazanmıştır. Ayrıca, tekstil/moda alışverişlerinde e-ticaret siteleri vasıtasıyla gerçekleşen hızlı tüketimin yavaşlatılmasına yönelik farkındalık hareketleri başlamış, hayatta kalmak için esas gereksinimlere odaklanma yönünde bilinç geliştirilmiştir. Enerji sektöründe artan elektrik tüketimi dolayısıyla temiz enerjinin hayati önemi bir kez daha gündem oluştururken, insanların evde kalması dolayısıyla azalan ulaşım ihtiyaçları ile yakıt tüketimi de en aza inmiş, doğal kaynakların tüketimi azalmıştır. Hizmet sektörü ise ağır darbe almış, özellikle turizm sektöründe, kafe ve restoranlarda hizmet sunumu tamamen durdurulmuştur. Benzer şekilde hava yolları ile ulaşım da durma noktasına gelmiş, sektörde bazı havayolu firmaları iflas etmiştir.

Dördüncü, beşinci ve altıncı araştırma soruları beraber ele alınmış; çalışmaların bulguları, önerilen çözümler ve çözümlerin uygulamasında kullanımı önerilen araçlar bir sonraki “bulgular” bölümünde detaylı açıklanmıştır.

## BULGULAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yaşanan krizlerle ilgili gözlemler ve çıkarımlar, sürdürülebilir üretim ve tüketime dikkatleri bir kez daha çekmiştir. Yaşanan bu krizden öğrenilen en büyük ders ise tedarik zinciri risklerinin dikkatle yönetimi, kırılganlığın önlenmesi ve değişimle başa çıkabilme (resilience) olmuştur. Çevreyi / doğayı düşünerek, sağlığı ve ekonomiyi sürdürebilmek için *esneklik (flexibility)* sağlayan iş modelleri uygulanmalı, *dijitalleşme ve Endüstri 4.0* bu süreçte en önemli araç olarak kullanılmalı, *blokszincir (blockchain)* teknolojileri sayesinde döngüsel ekonomi mümkün kılınmalıdır (Nandi vd., 2021; Singh vd., 2021; Acioli vd. 2021).

*Bilgi ve iletişim teknolojilerinden* faydalanmak, özellikle de blokszincir uygulamalarını hayata geçirmek, sürdürülebilirliğin sağlanmasında anahtar vazifesi görmektedir (Li vd., 2021). Bu noktada blokszincire yapılan vurgulara istinaden, kavramın açıklanması ihtiyacı doğmaktadır. *Blokszincir* veya diğer adı ile *Dağıtılmış Hesaplar Teknolojisi* (Distributed Ledgers Technology, katılımcılar tarafından bağımsız olarak tutulan ve güncellenen veritabanı), kullanıcıların dağıtılmış bir ağ üzerinde bir sistemin durumunun ortak bir görünümünü kaydetmelerine ve paylaşımlarına olanak tanır. Blokszincir taraflar arası otomatik işlemlerde güven, şeffaflık, güvenilirlik, hız ve etkinlik oluşturmak için bir araç olarak yorumlanır (Meunier, 2018).

İş koşulları uygun olan sektörlerde *uzaktan çalışma* (remote working), uzaktan sağlık hizmeti (remote healthcare/telemedicine), uzaktan eğitim, otomasyon, nesnelerin interneti, büyük veri analitiği gibi uygulamalar bu dönemde bir ihtiyaç haline gelmiş, zincirin sürdürülmesi için yüksek çaba sarfedilmiştir. Özellikle medikal malzeme ve ilaçlarda *envanter planlama* ve tedarik aksamadan sürmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için *devlet politikalarının* paralel olarak güncellenmesi, ithalat ve ihracatta indirimlerin ve kolaylıkların sağlanması kritik önem arz etmiştir. Ayrıca kullanılan maskeler ve tek kullanımlık plastik malzemelerin *geri dönüşürülmesi* de yine önemli

bir husustur. Bir başka önemli nokta ise ihtiyaçların *sipariş vererek* sağlanması olup, sosyal mesafenin ve kalabalıktan uzak durmanın hayati önemi dolayısıyla güçlenen bir sektör oluşturmuştur. Bunların gerçekleştirilmesi içinse *yüksek işbirliği seviyelerinin, teknolojik imkanların, modüler tasarımların ve uzun vadeli planların* sağlanması gerekmektedir. Hastanelerde hareket edebilen duvarların tasarımı gibi *modülerlik / adapte edilebilirlik* örnekleri ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Ibn-Mohammed vd. 2021; Baena vd., 2020; Telukdarie, 2020; Mishra, 2021; Oh vd., 2020; Bhattacharyya ve Shreyash, 2021; Dente ve Hashimoto, 2020; Nordhagen vd., 2021; Oldekop vd., 2020; Majumdar vd., 2020; Borsellino vd., 2020; Francis, 2020; Sharma vd., 2020a; Sharma vd., 2020b; Rahman vd., 2021; Lahane ve Kant, 2021; Zhang vd., 2020; Farcas vd., 2021; Trivellas vd., 2020; Karmaker vd., 2021; Yadav vd., 2021; Galanakis vd., 2021; Kumar vd., 2021; Thulasiraman et al., 2021; Parashar ve Hait, 2021; Metwally vd., 2020; Cavallo vd., 2020; Chiaramonti ve Maniatis, 2020; Končar vd., 2020; Santos vd., 2021; Taqi vd., 2020; Norwood ve Peel, 2021; Sarkis, 2020; Schaltegger, 2020; Chiffolleau ve Dourian, 2020; Tseng vd., 2020; Rowan ve Galanakis, 2020; Rowan ve Laffey, 2021; Han vd, 2021; Khan vd., 2020).

Değişen koşullar ile zorlukların fırsata çevrilebilmesi için öneriler: Başarılı e-ticaret devlerinin karşısında ayakta kalabilmek için perakendecilerin, bu başarılı e-ticaret platformlarının altyapısını kullanması, bu kanallardan satış yapma; robotların / otomasyonun ve insan gücü kullanımının beraber gerçekleşmesi, Endüstri 4.0 uygulamalarının artırılması; mevcut tedarik zinciri “dağıtım kapasitesinin” kurulan işbirlikleri ile tıbbi malzeme ve ilaç taşınmasına tahsis edilmesi, geçici bir dönem için eldeki lojistik altyapısının medikal işbirlikleri için kullanılması; proje bazlı çalışarak döneme özgü yatırım ve üretim yapma (ventilatör ve maske üretimi, vb.) şeklindedir (Sodhi ve Tang, 2020).

## SONUÇ

COVID-19 öncesinde zaten şirketler tedarik zinciri konusunda endişelere sahip iken, küresel salgın ile birlikte bu endişelere ek zorluklarla karşılaşmıştır. İşletmeler ve toplumlar; normal üretim ve tüketim kalıplarının dışına çıkmış, e-ticaret gibi hızlı alışveriş sunan platformlara yönelim artmıştır. Bunun sonu-



cunda işletmeler alışılagelmiş tedarik zincirleriyle isteklere yetişemez duruma gelmiştir. Pandeminin patlak vermesiyle insanların daha çok kuru gıda (özellikle makarna), tuvalet kâğıdı veya hayvan mamaları gibi ürünlere bir anda daha fazla talep göstermesi ve depolama ihtiyaçları sonucunda stoklar tükenme noktasına gelmiştir. İşletmeler bu taleplere yetişebilmek için ellerindeki stokları daha hızlı kullanmaya başlamış, ancak o da kısa süre için de tükenmiştir.

COVID-19 gibi tüm dünyayı etkisi altına alan hastalıklar aniden gelişip çok hızlı bir şekilde normal hayat düzenini etkilediği için işletmelerin bu tip bir felakete hazırlık yapma şansı olmamıştır. Bu da işletmelere daima en kötü durum senaryosuna hazırlıklı olmaları gerektiğini bir kez daha göstermiştir.

İşletmelerin en kötü duruma hazır olabilmeleri ve normal zamanda da aslında işletmeyi daha iyi noktaya taşıyabilmeleri, rekabet ortamında dayanıklı kalabilmeleri için “sürdürülebilir” tedarik zinciri kavramıyla daha da iç içe olmaları gerekmektedir. Böylelikle tedarik zinciri şeffaflık kazanmaktadır. “Yerelleşme – çeviklik – dijitalleşme” (LAD: localization, agility, and digitization) hareketi sayesinde ve blokzincir kullanımıyla ekonomik anlamda potansiyel çözüm geliştirmek mümkündür. Blokzincir ile tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine kadar olan tüm adımlar dijital ortamda tutulmaka, doğru ve güvenilir bilgiye daha kolaylıkla ulaşılmakta, kriz zamanlarında ihtiyaç duyulan esneklik elde edilmektedir. Sürdürülebilir tedarik zinciri ve esneklik parametreleri, yalın tedarik zinciri uygulamalarına dâhil edilebilmektedir. Salgın sonrasında normale dönerken bu bulgular göz ardı edilmemelidir.

Ayrıca Endüstri 4.0 ile hayatımıza yeni yeni giren karanlık fabrika kavramı yani sadece makinaların çalıştığı fabrikalar, salgının daha fazla yayılmasını önlemek amacıyla işten çıkartılan personeller ile birlikte daha da yaygınlaşmış durumdadır. Makineleşen fabrikalarda insan faktörü azaldığı için hata oranı da düşeceğinden kalite ve verim artması da söz konusudur. Ancak bu durum, salgın dönemiyle işten çıkarmalar sebebiyle fakirleşen bir toplumu da meydana getirmektedir.

## KAYNAKÇA

- Acioli, C., Scavarda, A., & Reis, A. (2021). Applying Industry 4.0 technologies in the COVID-19 sustainable chains. *International Journal of Productivity and Performance Management*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2020-0137>
- Baena, B., Cobian, C., Larios, V. M., Orizaga, J. A., Maciel, R., Cisneros, M. P., & Beltran-Ramirez, J. R. (2020). Adapting food supply chains in Smart Cities to address the impacts of COVID19 a case study from Guadalajara metropolitan area. *2020 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ISC251055.2020.9239076>
- Bhattacharyya, S. S., & Thakre, S. (2021). Coronavirus pandemic and economic lockdown; study of strategic initiatives and tactical responses of firms. *International Journal of Organizational Analysis*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJOA-05-2020-2198>
- Borsellino, V., Kaliji, S. A., & Schimmenti, E. (2020). COVID-19 Drives Consumer Behaviour and Agro-Food Markets towards Healthier and More Sustainable Patterns. *Sustainability*, 12(20), 8366. <https://doi.org/10.3390/su12208366>
- Busse, C. (2016). Doing well by doing good? The selfinterest of buying firms and sustainable supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 52, 28-47.
- Cachon, G. (2003). Supply chain coordination with contracts. In A. G. de Kok, & S. Graves (Eds.), *Handbooks in operations research and management science*. Amsterdam: Elsevier.
- Cavallo, C., Sacchi, G., & Carfora, V. (2020). Resilience effects in food consumption behaviour at the time of Covid-19: perspectives from Italy. *Heliyon*, 6(12), e05676. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05676>
- Chiaromonti, D., & Maniatis, K. (2020). Security of supply, strategic storage and Covid19: Which lessons learnt for renewable and recycled carbon fuels, and their future role in decarbonizing transport? *Applied Energy*, 271, 115216. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115216>
- Chiffolleau, Y., & Dourian, T. (2020). Sustainable Food Supply Chains: Is Shortening the Answer? A Literature Review for a Research and Innovation Agenda. *Sustainability*, 12(23), 9831. <https://doi.org/10.3390/su12239831>
- Cohen, M. A., & Lee, H. L. (1988). Strategic analysis of integrated production-distribu-

- tion systems: Models and methods. *Operations Research*, 36, 216–228.
- Dente, S. M. R., & Hashimoto, S. (2020). COVID-19: A pandemic with positive and negative outcomes on resource and waste flows and stocks. *Resources, Conservation, and Recycling*, 161, 104979. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104979>
- Farcas, A. C., Galanakis, C. M., Socaciu, C., Pop, O. L., Tibulca, D., Paucean, A., Jimborean, M. A., Fogarasi, M., Salanta, L. C., Tofana, M., & Socaci, S. A. (2021). Food Security during the Pandemic and the Importance of the Bioeconomy in the New Era. *Sustainability*, 13(1), 150. <https://doi.org/10.3390/su13010150>
- Francis, J. R. (2020). COVID-19: Implications for Supply Chain Management. *Frontiers of Health Services Management*, 37(1), 33–38. <https://doi.org/10.1097/HAP.0000000000000092>
- Galanakis, C. M., Rizou, M., Aldawoud, T. M. S., Ucak, I., & Rowan, N. J. (2021). Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.002>
- Han, Y., Goetz, S. J., & Schmidt, C. (2021). Visualizing Spatial Economic Supply Chains to Enhance Sustainability and Resilience. *Sustainability*, 13(3), 1512. <https://doi.org/10.3390/su13031512>
- Ibn-Mohammed, T., Mustapha, K. B., Godsell, J., Adamu, Z., Babatunde, K. A., Akin-tade, D. D., Acquaye, A., Fujii, H., Ndiaye, M. M., Yamoah, F. A., & Koh, S. C. L. (2021). A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105169. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105169>
- İnfoloji (2019). Kurumsal Sürdürülebilirlik Nedir ve Neden Önemlidir? Erişim 24 Mart 2021. <https://infofoloji.com/kurumsal-surdurulebilirlik-nedir-ve-neden-onemlidir/>.
- Karmaker, C. L., Ahmed, T., Ahmed, S., Ali, S. M., Moktadir, M. A., & Kabir, G. (2021). Improving supply chain sustainability in the context of COVID-19 pandemic in an emerging economy: Exploring drivers using an integrated model. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 411–427. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.019>
- Khan, M. M., Akram, M. T., Janke, R., Qadri, R. W. K., Al-Sadi, A. M., & Farooque, A. A. (2020). Urban Horticulture for Food Secure Cities through and beyond COVID-19. *Sustainability*, 12(22), 9592. <https://doi.org/10.3390/su12229592>
- Končar, J., Grubor, A., Marić, R., Vučenović, S., & Vukmirović, G. (2020). Setbacks to IoT Implementation in the Function of FMCG Supply Chain Sustainability during COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 12(18), 7391. <https://doi.org/10.3390/>

[su12187391](#)

- Kumar, A., Mangla, S. K., Kumar, P., & Song, M. (2021). Mitigate risks in perishable food supply chains: Learning from COVID-19. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120643. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120643>
- Lahane, S., & Kant, R. (2021). Evaluation and ranking of solutions to mitigate circular supply chain risks. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 753-773. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.034>
- Li, C. Z., Chen, Z., Xue, F., Kong, X. T. R., Xiao, B., Lai, X., & Zhao, Y. (2021). A blockchain- and IoT-based smart product-service system for the sustainability of pre-fabricated housing construction. *Journal of Cleaner Production*, 286. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125391>
- López Santos, Y., Sánchez-Partida, D., & Cano-Olivos, P. (t.y.). Strategic Model to Assess the Sustainability and Competitiveness of Focal Agri-Food Smes and their Supply Chains: A Vision Beyond COVID 19. *ASTES Journal*. Geliş tarihi 24 Mart 2021, gönderen <https://astesj.com/v05/i05/p147/>
- Majumdar, A., Shaw, M., & Sinha, S. K. (2020). COVID-19 debunks the myth of socially sustainable supply chain: A case of the clothing industry in South Asian countries. *Sustainable Production and Consumption*, 24, 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.001>
- Manhart, P., Summers, J. K., & Blackhurst, J. (2020). A meta-analytic review of supply chain risk management: Assessing buffering and bridging strategies and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 56, 66–87.
- Metwally, A. B. M., Ali, S. A. M., & Mohamed, A. T. I. (2020). Resilience and Agility as Indispensable Conditions for Sustaining Viable Supply Chain During Pandemics: The Case of Bahrain. *2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy (ICDABI)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICDABI51230.2020.9325609>
- Meunier, S. (2018). Blockchain 101: What is Blockchain and How Does This Revolutionary Technology Work?. What is Blockchain and How Does This Revolutionary Technology Work? İçinde *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains* (ss. 23-34). Scopus. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00003-3>
- Mishra, A., Bruno, E., & Zilberman, D. (2021). Compound natural and human disasters: Managing drought and COVID-19 to sustain global agriculture and food sectors. *Science of The Total Environment*, 754, 142210. <https://doi.org/10.1016/j.scito>

[tenv.2020.142210](#)

- Nandi, S., Sarkis, J., Hervani, A. A., & Helms, M. M. (2021). Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 10-22. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019>
- Nordhagen, S., Igbeka, U., Rowlands, H., Shine, R. S., Heneghan, E., & Tench, J. (2021). COVID-19 and small enterprises in the food supply chain: Early impacts and implications for longer-term food system resilience in low- and middle-income countries. *World Development*, 141, 105405. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105405>
- Norwood, F. B., & Peel, D. (2021). Supply Chain Mapping to Prepare for Future Pandemics. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(1), 412-429. <https://doi.org/10.1002/aep.13125>
- Oh, S., Moon, H. C., & Zhong, Y. (2020). Contingency Management and Supply Chain Performance in Korea: A COVID-19 Pandemic Approach. *Sustainability*, 12(23), 9823. <https://doi.org/10.3390/su12239823>
- Oldekop, J. A., Horner, R., Hulme, D., Adhikari, R., Agarwal, B., Alford, M., Bakewell, O., Banks, N., Barrientos, S., Bastia, T., Bebbington, A. J., Das, U., Dimova, R., Duncombe, R., Enns, C., Fielding, D., Foster, C., Foster, T., Frederiksen, T., ... Zhang, Y.-F. (2020). COVID-19 and the case for global development. *World Development*, 134, 105044. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105044>
- Parashar, N., & Hait, S. (2021). Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of The Total Environment*, 759, 144274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274>
- Plug and Play Tech Center (2021). The Importance of Corporate Sustainability. Erişim 24 Mart 2021. <https://www.plugandplaytechcenter.com/resources/corporate-sustainability/>.
- Rahman, S. M. M., Kim, J., & Laratte, B. (2021). Disruption in Circularity? Impact analysis of COVID-19 on ship recycling using Weibull tonnage estimation and scenario analysis method. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105139. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105139>
- Rowan, N. J., & Galanakis, C. M. (2020a). Unlocking challenges and opportunities presented by COVID-19 pandemic for cross-cutting disruption in agri-food and green deal innovations: Quo Vadis? *Science of The Total Environment*, 748, 141362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141362>
- Rowan, N. J., & Laffey, J. G. (2021b). Unlocking the surge in demand for personal and

- protective equipment (PPE) and improvised face coverings arising from coronavirus disease (COVID-19) pandemic – Implications for efficacy, re-use and sustainable waste management. *Science of The Total Environment*, 752, 142259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142259>
- Sarkis, J. (2020). Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(1), 63-73. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2020-0568>
- Schaltegger, S. (2020). Sustainability learnings from the COVID-19 crisis. Opportunities for resilient industry and business development. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-08-2020-0296>
- Sharma, A., Adhikary, A., & Borah, S. B. (2020). Covid-19's impact on supply chain decisions: Strategic insights from NASDAQ 100 firms using Twitter data. *Journal of Business Research*, 117, 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.035>
- Sharma, M., Luthra, S., Joshi, S., & Kumar, A. (2020). Developing a framework for enhancing survivability of sustainable supply chains during and post-COVID-19 pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 0(0), 1-21. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1810213>
- Sigmacenter (2020). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir? Erişim, 24 Mart 2021. <https://sigmacenter.com.tr/surdurulebilir-tedarik-zinciri-yonetimi-nedir/>
- Singh, S. N., Venkatesh, V. S. S., & Deoghare, A. B. (2021). A review on the role of 3D printing in the fight against COVID-19: safety and challenges. *Rapid Prototyping Journal*, 27(2), 407-420. <https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2020-0198>
- Sodhi, M. S., & Tang, C. S. (2021). Supply Chain Management for Extreme Conditions: Research Opportunities. *Journal of Supply Chain Management*, 57(1), 7-16. Scopus. <https://doi.org/10.1111/jscm.12255>
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103, 451–488.
- Taqi, H. M. M., Ahmed, H. N., Paul, S., Garshasbi, M., Ali, S. M., Kabir, G., & Paul, S. K. (2020). Strategies to Manage the Impacts of the COVID-19 Pandemic in the Supply Chain: Implications for Improving Economic and Social Sustainability. *Sustainability*, 12(22), 9483. <https://doi.org/10.3390/su12229483>
- Telukdarie, A., Munsamy, M., & Mohlala, P. (2020). Analysis of the Impact of COVID-19 on the Food and Beverages Manufacturing Sector. *Sustainability*, 12(22), 9331. <https://doi.org/10.3390/su12229331>

- Thulasiraman, V., Nandagopal, M. S. G., & Kothakota, A. (2021). Need for a balance between short food supply chains and integrated food processing sectors: COVID-19 takeaways from India. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04942-0>
- Trivellas, P., Malindretos, G., & Reklitis, P. (2020). Implications of Green Logistics Management on Sustainable Business and Supply Chain Performance: Evidence from a Survey in the Greek Agri-Food Sector. *Sustainability*, 12(24), 10515. <https://doi.org/10.3390/su122410515>
- Tseng, M.-L., Tan, P. A., Wu, K.-J., Lin, R. C.-W., Todumrongkul, N., Juladacha, P., & Christianti, G. (2020). Sustainable Total Resource Management in Thailand Healthcare Industry under Uncertain Situations. *Sustainability*, 12(22), 9611. <https://doi.org/10.3390/su12229611>
- Yadav, S., Luthra, S., & Garg, D. (2021). Modelling Internet of things (IoT)-driven global sustainability in multi-tier agri-food supply chain under natural epidemic outbreaks. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 16633-16654. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11676-1>
- Zhang, F., Wu, X., Tang, C. S., Feng, T., & Dai, Y. (2020). Evolution of Operations Management Research: from Managing Flows to Building Capabilities. *Production and Operations Management*, 29(10), 2219-2229. <https://doi.org/10.1111/poms.13231>





## 10. BÖLÜM

# FARKLI YÖNTEMLERLE KARADENİZ BÖLGESİ'NİN AYLIK ELEKTRİK TÜKETİM TAHMİNİ

**Yeşim ER**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Elektrik Elektronik Mühendisliği*

**Eda KARACA**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Elektrik Elektronik Mühendisliği*

### ÖZET

Elektrik, çağın gereklilikleriyle birlikte yokluğu çok kısa süre bile olsa hayatın akışını katlanılmaz hale getiren bir olgu halini almıştır. Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ve bölgenin aylık elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. Elektrik tüketim tahmini Çoklu Doğrusal Regresyon, Destek Vektör Regresyon ve Rastgele Orman Regresyon olmak üzere üç farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan regresyon yöntemlerinin başarı sonuçları değerlendirilirken Ortalama Mutlak Hata, Ortalama Hata Kareleri Kökü ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata performans ölçütlerinden yararlanılmıştır. Bu performans ölçütlerinin değerlerine göre en az hata oranı Rastgele Orman Regresyon ile elde edilmiştir. Rastgele Orman Regresyon sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi'nin aylık elektrik tüketim tahmini ve gerçekleşen elektrik tüketimi arasında ortalama mutlak yüzde hata değerine göre yaklaşık %1.45'lik bir sapma mevcuttur.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik Tüketim Tahmini, Karadeniz Bölgesi, Çoklu Doğrusal Regresyon, Destek Vektör Regresyon, Rastgele Orman Regresyon.

## GİRİŞ

Enerji tüketimi dünya genelinde popülasyonun artması, yaşam standartlarının gelişmesi, endüstri alanındaki gelişmeler sebebi ile sürekli artmaktadır. Bu noktada elektrik üretim, tüketim, dağıtım planlaması yaparken tahmin teknikleri zaruri hale gelmiştir [1]. Elektrik tüketim tahmini de arz-talep dengesini belirlemede yardımcı rol oynamaktadır. Çünkü tüketim tahmini ne kadar doğru yapılırsa üretim- tüketim dengesi bir o kadar istikrarlı olur. Elektrik tüketim tahmini hava sıcaklığı, mevsim, nüfus, kurulu güç, üretilen elektrik gibi birçok farklı parametreye bağlı olmakla birlikte her ülkenin hatta her şehrin dinamiği de kendine özgüdür. Türkiye için literatürde farklı yöntemler ile yapılan farklı çalışmalar mevcuttur. Türkiye'nin yıllık elektrik tüketim tahminini Hamzaçebi [2] yapay sinir ağları yöntemi ile Akay ve Atak [3] ise gri tahmin yöntemi ile yapmıştır. Aydoğdu ve Yıldız [4] ise çoklu doğrusal regresyon ile yapay sinir ağları yöntemini birleştirdiği melez yöntem ile Türkiye'nin yıllık elektrik tüketim tahminini yapmıştır. Erdoğan [5], tahmin yöntemlerinden çok yaygın olan otoregresif hareketli ortalamalar (ARIMA) yöntemi ile Türkiye'nin yıllık elektrik talep tahminini gerçekleştirmiştir. Görüleceği üzere çalışmalar genelde yıllık elektrik talep tahmininde yoğunlaşmıştır. Her çalışma kendine özgü olmakla birlikte baz alınan parametreler, veri setleri, belirlenen değişkenler farklıdır.

Altınay [6], ARIMA tahmin yöntemi ile Türkiye'nin aylık elektrik tüketim tahminini belirlemiştir. Toker ve Korkmaz [7] ise yapay sinir ağları ve ileri sinyal işleme teknikleri ile saatlik elektrik tüketim tahminini yapmıştır.

Çalışmalar Türkiye geneli seyrederken il bazlı çalışmalarda mevcuttur. Aslan [8], Kütahya ili için yapay sinir ağları yöntemi ile yıllık elektrik tüketim tahmini gerçekleştirmiştir. Yılmaz [9] Tokat ili için, Öksüz [10] Denizli ili için, Gültekin [11] ise Bursa ili için farklı yöntemler ile elektrik talep tahminleri yapmıştır. Hocaoglu [12] yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleri ile Güney ilçesi için, Sönmez [13] ise regresyon analizi, yapay sinir ağları ve uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi yöntemlerini kullanarak Seydişehir ilçesi için elektrik tüketim tahminlerini gerçekleştirmiştir. Bu çalışma ise Türkiye'nin bölgesel bazlı yapılan ilk çalışması olma özelliğini taşımaktadır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ve bölgenin aylık elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. Çalışmada aylık elektrik tüketiminin tahmin edilmesi için Türkiye İstatistik Kurumu'ndan [14] ithalat ve ihracat, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sıcaklık, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan [15] elektrik üretimi ve kurulu güç değerleri 2016-2020 yılları arası için aylık ve il bazlı alınarak bölgede bulunan 18 ilin ve Karadeniz Bölgesi'nin ayrı ayrı tahmin modelleri kurulmuştur. Karadeniz Bölgesi'nin ve illerinin gerçekleşen elektrik tüketim değerleri de Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan [15] alınmıştır.

Tablo 1'de Karadeniz Bölgesi için oluşturulan veri setine ait değişkenlerin istatistik değerleri verilmiştir.

**Tablo 1: Karadeniz Bölgesi'ne ait değişkenlerin istatistik değerleri**

Değişken (Birim)	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Elektrik Üretimi (GWh)	3897,247	470,578	2797,107	4996,169
Kurulu Güç (MW)	14084,86	251,74	13627,41	14333,03
Sıcaklık (°C)	13,646	6,889	1,96	23,88
İthalat (milyon \$)	356,376	120,383	179,522	723,267
İhracat (milyon \$)	367,564	103,523	227,888	718,98
Elektrik Tüketimi (GWh)	1312,142	83,957	1163,864	1530,754

Karadeniz Bölgesi'ne ve illerine ait veri setleri 5 bağımsız ve 1 bağımlı değişkenden oluşmaktadır. Elektrik üretimi, kurulu güç, sıcaklık, ithalat ve ihracat bağımsız değişkenler iken elektrik tüketimi ise bağımlı değişkendir. Çalışmada bu bağımsız değişkenler ile aylık elektrik tüketimi tahmini yapılmaktadır. 2016- 2020 yıllarına ait aylık verilerle oluşturulan her bir veri seti 60 örnekleme sahiptir.

Çalışmada kullanılan regresyon yöntemlerinin başarı sonuçları değerlendirilirken Ortalama Mutlak Hata (OMH), Ortalama Hata Kareleri Kökü (OHKK) ve

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) performans ölçütlerinden yararlanılmıştır. Aşağıdaki eşitlikler sırasıyla bu performans ölçütlerinin nasıl hesaplandığını göstermektedir.

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (1)$$

$$OHKK = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

$$OMYH(\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| * 100 \quad (3)$$

Bu eşitliklerde  $N$  veri kümesindeki veri sayısını,  $y_i$   $i$ . gözlem değerini ve  $\hat{y}_i$  ise  $i$ . tahmin değerini ifade etmektedir.

Literatürde ortalama mutlak yüzde hatanın %10'dan küçük olması durumunda başarılı bir tahmin gerçekleştirildiği belirtilmektedir [16]. Ortalama mutlak hata ve ortalama hata kareleri kökü için değerlerin 0'a yakın olması algoritmanın başarısının yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Elektrik tüketim tahmini Çoklu Doğrusal Regresyon, Destek Vektör Regresyon ve Rastgele Orman Regresyon olmak üzere üç farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir.

## Çoklu Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyon ile bağımlı bir değişken ( $y$ ) ile bağımsız bir değişken ( $x$ ) arasındaki ilişki incelenmektedir. Bağımlı değişken( $y$ ), regresyon modelinde açıklanan ya da tahmin edilen değişkendir. Bağımsız değişken( $x$ ), regresyon modelinde açıklayıcı değişken olup; bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılır. Eğer, bağımlı değişken birden fazla bağımsız değişkene göre değer alıyorsa, bu tür ilişki çok değişkenli regresyon analizi ile açıklanabilir. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen model doğrusal bağıntı biçiminde ise bu tip regresyona basit çok değişkenli doğrusal regresyon

yöntemi denir ve aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir [17].

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (4)$$

Bu denklemde  $x_k$  adet bağımsız değişkeni,  $y$  bağımlı değişkeni ve  $\varepsilon$  hata terimini gösterir. Burada  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini göstermektedir.

## Destek Vektör Regresyon

Temelleri ilk olarak Vapnik ve Chervonenkis tarafından hesaplanabilir öğrenme teorisinin önemli bir parçasını oluşturan ve öğrenmenin temel teorisi olarak bilinen Vapnik-Chervonenkis Teorisi kapsamında 1960'lı yıllarda atılan destek vektör makineleri, 1992 yılında Vapnik, Boser ve Guyon tarafından sunulmuştur [18].

Destek vektör makineleri sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Smola ve arkadaşlarının çalışmalarıyla destek vektör makineleri regresyon problemlerine uyarlanarak destek vektör regresyon algoritması ortaya çıkmıştır [19]. Destek vektör regresyonunda amaç bir marjın aralığına maksimum noktayı en küçük hata ile alabilecek şekilde doğru ya da eğriyi belirlemektir. Hiper düzlemler ile regresyondaki hata belirli bir eşik değer içerisinde tutularak hata oranı minimize edilmeye çalışılır.

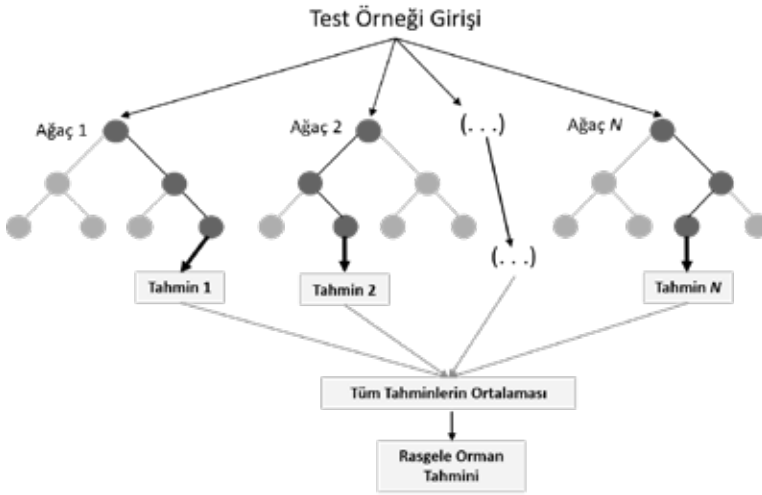
## Rastgele Orman Regresyon

Regresyon için toplu öğrenme yöntemini kullanan, denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır. Topluluk öğrenme yöntemi ise tek bir modelden daha doğru bir tahmin yapmak için birden çok makine öğrenme algoritmasından gelen tahminleri birleştiren bir tekniktir [20].

Şekil 1'de Rastgele Orman algoritmasının yapısı gösterilmektedir. Rastgele Orman karar ağaçlarından oluşan bir topluluktur. Şekil 1'de ağaçların aralarında herhangi bir etkileşim olmadan paralel ilerledikleri fark edilebilir. Rastgele Orman, eğitim süresi boyunca birkaç karar ağacı oluşturularak ve tüm karar ağaçlarının tahminlerinin ortalamasını alarak çalışır.

Rastgele Orman algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir:

1. Eğitim setinden rastgele  $k$  veri noktası seçilir.
2. Bu  $k$  veri noktasıyla ilişkili bir karar ağacı oluşturulur.
3. İnşa edilmek istenilen  $N$  ağaç sayısı seçilir ve 1. ve 2. adımlar tekrarlanır.
4. Yeni bir veri noktası için,  $N$  - ağaç ağaçlarının her birinin söz konusu veri noktası için'nin değerini tahmin etmesi sağlanır ve yeni veri noktası tüm öngörülen  $y$  değerlerinin ortalamasına atanır.



Şekil 1: Rastgele Orman algoritmasının yapısı

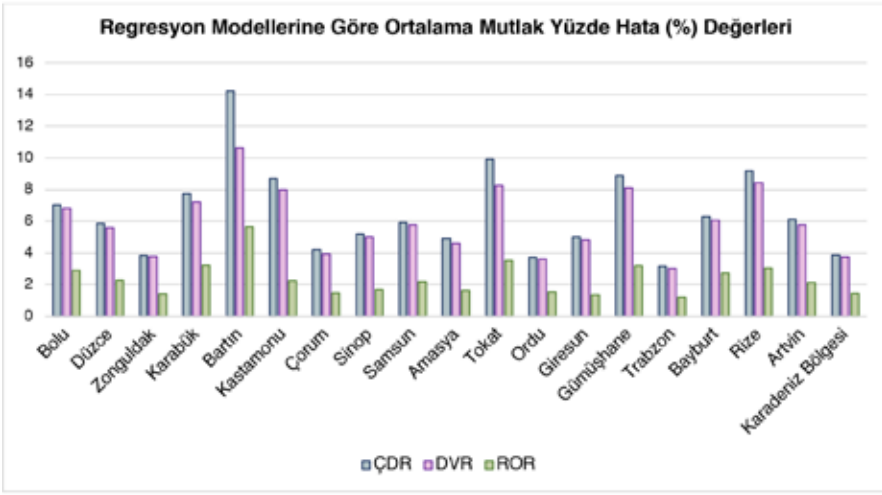
## BULGULAR VE SONUÇLAR

Çalışmada kullanılan regresyon yöntemlerinin başarı sonuçları değerlendirilirken OMH, OHKK ve OMYH performans ölçütlerinden yararlanılmıştır. Bu performans ölçütlerinin değerlerine göre en az hata oranı Rastgele Orman Regresyonu ile elde edilmiştir. İl ve bölge bazlı hata oranları Tablo 2'de her bir yöntem için gösterilmiştir.

**Tablo 2: Karadeniz Bölgesi İl Bazlı Elektrik Tüketim Tahmin Hata Değerleri**

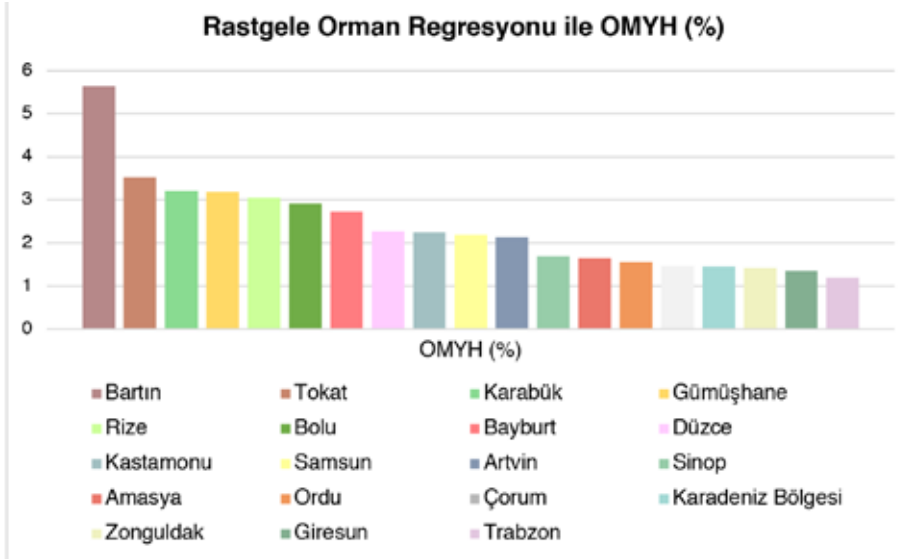
	Çoklu Doğrusal Regresyon			Destek Vektör Regresyonu			Rastgele Orman Regresyonu		
	OMH	OHKK	OMYH (%)	OMH	OHKK	OMYH (%)	OMH	OHKK	OMYH (%)
Bolu	6.3239	8.2431	7.0388	6.4753	8.1727	6.8051	6.7157	8.3077	2.9124
Düzce	5.7851	7.9338	5.8708	5.4568	7.4665	5.6051	5.5160	7.2994	2.2748
Zonguldak	4.4405	5.6126	3.8443	4.2036	5.2435	3.7891	3.9952	4.8293	1.4175
Karabük	3.7476	4.6113	7.7626	3.7115	4.7997	7.2284	3.8327	4.9031	3.2151
Bartın	6.9018	10.0371	14.2216	5.9644	10.4194	10.6052	6.7652	10.4528	5.6485
Kastamo- nu	7.1283	8.5242	8.6838	7.7358	9.5149	7.9837	5.0060	6.4183	2.2445
Çorum	3.2081	4.2249	4.2123	2.9389	3.9951	3.9215	2.6561	3.4211	1.4673
Sinop	1.7358	2.2645	5.1713	1.6907	2.2736	4.9961	1.5228	2.0336	1.6989
Samsun	16.6316	20.8041	5.9087	17.4960	21.4503	5.7559	15.1457	19.3476	2.1862
Amasya	2.9283	3.6171	4.9041	2.9025	3.5908	4.6155	2.2760	2.8489	1.6384
Tokat	7.134	10.9318	9.9116	6.5995	10.7020	8.2459	6.8185	11.0895	3.5271
Ordu	4.1100	5.0288	3.7276	4.4350	5.3432	3.6055	4.2910	5.0639	1.5444
Giresun	3.1457	3.6217	4.9904	3.2952	3.8078	4.8243	2.0205	2.5719	1.3554
Gümüş- hane	2.8869	3.7415	8.8759	2.6467	3.7638	8.1178	2.6124	3.5458	3.1854
Trabzon	4.1784	5.1600	3.1574	4.2256	5.2360	3.0294	4.1192	5.2757	1.1915
Bayburt	0.5740	0.7268	6.3002	0.6436	0.9150	6.0700	0.6359	0.8005	2.7297
Rize	6.1748	7.6543	9.1657	6.9121	8.8226	8.4340	5.4763	7.0805	3.0521
Artvin	2.2376	2.8696	6.1226	2.1321	2.7972	5.7573	2.0413	2.5668	2.1370
Karadeniz Böl.	57.5344	71.8412	3.8843	58.1242	72.6995	3.7450	53.7205	65.7079	1.4518

Çalışmada bölgesel tahmin yapılarak il bazlı elektrik tüketim eğilimi incelenmiştir. Tablo 2 incelendiğinde Karadeniz Bölgesi ve bölgede bulunan illerin aylık elektrik tüketim tahmininde, ortalama mutlak yüzde hata değerlerine göre sırasıyla Rastgele Orman Regresyon ve Destek Vektör Regresyon yöntemlerinin Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemine göre daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Rastgele Orman Regresyon sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi'nin aylık elektrik tüketim tahmini ve gerçekleşen elektrik tüketimi arasında ortalama mutlak yüzde hata değerine göre yaklaşık %1.45'lik bir sapma mevcuttur. Şekil 2'de her bir regresyon modeline göre Karadeniz Bölgesi'nin ve bölgede bulunan illerin ortalama mutlak yüzde hata değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



**Şekil 2: Regresyon Modellerine Göre Ortalama Mutlak Yüzde Hata (%) Değerleri**

Şekil 2’den de görülebileceği gibi kurulan regresyon modelleri arasında Karadeniz Bölgesi ve illeri için en başarılı modeller Rastgele Orman ile kurulmuştur. Şekil 3’te ortalama mutlak yüzde hata değerine göre en başarılı model olan Rastgele Orman Regresyonunun Karadeniz Bölgesi ve illeri arasında en başarısız olandan en başarılı olana doğru sıralanışı gösterilmektedir.

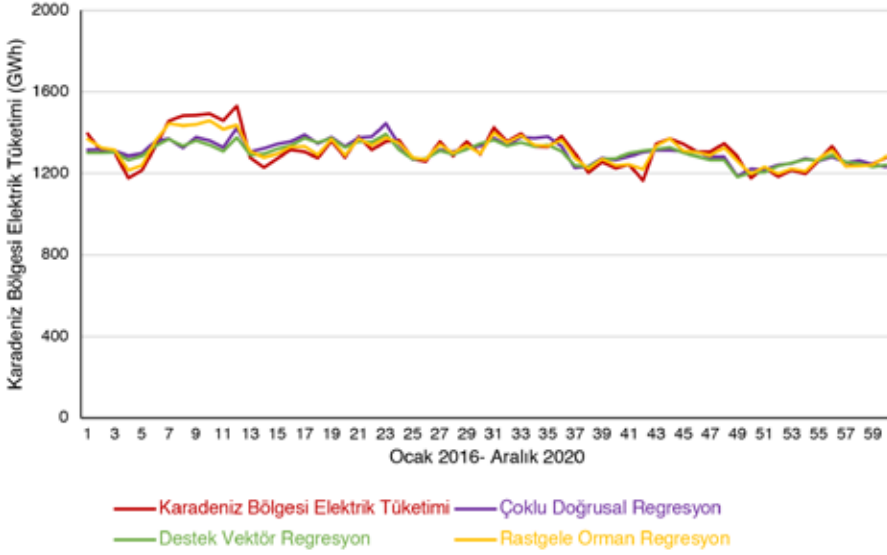


**Şekil 3: Rastgele Orman Regresyonu ile OMYH (%)**



Karadeniz Bölgesi ve illeri arasından en iyi tahmin modeli Rastgele Orman Regresyonu ile yaklaşık %1.19'lük sapmayla Trabzon iline aittir.

Şekil 4’te Ocak 2016- Aralık 2020 tarihleri arasındaki 60 aylık zaman periyodu için Karadeniz Bölgesi’nde gerçekleşen elektrik tüketimi ve belirtilen üç yöntemle tahmin edilen elektrik tüketim değerleri aylık olarak gösterilmektedir.



**Şekil 4: Karadeniz Bölgesi Gerçekleşen Elektrik Tüketim Değerleri ve Tahmin Değerleri**

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi ve illerinin aylık elektrik tüketimi tahmini üç farklı regresyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Rastgele Orman Regresyonu yönteminin çalışmada kullanılan diğer yöntemler olan Destek Vektör Regresyon ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemlerine göre çok daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, enerji talebini etkileyen farklı değişkenler araştırılıp farklı yöntemler kullanılarak karşılaştırmalar ve tahminler gerçekleştirilebilir. Karadeniz Bölgesi’ni ve illerini inceleyen bu çalışma ile Türkiye’de bulunan tüm bölgelerin ve illerin elektrik talep tahmini yapılarak bölgeler ve iller düzeyinde karşılaştırmalar yapılması planlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- [1] Bianco, V., Manca, O. and Nardini, S., Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models, *Energy*, 34, 9 (2009) 1413-1421.
- [2] Hamzaçebi, C., Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases, 35, 3 (2007) 2009-2016.
- [3] Akay, D. ve Atak, M., Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey, *Energy*, 32, 9 (2007) 1670-1675.
- [4] Aydoğdu, G. ve Yıldız, O., Forecasting the annual electricity consumption of Turkey using a hybrid model, 2017 25 th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 15-18 May 2017, Antalya, 1-4.
- [5] Erdoğan, E., Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: A case study of Turkey, *Energy Policy*, 35, 2 (2007) 1129-1146.
- [6] Altınay, G., Aylık elektrik talebinin mevsimsel model ile orta dönem öngörüsü, *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 1, 1 (2010) 1-23.
- [7] Toker, A. C. ve Korkmaz, O., Türkiye Kısa Süreli Elektrik Talebinin Saatlik Olarak Tahmin Edilmesi, II, *Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, 2009.
- [8] Aslan, Y., Yaşar, C. ve Nalbant, A., Electrical Peak Load Forecasting in Kütahya with Artificial Neural Networks, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 1 (2006) 63-74.
- [9] Yılmaz, V., Enerji Talebi ve Tokat'ta Elektrik Enerjisi Talebi Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat, 2010.
- [10] Öksüz, S., Yapay Sinir Ağları ile Denizli İli Mesken Aboneleri Elektrik Tüketim Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Denizli, 2019.
- [11] Gültekin, Ö., Bursa İli Orta Dönem Elektrik Talep Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2009.

- [12] Hocaoğlu, F. O., Kaysal, K. ve Kaysal, A., Yük Tahmini için Hibrit (YSA ve Regresyon) Model, Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 3, 2 (2015) 33-39.
- [13] Sönmez, İ., Seydişehir Bölgesinin Orta Vadedeki Elektrik Enerjisi Talebinin Yapay Zekâ ile Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2015.
- [14] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Dış ticaret istatistikleri, il ve bölgelere göre aylık dış ticaret. [https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/SC2851FY777F34D2R?filters=&hide\\_filters=false&token=8d79727fff862a891ce574d27220bfebbf66fedc](https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/SC2851FY777F34D2R?filters=&hide_filters=false&token=8d79727fff862a891ce574d27220bfebbf66fedc) Erişim Tarihi Mart, 10, 2021.
- [15] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). Elektrik piyasası aylık sektör raporları listesi. <http://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/aylik-sektor-raporu>. Erişim Tarihi Mart, 15, 2021.
- [16] Lin, C. T., ve Hsu, P. F., Forecast of Non-Alcoholic Beverage Sales in Taiwan Using the Grey Theory, Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics, 14, 4 (2002) 3-12.
- [17] Tüysüz, N. ve Yaylalı Abanuz, G., Jeoistatik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon, 2012.
- [18] Boser, B., Guyon, I. M. and Vapnik, V. N., A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers, 5th Annual Workshop on Computational Learning Theory, July 27-29, 1992, New York, NY: ACM Press, 144-152.
- [19] Smola, A. J., Schölkopf, B., A tutorial on support vector regression, Statistics and Computing, 14, 3 (2004)199-222.
- [20] Liaw, A. and Wiener, M., Classification and regression by randomForest. R News, 2, 3 (2002) 18-22.



## 11. BÖLÜM

# BALIKÇILIK ENDÜSTRİSİ

# ATIK SU GERİ KAZANIM SİSTEMİ

**Kübra Ekinsu AKÇİL**

*FTS Filtrasyon Arıtım Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.*

*TIMEX Filtrasyon ve Su Sistemleri*

*Çevre Mühendisi, Proje ve Satış Mühendisi, [ekinsu@timex.com.tr](mailto:ekinsu@timex.com.tr)*

**Ebru ADA**

*FTS Filtrasyon Arıtım Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.*

*TIMEX Filtrasyon ve Su Sistemleri*

*Çevre Yüksek Mühendisi, Bölgesel Projeler Müdürü, [ebru@timex.com.tr](mailto:ebru@timex.com.tr)*

## ÖZET

Günümüzde endüstriyel üretimin artması ile birlikte su tüketimi de buna paralel olarak artış göstermektedir. Özellikle gıda endüstrileri, temel olarak akış teknolojisine dayalı olduğu için proseslerinde neredeyse her aşamada yüksek kalite ve miktarda suya ihtiyaç duymaktadır. Suyun kullanımındaki bu düzenli artış sebebiyle kaynak sıkıntıları yaşanması ile beraber su tüketimi konusunda sürdürülebilir işletme verimi elde etmek neredeyse imkânsız hale gelmektedir. Gelecekte su kaynakları ile ilgili olası su sıkıntılarının önlenmesi ve mevcut doğal kaynaklarımızın korunarak gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakılması, atık suyun kabul edilebilir standartlar kapsamında deşarjını ve temiz su döngüsünü sağlamak adına gıda sektöründeki atık suların geri kazanımı ve proses suyu olarak tekrar kullanılması gündemdedir. Türkiye’de ihracat oranının en yüksek olduğu endüstrilerden biri olan balıkçılık endüstrisi, çalışmamız kapsamında ana endüstri olarak seçilmiş olup ilgili tesislerindeki atık suların

geri kazanım teknikleri ile yeniden kullanıma hazır hale gelmesi hedeflenmektedir. Balıkçılık endüstrisinin en yoğun olduğu bölgelerden biri olan Muğla'da bulunan balık işleme tesisleri, sorunu kaynağında çözmek, oluşan atık sular için sıfır deşarj konseptine uygun bir sistem tasarlayarak hem deşarj yönünden hem de ihtiyaç duyulan temiz su kaynağı yönünden iyileştirmek amacıyla pilot endüstri olarak seçilmiştir. Çalışmamızda, bu endüstrilerdeki ters ozmostan çıkan iletkenliği yüksek atık suyun karakteristiğine bağlı olarak alıcı ortam ve kanalizasyon deşarj standartlarını sağlamamasından yola çıkılmış olup gerekli proses suyu ihtiyacının karşılanabilmesi amaçlanmıştır. Bu tesislerde kullanılan ve organik kirliliğe maruz bırakılan atık su, uygun arıtma yöntemleriyle birlikte ileri arıtım teknolojileri ve organik kimyasallar kullanılarak arıtıma tabi tutulacaktır. Daha sonra ters ozmostan çıkan atık su ile ham su deposunda karıştırılıp tekrar ters ozmosa verilerek proses suyu özelliklerine getirilecektir. Böylelikle suyun geri kazanımı sağlanarak çevre dostu bir proje elde edilebilecektir. Arıtma süreci kapsamında oluşan çamur ve geri yıkama suları ise dengeleme tanklarında toplanarak yoğunlaştırma ve susuzlaştırma proseslerinden geçirilerek katı atık oluşturulacaktır. Oluşan bu katı atığın zengin içeriğinden ötürü tarımda gübre veya balık-yem fabrikalarında yem katkı maddesi olarak kullanılması, böylelikle döngüsel ekonomiye de katkı sağlanması planlanmaktadır. Ayrıca dizayn edilecek bu tesislerde, buharlaşma ve diğer kayıplar dışında harici kaynaklardan besleme olmadan minimum su ihtiyacı ve 98% oranında stabil bir su döngüsü sağlanabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık Su, Sıfır Deşarj, Su Arıtımı, Sürdürülebilirlik, Balıkçılık Endüstrisi, Geri Kazanım

## **Fishing Industry Wastewater Recovery System**

Today, with the increase in industrial production, water consumption is also increased. Especially food industries need high quality and quantity of water at almost every stage of their processes as it is based on flow technology. Due to this regular increase in water use and resource constraints, it becomes practically

impossible to achieve sustainable operating efficiency in water consumption. It is on the agenda to prevent possible water problems related to water resources in the future and to leave a sustainable environment to future generations by protecting our existing natural resources, recovering wastewater in the food sector, and reusing it as process water to discharge the wastewater within the scope of acceptable standards and ensure a clean water cycle. The fishing industry, which is one of the industries with the highest export rate in Turkey, has been selected as the leading industry within our study's scope. It aims to make the wastewater ready for reuse using recovery techniques. Fish processing plants located in Muğla, one of the regions where the fishing industry is most concentrated, have been chosen as a pilot industry to improve both in terms of discharge and in terms of the clean water supply needed by designing a system following the zero-discharge concept for wastewater generated to solve the problem at the source. This study is based on the fact that such industries do not meet the receiving environment and sewage discharge standards due to the characteristic of high conductivity wastewater coming out of reverse osmosis, and it is aimed to meet process water demand. The wastewater used in these facilities and exposed to organic pollution will be treated using appropriate treatment methods, advanced treatment technologies, and organic chemicals. After mixing with the wastewater coming from reverse osmosis in the raw water tank, it will be returned to reverse osmosis and brought back to process water characteristics. Hence, with this recovery achievement, an environmentally friendly project will be acquired. The sludge and backwash water generated in the treatment process will be collected in the balance tanks and passed through the thickening and dewatering units to form solid waste. Due to this solid waste's rich content, it is planned to be used as fertilizer in agriculture or as a feed additive in fish-feed factories, thus contributing to the circular economy. Besides, in these facilities to be designed, minimum water requirement and stable water cycle up to 98% can be achieved without feeding on external sources, except for evaporation or any other losses.

**Key Words:** Wastewater, Zero Discharge, Water Treatment, Sustainability, Fishing Industry, Recovery

## GİRİŞ

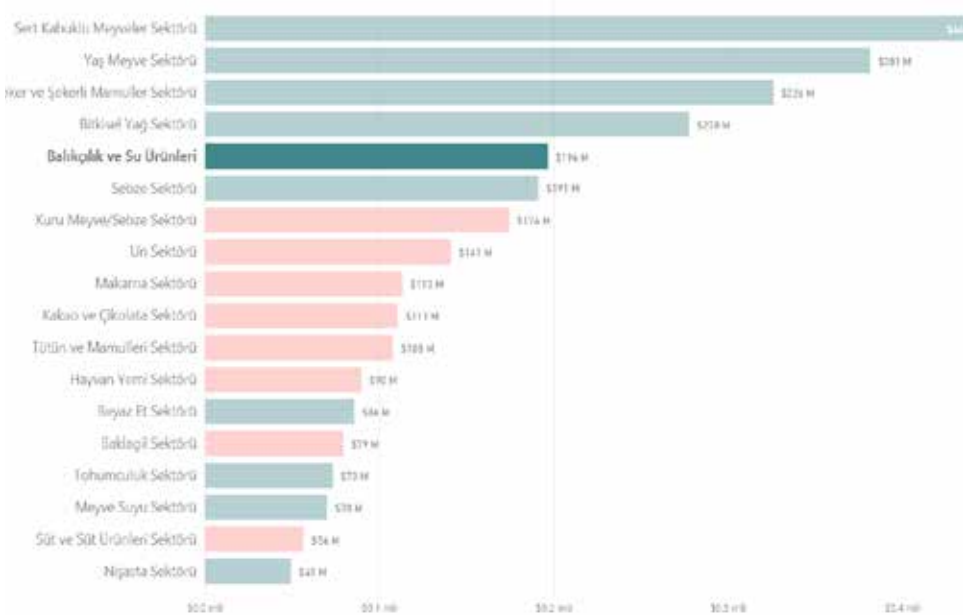
Su bütün canlılar için temel yapıtaşı ve yaşamı doğrudan etkileyen vazgeçilmez bir kaynaktır. Suyun canlılar için biyolojik bir gereksinim olmasının yanı sıra, aynı zamanda ekonomik, toplumsal, kültürel yaşamın da bizzat kendisidir. Dünya üzerindeki su kaynaklarına genel olarak bakıldığında evsel, tarımsal ve sanayi amacı ile kullanılacak su kaynakları dünyadaki toplam su kaynaklarının sadece 2.5 % gibi küçük bir kısmıdır (Chin,2000). Mevcut su kaynakları artan nüfus, küresel ısınma, tarım, sanayileşme ve kentleşme gibi ciddi unsurların tehdidi altındadır ve bu unsurların yol açtığı kirlenmeler sebebiyle birçok su kaynağı kullanılamaz hale gelmektedir. Mütemediyen artan dünya nüfusunun ve paralelinde nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için artan sanayileşmenin ve ekonomik gelişmelerin suya olan talepleri mevcut kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmakta ancak, su arzı, bu talebi karşılamakta yetersiz kalabilmektedir.

Su kaynaklarının azalması, su arzının yetersiz kalması su tüketiminin en yoğun olduğu gıda endüstrileri için ciddi kaygılar oluşturmaktadır. Bu kaygıların temel sebebi, gıda endüstrileri için suyun ham madde niteliğinde olması ve ilgili gıda proseslerinin her aşamasında yüksek kalitede ve miktarda suya ihtiyaç duymasındır. Bu nedenle, mevcut su rezervlerinin korunarak bölgesel su kıtlıklarının önüne geçilmesi, sürdürülebilir bir su döngüsü sağlamak adına bu tür endüstrilerde ekolojik çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması ve yaygınlaştırılması ile beraber su geri kazanımı kavramı gündeme gelmiştir.

Su geri kazanımı, atık suyun güvenilir bir şekilde yeniden kullanılabilmesi için gerekli kalite standartlarını sağlayabilmek amacıyla çeşitli arıtma süreçlerini içermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yeterli miktarda temin yapılamadığı durumlarda, atık su önemli bir kaynak olup su geri kazanımı kaçınılmaz bir mühendislik yaklaşımıdır. Atık suların ıslahı ve yeniden kullanımı, mevcut kaynakların korunmasına, su kaynakları yönetiminin optimizasyonuna ve üretimdeki verimliliğin sağlanmasına oldukça büyük bir katkı sağlayacak ve sürdürülebilirlik adına bir adım atılmış olacaktır.



Türkiye'nin dış ticaret verileri incelendiğinde gıda endüstrisi içerisinde balıkçılık ve su ürünleri kritik bir yer tutmaktadır. Son yıllardaki üretim ve balık işleme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak Türkiye'nin balıkçılık ve su ürünleri ihracatında da önemli bir artış görülmektedir. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu (TGDF) Dijital Veri Paneli 'ne göre, Şekil 1'den de görülebileceği üzere, 2021 yılı Türkiye sektör bazında ihracat dolar grafiğinde 196 milyon dolar ihracatla balıkçılık ve su ürünleri sektörünün önemli bir konumda olduğunu iddia etmek mümkündür. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE)' den alınan verilerde ise balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde öne çıkan illerimizden birisinin Muğla olduğu göze çarpmaktadır. Şekil 2 Türkiye'de balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli illeri göstermektedir. Çalışmamız kapsamında, en büyük hayvansal protein kaynaklarından biri olan balıkçılık ve su ürünleri ve sektörü ana endüstri, Muğla'daki ilgili balık işleme tesisleri ise sorunu kaynağında çözmek, oluşan atık sular için sıfır deşarj konseptine uygun bir sistem tasarlayarak hem deşarj yönünden hem de ihtiyaç duyulan temiz su kaynağı yönünden iyileştirmek amacıyla pilot tesis olarak seçilmiştir.



Şekil 1. Türkiye Sektör Bazında İhracat Dolar (TGDF,2021)



**Şekil 2. Türkiye Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Önemli İller (TEPGE,2020)**

Balık işleme tesislerinde ham ürünün yıkanması, işlenmesi, konserve balık üretimi ve balık yemi- balık yemi katkı maddesi imalatı gibi prosesler yüksek miktarda suya ihtiyaç duyar. Ne yazık ki, bu konuda mevcut su kaynakları ve yerel yönetimler çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Bu tesislerdeki atık suların geri kazanım çalışmaları ile yeniden kullanıma hazır hale getirilmesi, gereksiz kullanımının önlenmesi, su ihtiyacının yerinde ve zamanında karşılanması, deşarj edilen atık su miktarının azalması böylelikle verimli ve sürdürülebilir bir su döngüsü elde edilmesi amaçlanmıştır.

### **Sıfır Deşarj Atık Su Geri Kazanım Sistemi Tasarım Esasları**

Atık su geri kazanımlarında uygulanacak ve kullanılacak teknolojiler, geri kazanılacak suyun kullanım amaçları ile doğru orantılıdır. Ayrıca, mevcut su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan ham su analizleri doğrultusunda ilgili yönetmelikler de referans alınarak hedeflenen su kalitesine ulaşmak için uygun planlama ve proses seçimi yapılmalıdır. Çalışmamız kapsamında incelenen pilot tesislerde, prostedeki su ihtiyacının harici bir kaynak kullanmadan karşılanması, sürdürülebilir kapalı devre bir su döngüsü elde etmek için doğrudan geri kazanım ile atık suyun proses suyu özelliklerine getirilmesi hedeflenmiştir. Tesislerin



## Çözünmüş Hava Flotasyonu (DAF) ve Lamella Sistemleri

Atık su arıtımında uygulanan mevcut flotasyon uygulaması, flotasyon aracı olarak hava kullanımını içerir. Flotasyon, sıvı basınç altındayken hava enjeksiyonu ile oluşan veya eklenen hava kabarcıklarının ardından basıncın serbest bırakılması ve atmosferik basınçta havalandırılması böylelikle yoğunluğu sudan düşük olan katı ve sıvıların yüzdürme yöntemi ile sudan uzaklaştırılması işlemidir (Metcalf & Eddy,2003). Bu sistemlerde flotasyon işlemine yardımcı olmak için kimyasallar kullanılabilir. Bu kimyasallar çoğunlukla hava kabarcıklarını kolayca emebilen veya hapsedebilen bir yüzey veya yapı oluşturma işlevi görür.

Tesislerde mekanik filtrasyondan geçirilen su, dengeleme tanklarından sonra DAF sistemine aktarılacaktır. DAF sisteminde uygun basınçta oluşan mikro baloncuklar sudaki askıda katı maddeler ile birlikte yağ ve gres gibi yüzücü maddelerin yüzeyde toplanmasını sağlayacaktır. Ardından özel tasarım sıyrıcılar yardımıyla yüzeyden uzaklaştırılacaktır ve atık toplama haznesine gönderilecektir. Hava yardımıyla flokların büyük bir kısmı yüzeyde toplanıp uzaklaştırılırken, bir kısmı da yatay akış ile tank dibine çökme eğilimindedir. Lamella plakaları, asılı parçacıkların yapışması ve hafifçe aşağı inmesi için yüzey alanını artırmaya yardımcı olur. Flok oluşumunu artırmak için ise uygun kimyasallar dozlanacak böylelikle etkili bir arıtım sağlanmış olacaktır. Çöken bu maddeler ise çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma sistemine gönderilecektir. Partiküllerinden arındırılan su da savaklanarak dengeleme tanklarına iletilecektir.



Şekil 4. Lamella Plakaları



**Şekil 5. DAF Sistemi**

## **Biyolojik Arıtım Sistemleri**

Biyolojik arıtma, atık sudaki kolloidal veya çözünmüş halde bulunan biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından atık sudan uzaklaştırılması esasına dayanır ve amaç organik maddeleri kararlı hale getirmektir. Biyolojik arıtmada kullanılan en yaygın yöntem ise aktif çamur sistemleridir. Bu sistem organik kirliliğin, askıda tutulan mikroorganizmalar yardımıyla giderildiği bir arıtma metodudur.

Tesislerde dengeleme tanklarından alınacak olan su, biyolojik arıtım için ardışık kesikli reaktör şeklinde çalışan aktif çamur prosesine iletilir. Biyokimyasal tepkimelerin oluşması için gerekli tam karışımli ortam ve oksijen transferi blower ve membran difüzörler ile sağlanacaktır, böylelikle yüksek organik yük azaltılacaktır. Ardışık kesikli reaktörde havalandırma ve çökeltme işlemleri aynı tank içerisinde periyodik olarak havalandırma işleminin durdurulması ile gerçekleştirilecektir. Bu işlem sırasında biyolojik olarak arıtılmış atık sular aktif çamurdan ayrılacaktır. Arıtılmış suya klor dozlanarak dezenfeksiyon işlemi yapılacaktır ve ardından dengeleme tanklarına iletilecektir. Ayrılan çamur ise çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma sistemine aktarılacaktır.

## İleri Arıtma Sistemleri

Arıtma sistemleri sonunda arıtılmış atık suda kalan askıda katı madde, çözülmüş madde, organik maddeler vb. gibi kirleticilerin de arıtımı ilave arıtma sistemlerini gerektirmekte olup böyle sistemler ileri arıtma sistemleri olarak adlandırılmaktadır.

Tesislerde ileri arıtma kapsamında granüler filtrasyon uygulanacaktır. Sudan bulanıklık ve askıda katı madde giderimi sağlamak amacıyla çapraz akış kum filtreleri kullanılacaktır. Kum filtrelerinde kullanılacak olan özel aktif cam filtre medyası sayesinde biyofilm oluşumu da önlenecektir. Arıtılan su aktif karbon filtrelere iletilmeden önce etkili bir filtrasyon için kartuş filtre yardımı ile sudaki toplam askıda katı madde miktarı azaltılacaktır. Daha sonra aktif karbon filtreler ile sudaki renk, koku, organik madde giderimi sağlanacak ve suyun ters ozmos giriş suyu parametrelerine uygunluğu teyit edilecektir. Filtrelerin geri yıkama suları DAF ünitesinin girişindeki dengeleme tankına iletilecektir.



Şekil 6. TIMEX Kum Filtreleri

İleri arıtma sistemlerinde yaygın kullanılan bir diğer teknoloji ise membran teknolojileridir. Membran teknolojilerinden genellikle endüstriyel atık su arıtı-

mında kullanılan ters ozmos sistemleri, bu tesislerde de atık suyun yeniden kullanılabilmesini sağlamak amacıyla çözünmüş anorganik ve organik maddelerin sudan uzaklaştırılması ve geri kazanım amacıyla kullanılacaktır. Aktif karbon filtrelerinden çıkan arıtılmış su kimyasal dozlamadan ardından depo tankına alınacak ve burada iletkenliği yüksek ters ozmos konsantre suyu ile karıştırılarak seyreltilecektir. Daha sonra tekrar ters ozmos girişine verilerek proses suyu özelliklerine getirilecek ve suyun geri kazanımı sağlanacaktır. Böylelikle, buharlaşma ve çamur içerisindeki su kayıpları haricinde proses kapalı devre olarak çalışacaktır. Su miktarındaki kayıplar ise gerektiğinde şebeke ya da lisanslı kuyudan temin edilecek besleme suyu ile tamamlanacaktır.

### **Çamur Yoğunlaştırma ve Susuzlaştırma Sistemi**

Genel olarak arıtma tesislerinde katı maddelerin çöktürülmesi sonucunda oluşan çamurların katı madde içerikleri düşük olduğundan, bu oranı arttırmak amacıyla çamur yoğunlaştırma işlemi uygulanır. Ardından çamurun stabilizasyonu sağlanır. Çamur susuzlaştırma işlemi ise stabilize edilmiş çamurun nem içeriğinin azaltılması amacıyla doğal veya mekanik yollarla yapılan işlemleri kapsar. Bu işlemler sonucunda çamurun katı madde şeklinde sistemden uzaklaştırılması sağlanır.

Tesislerde yapılan analizler neticesinde atık ham su katı madde miktarının fazla olması sebebiyle uzaklaştırılması gereken çamur miktarı da fazla olacaktır. Arıtma süreci kapsamında oluşan çamur dengeleme tanklarında toplanarak öncelikli olarak yoğunlaştırma ve susuzlaştırma proseslerinden geçirilerek çamur keki-katı atık elde edilecektir. Elde edilen katı atığın zengin içeriğinden ötürü tarımda gübre veya balık yem fabrikalarında yem katkı maddesi olarak kullanılması böylelikle döngüsel ekonomiye de katkı sağlanması planlanmaktadır.

### **Tartışma, Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışma kapsamında balıkçılık ve su ürünleri sektöründeki pilot tesisler incelenmiş olup bu tesislerdeki proses suyu ihtiyacı için atık suların geri kazanımı ele alınmıştır. Ters ozmostan çıkan iletkenliği yüksek atık suyun karakteris-

tiğine bağlı olarak alıcı ortam ve kanalizasyon deşarj standartlarını sağlamamasından yola çıkılmış olup gerekli proses suyu ihtiyacının kapalı devre bir sistem tasarımı ile karşılanabilmesi amaçlanmıştır. Su geri kazanımı için çeşitli birçok teknoloji ve sistem geliştirilmiş olmasına rağmen seçilen pilot tesislerde başarılı sonuçlar almak üzere optimum çözümler için uygun proses tasarımı yapılmıştır. Seçilen pilot tesislerde kullanılan ve yüksek organik kirliliğe maruz-kalan atık su, uygun arıtma yöntemleriyle birlikte ileri arıtım teknolojileri ve organik kimyasallar kullanılarak arıtıma tabi tutulmuş ve proses suyu özelliklerine getirilmiştir. Böylelikle suyun geri kazanımı sağlanarak kapalı devre sıfır deşarj konsepti ile çevre dostu bir proje elde edilmiştir.

Arıtma prosesi kapsamında oluşan çamurdan ise yoğunlaştırma ve susuzlaştırma prosesleri sayesinde katı atık oluşturulmuştur. Bu katı atığın zengin içeriğinden ötürü tarımda gübre ve balık-yem fabrikalarında yem katkı maddesi olarak kullanımı sağlanmıştır. Böylelikle döngüsel ekonomiye de katkıda bulunulmuştur. Ayrıca bu tesislerde, buharlaşma ve diğer kayıplar dışında harici kaynaklardan besleme olmadan minimum su ihtiyacı ve 98% oranında stabil bir su döngüsü sağlanmıştır.

Bu çalışma ile birlikte, atık su geri kazanımının önemi, olası yararları, su döngüsünün farkındalığı, mevcut su rezervlerinin korunarak geri kazanılan suyun etkin ve verimli kullanılması, geri kazanım sayesinde alıcı ortama deşarj edilen suyun hacminin azaltılarak çevrenin korunması ve tükenebilir kaynakların geri dönüşümü sayesinde geri kazanımının sağlanması ve aynı zamanda atıkların da yeni kaynaklara dönüşebilmesi gibi sonuçlar elde edilebilir.

Bu çalışma, bundan sonraki tesislerin planlanmasında tasarım esasları ile referans alınabilir niteliktedir ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine bir katkı sağlayacaktır.



## KAYNAKÇA

- 1) Chin, DA. (2000) Water-Resources Engineering, Prentice Hall, New Jersey, USA
- 2) Metcalf & Eddy, Inc. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4<sup>th</sup> edition, McGraw Hill, Inc., New York, NY
- 3) Syed R. Qasim. (2018). Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design Examples: Post-Treatment, Reuse, and Disposal.
- 4) TEPGE (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü). (2020). Ürün Raporu Su Ürünleri 2020.Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2020%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202020-317%20TEPGE.pdf>
- 5) TGDF (Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu). (2021). Türkiye Gıda ve İçecek Sektörleri Dış Ticaret Verileri. Erişim adresi <https://www.tgdf.org.tr/>



## 12. BÖLÜM

# NANO DEMİR OKSİTLERİN SENTEZİ VE GIDA KAYNAKLI PATOJENLERİN TESPİTİNDE KULLANIMLARI

**Batuhan BALTA,**

**Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI\***

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri  
Bölümü, İstanbul, Türkiye*

*\*gokhan.cayli@iuc.edu.tr*

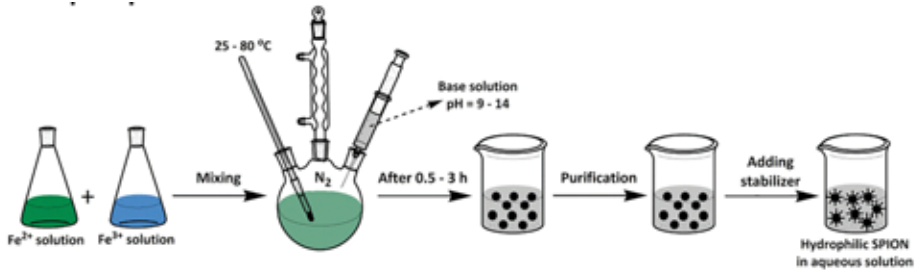
### GİRİŞ

Nano demir oksit tanecikleri üretimi kolay ve yüzeyleri rahatlıkla modifiye edilebilecek malzemelerdir. Nano demir oksitler birlikte çöktürme, termal dekompozisyon, mikro emülsiyon, sol-jel, hidrotermal ve sono kimyasal sentez metotları ile kolaylıkla sentezlenebilmektedir. Bu bölümün ilk kısmında kabaca nano demir oksitlerin sentezleri anlatılmıştır. Genel olarak demir oksit nano taneciklerin sentez için  $Fe^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarını ekimolar miktarda içeren çözeltiler birleştirilmiş ve daha sonra gerekli işlemler uygulanmıştır. Elde edilen nano tanecikler  $Fe_3O_4$  formülüne sahip magnetit olarak adlandırılan nano taneciklerdir. Magnetit dışında da demir oksit nano tanecikleri sentezlemek mümkündür ancak bu bölümde magnetit nano taneciklerden bahsedilecektir. Sentezlenmiş olan magnetit nano taneciklerin yüzeyi eşleştirme ajanları (coupling agents) ile kaplanıp başka moleküllerin takılmasına imkân verir hale getirilebilir ve bu sayede nano demir oksitler birçok alanda kullanılabilirler. Bu alanlardan en ilginç gıda kaynaklı patojenlerin tespiti. Bu bölümde sentez kısmından sonra nano demir oksit kullanılarak salmonella bakterisinin nasıl tespit edildiği anlatılmıştır. Nano demir oksit kullanılarak bu bakterinin tespitindeki hassasiyet çok artmaktadır çok az miktardaki (10 veya daha az bakteri) rahatlıkla tespit edilebilmektedir.

## 1- NANO DEMİR OKSİT SENTEZ METOTLARI

### 1.1- Birlikte Çöktürme

En basit ve en kolay yöntemlerden biri olan birlikte çöktürme tekniğinde zayıf veya güçlü bir baz ilavesiyle  $Fe^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarını içeren sulu çözeltilerden nano boyutta demir oksitlerin aynı anda çöktürülmesi sağlanır (Şekil 1). Ticari olarak temin edilebilen nano demir oksitlerin çoğu bu yöntemle sentezlenir. Birçok sentetik parametre, nihai olarak elde edilen demir oksit nano partiküllerinin boyutunu, şeklini ve bileşimini etkiler bunlar  $Fe^{2+} / Fe^{3+}$  oranı, sıcaklık, pH, kullanılan tuz türü (klorür, nitrat, sülfat, perklorat) ve kullanılan baz türü (NaOH,  $NH_4OH$ ,  $Na_2CO_3$ ) olabilir. Birlikte çöktürme tekniği sayesinde süper paramagnetik demir oksit nano tanecikler kolay bir şekilde elde edilirken bu yöntemle elde edilen malzemelerin kristaliniteleri düşük olup polidispersiteleri (tanecik boyutu dağılımı) ise yüksektir. Bu dezavantajları gidermek için bazı modifikasyonlar yapılabilmektedir. Bu tekniklerde üretim sırasında sabit bir manyetik alan uygulanması, ultrason tekniğinin kullanılması [1], baz olarak alkanol aminlerin kullanılması, karboksi fonksiyonlu polimer içeren bir matris kullanılması [2] örnek verilebilir.

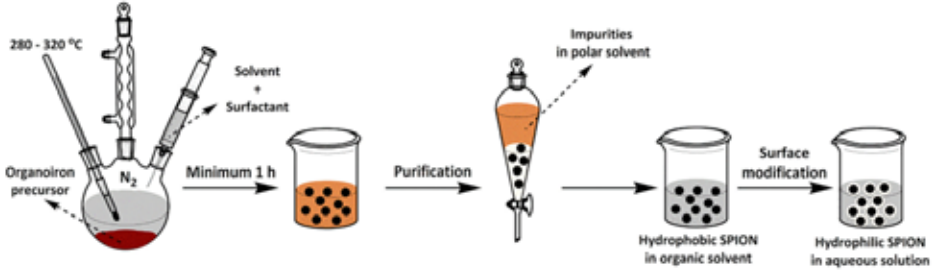


Şekil 1 – Birlikte çöktürme yöntemi ile nano demir oksitlerin sentezinin şematik gösterimi [3]

### 1.2- Termal Bozunma

Bu teknik ile poli dispersitesi (boyut dağılımı) düşük ve yüksek kristalinite de malzemeler üretmek mümkündür (Şekil 2). Bu özelliklerin yanı sıra tanecik şeklide kontrol edilebilir. Tipik bir termal bozunma metodunda, demir penta karbonil gibi organik demir bileşikler yüksek kaynama noktalı çözücüler içinde ve yüzey aktif maddeler varlığında termal ayrışmaya uğrar ve bu sayede demir

oksit nano tanecikleri elde edilir [4]. Yüzey aktif madde olarak ta kullanılabilen oleik asit, oleamin, yağ asitleri ve heksadesilamin gibi maddeler, nano partiküllerin çekirdeklenmesinin ve büyüme hızının ayarlanmasında etkilidirler, yapılan çalışmalar sonucu morfoloji ve nano partikül boyutu üzerindeki kontrolün büyük ölçüde reaksiyon süresine, reaksiyon sıcaklığına ve öncü-yüzey aktif madde oranına bağlı olduğu gözlenmiştir [5]. Reaksiyon sıcaklığının ve kullanılan yüzey aktif maddelerin optimum oranda seçimiyle monodispers (boyut dağılımı aralığı dar) ve kristaliniteleri yüksek ve bu sebeple süper paramagnetik özellik gösterebilen nano parçacıklar elde etmek mümkündür. Ancak bu yöntemde kullanılan yüksek kaynama noktalı solventlerin ve demir pentakarbonil gibi başlangıç maddelerinin toksisitesi nedeniyle termal bozunma yöntemi çevre dostu değildir. Sentez sonunda elde edilen nano parçacıkların yüzeyi hidrofobik olduğundan biyomedikal uygulamalar için gerekli olan suda dağılılabilen ve biyo-uyumlu nano partiküller elde etmek için ek bir yüzey modifikasyon işlemine daha ihtiyaç vardır.

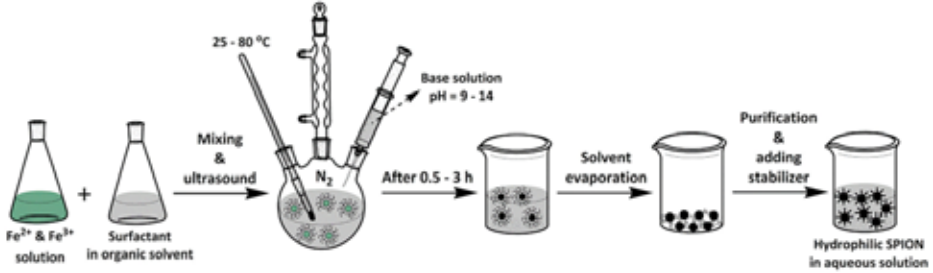


Şekil 2 – Nano demir oksit taneciklerinin termal bozunma metodu ile sentezi [3]

### 1.3- Mikro emülsiyon

Mikro emülsiyon metodunda demir tuzları yağın su içinde veya suyun yağ içindeki emülsiyonları şekline çevrilip daha sonra bu emülsiyonlarda nano tanecik elde edilir. Mikro emülsiyonlar esasen iki kategoriye ayrılır: su içinde yağ (o/w; normal miseller) ve yağda su (s/y; ters miseller). Emülsiyonlarda iki faz vardır bunlardan ilki ana faz olarak adlandırılır çoğunluğu oluşturan fazdır, diğeri ise kesikli fazdır (dağınık faz) yani az miktarda olan kısımdır. Kesikli

faz içerisinde demir tuzları bulunur ve bu faz içerisinde demir oksit nano taneçiklerinin çekirdeklenmesi ve kontrollü büyümesi gerçekleşir (Şekil 3). Mikro emülsiyonların hazırlanmasında dioktil sodyum dodesil sülfat (DSS), setil trimetil amonyum bromür (CTAB), sodyum dodesil sülfat (SDS) ve polietoksilatlar (Tween-20, tween -80 vb.) gibi çeşitli yüzey aktif maddeler kullanılabilir [4]. Misellerin boyutu değiştirilerek nano parçacıkların boyutu rahatlıkla kontrol edilebilir. Yine misellerin homojen boyut dağılımı nedeniyle, sentezlenen parçacıkların polidispersiteleri düşüktür ancak mikro emülsiyonların kararlılığı sıcaklıkla çok değişir bu sebeple sentezler genellikle düşük sıcaklıkta yapılır bu sebeple düşük verimle ve düşük kristalinite nano taneçikler elde edilir. Kristaliniteyi yükseltmek için sentezlenen nano taneçikler termal tavlama (sıcakta bekletme) işlemine tabi tutulabilirler [6]. Yine termal bozunma metodunda da olduğu gibi bu metotla da sentezlenen nano taneçikler yüzey aktif maddelerle kaplı olduğundan bunların uzaklaştırılması için ek işlemler yapılması gereklidir [7].

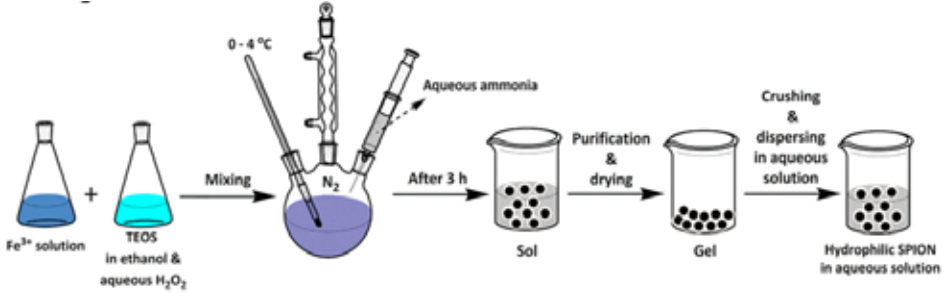


Şekil 3 – Nano demir oksit taneçiklerinin mikro emülsiyon metodu ile sentezi [3]

#### 1.4- Sol-jel

Demir oksit nano taneçiklerinin üretiminde kullanılan diğer bir yöntem sol-jel metodudur (Şekil 4). Sentez sırasında  $Fe^{3+}$  iyonlarını içeren çözeltinin, etanol içinde tetraetil ortosilikatın (TEOS) ve % 30 sulu  $H_2O_2$  içeren çözeltilerin karıştırılması ile elde edilir. Karıştırma sonrası ortama baz ilave edilerek hem TESO'un bozunması hem de demir oksit nano taneçiklerin oluşması sağlanır. Elde edilen ürün koloidal bir çözeltilidir. Koloidal çözelti daha sonra kimyasal reaksiyon veya

çözücü uzaklaştırma yoluyla jelleştirilir 3 boyutlu bir demir oksit ağı elde edilir. Demir oksit nano partiküllerini elde etmek için, oluşan jel, kurutulduktan sonra ek bir ezme işlemi gereklidir. Jelleşmeden önce sisteme yüzey aktif madde eklenirse 3 boyutlu bir ağ oluşmadan nano boyutlu demir oksitler oluşur ki bu durum pek istenmez. Sol-jel sentez tekniği sayesinde ılımlı şartlarda monodispers ve nispeten büyük boyutlu nano partikülleri iyi verimle sentezlemek için kullanılabilir. Bununla birlikte, sol-jel tekniği oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden elde edilen nano parçacıkların kristalinitesi düşüktür. Kristaliniteyi arttırmak için ısıtma işlemi ihtiyaç vardır. Sentez sırasında yan ürünler oluşur ve bunlarında temizlenmesi gerekir. Sıcaklık, pH, kullanılan çözücü, TEOS ve demir tuzu konsantrasyonu nano tanecik yapısını ve verimini etkileyen ana parametrelerdir. Nano parçacıklardaki silika kabuğunun kalınlığı genellikle TEOS ve amonyak miktarı kontrol edilerek ayarlanabilir [8].



Şekil 4 – Nano demir oksit taneciklerinin sol-jel metodu ile sentezi [3]

### 1.5- Diğer Metotlar

Yukarıda belirtilen yöntemlerin dışında hidrotermal, sonokimyasal ve elektrokimyasal depozisyon metotları demir oksit nano taneciklerinin sentezinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Fazla miktarda demir oksit nano tanecik sentezlenmek istenirse Hidrotermal sentez metodu avantajlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu metotla düşük maliyetli ve kristalinitesi yüksek demir oksit nano partiküllerinin sentezi mümkündür. Bu yöntemde, sulu çözelti içinde çözüldürülen bir demir tuzları karışımı, sıcaklığın  $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkarılabildiği, kapalı, teflon kaplı paslanmaz çelik bir otoklava yerleştirilir, daha sonra

sistemin basıncı yükseltilir ve belli süre sonunda demir oksit nano taneciklerinin oluştuğu gözlenir. Nano parçacık oluşumu, boyutu ve boyut dağılımı üzerinde sıcaklık, basınç, demir tuzlarının konsantrasyonu ve reaksiyon süresi çok etkilidir. Basit ve pratik bir yöntem olmasına rağmen hidrotermal metotla parçacıkların nihai boyutunu kontrol etmek zordur ve çoğu zaman polidispers tanecikler oluşur [9,10].

Demir oksit nano taneciklerin sentezinde kullanılan diğer yöntem ise sonokimyasal sentezdir. Bu sentezde ultrason dalgaları kullanılmaktadır. Ultrasonik ışınlamanın yüksek enerjisi, sulu çözeltide yaklaşık 5000 ° C'lik bir sıcaklığa akustik boşluklar oluşturabilmektedir. Bu yöntemle yüksek sıcaklıklara veya uzun reaksiyon sürelerine ihtiyaç duymadan çeşitli şekillerde tek boyutlu (monodispers) süper paramagnetik demir oksit nano tanecikler sentezlenebilmektedir. Bununla birlikte, ultrasonik ışınlamanın sebep olduğu yüksek sıcaklık ortam tarafından çok çabuk giderildiğinden bu metotla üretilen nano taneciklerin kristalizasyon oranları düşüktür ve daha fazla ısıl işleme ihtiyaç duyarlar [9,11].

Elektrokimyasal sentez metodunda ise, bir elektrolit içinde bulunan iki elektrot (yani anot ve katot) arasında bir elektrik akımı geçirilir çözelti içerisinde ise kaplama görevi de gören ve ortamın stabilizasyonunu sağlayan bir madde varlığında bu işlem yapılır. Yüksek saflıkta ürün elde etmek mümkündür. Parçacık boyutunun kontrolü, sisteme uygulanan voltaj veya akımın ayarlanmasıyla sağlanır. Bu metotla henüz büyük ölçekli üretim yapılamamaktadır ve oda sıcaklığında gerçekleşen bir proses olduğu için üretilen nano tanecikler içerisinde kristalinite yüksek değildir [12].

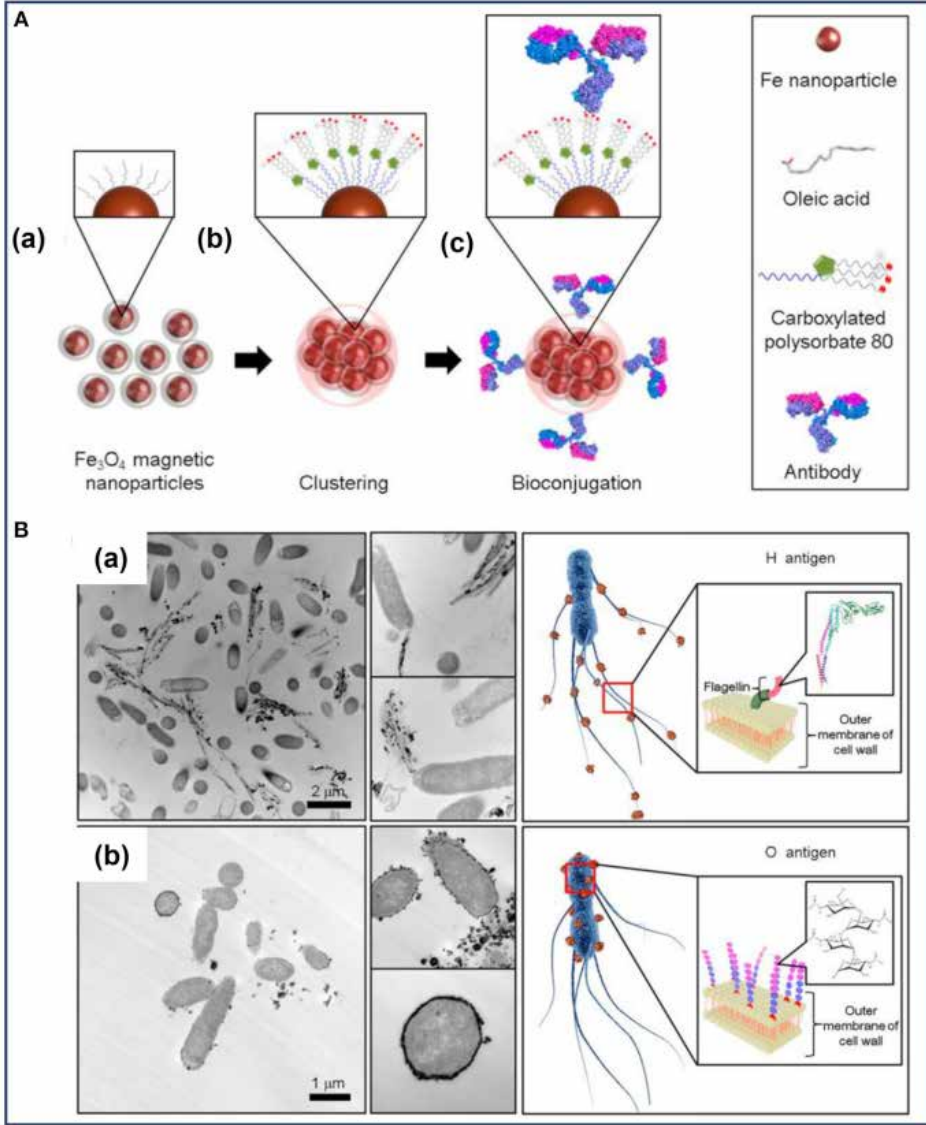


## 2- PATOJENLERİN NANO DEMİR OKSİTLE TESPİTİ

Tüketilen gıdalarda çoğalan bakteri kolonileri birçok ülkenin kırsal ve şehir kesimlerinde görülmektedir. Birçok zararlı bakteri türünün insan sindirim sistemindeki negatif etkileri çeşitli hastalıklara ve hatta ölüme yol açabilmektedir. Gıda kaynaklı patojenlerin ortamdan uzaklaştırılması güvenli gıda tüketimi açısından önemli olup bu sorunun giderilmesi ile alakalı yapılan çalışmaların çoğu verimli sonuçlar vermemektedir.

Çözüm bulabilmek adına yapılan çalışmaların yanında demir oksit nano taneciklerinin de etkili olabileceği düşünülmüştür. Yapılan çalışmalar demir oksit nano taneciklerinin modifiye edilip, hedef patojeni tanınması ve manyetik kuvvetten yararlanılarak patojenin ortamdan uzaklaştırılması üzerine kuruludur. Tanınmanın hatasız bir şekilde sağlanabilmesi için demir oksit nano tanecikleri antikolar ile modifiye edilir. Kullanılan antikora göre belirlenen hedef spesifik olarak tanınır.

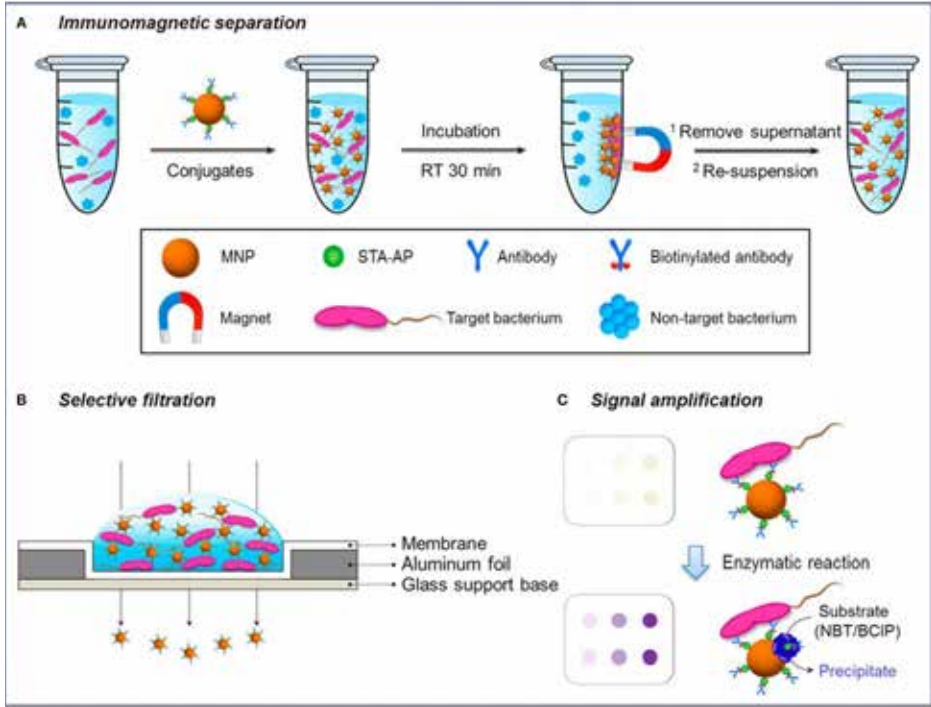
Kim Y. T. ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmada patojenlerin tespiti için demir oksit nano taneciklerini antikor ile modifiye ederek Salmonella typhimurium bakterisinin gövdesinde bulunan “H” antijeninin ve kamçılarındaki bulunan “O” antijeninin tanınmasını sağlamışlardır [13]. Spesifik tanımayı sağlamak için ilk olarak nano demir oksit tanecikleri sentezleyerek, oleik asit bağlamışlardır. Oleik asit ile kaplanıp, karboksillenmiş polisorbata bağlanan nano demir oksit tanecikleri bir araya gelerek küme yapısı oluştururlar. Karboksil grubu, amino grubu ile etkileşime gireceğinden antikorun nano demir oksit kümesine bağlanması için karboksillenmiş polisorbata büyük önem arz etmektedir. Bağlanan antikor “H” veya “O” antijenini tanıyacak türde olabilir. Eğer antikor “H” antijenine bağlanırsa farklı, “O” antijenine bağlanırsa farklı etki görülecektir. Örnek olarak; H antijeni Salmonella bakterisinin kamçılarındaki yer almaktadır. Antikorun “H” antijenini tanınması sonucunda bakterinin hareket kabiliyeti de kısıtlanmış olacaktır.



Şekil 5 – (A) Nano demir oksit taneçiklerinin hazırlanması ve modifikasyon ve (B) Salmonella bakterisi tespitinde kullanılması [17].

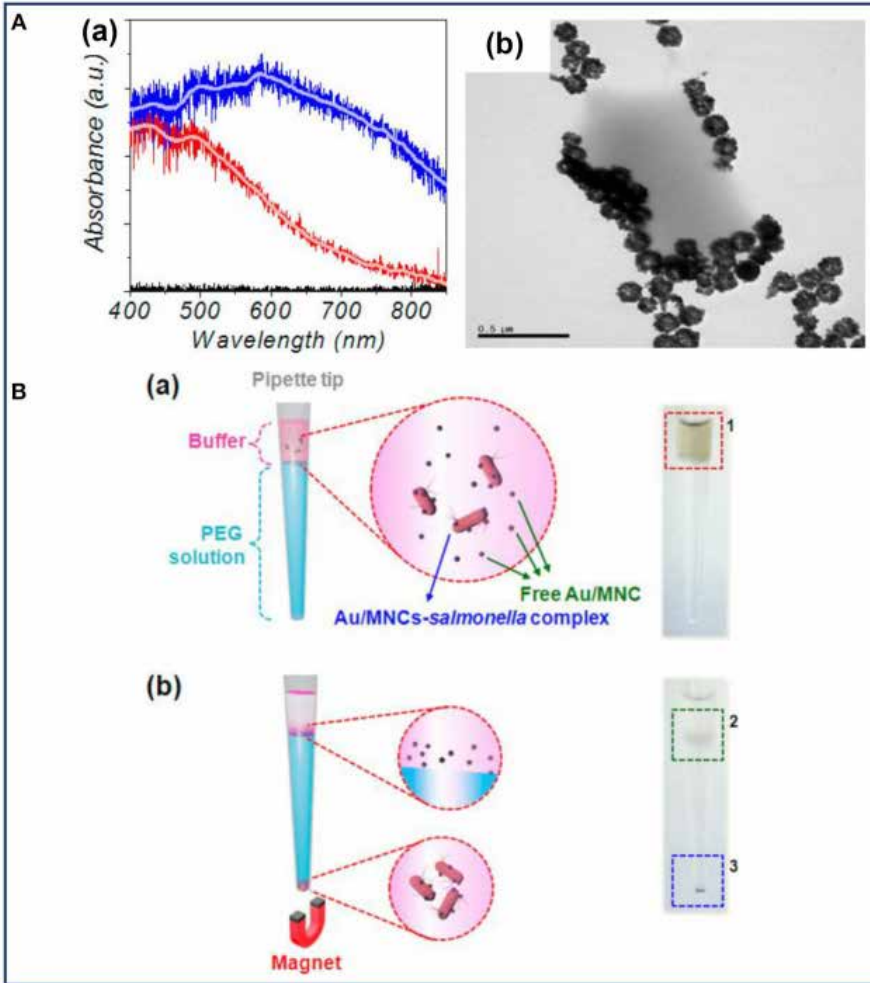
Demir oksit nano tanecikleri ile patojenin ortamdan uzaklaştırılması sağlanabileceği gibi ortamdan saf bir şekilde istenilen bakterinin elde edilmesi ve kalorimetri yönetimi ile doğrulanması için de kullanılabilir. Bu sayede istenilmeyen bakteri ortamdan uzaklaştırılırken aynı zamanda saf şekilde elde edileceğinden başka amaçlar için kullanılabilir. Literatürde bu amaçla kullanıma olanak verdiği gösteren çalışmalar bulunmaktadır.

Örnek olarak; Kim ve arkadaşları 2018 yılında yaptıkları çalışmada, *Escherichia coli* bakterisinin seçici bir şekilde ayrıştırılması ve kalorimetri ile tanıma yöntemini göstermişlerdir [14]. Bu yöntemde nano demir oksit tanecikleri antikör ve spesifik enzim ile modifiye edilmiş, daha sonra bakterilerin bulunduğu bir tüpe konulmuştur. Tüpte birden fazla bakteri türü bulunmaktadır. Hedeflenen bakteri türüne bağlanacak antikör kullanıldığından ortamda bulunan hedeflenmeyen bakteri türlerine antikör ile modifiye edilmiş nano demir oksit tanecikleri bağlanmayacaktır. Tüpün bir süre bekletilmesi yani inkübasyon işlemi gerekmektedir. Inkübasyon sırasında nano demir oksit tanecikleri istenilen bakteriye bağlanmaktadır. 30 dakikalık bir inkübasyon süresinden sonra tüpe manyetik kuvvet uygulanmıştır. Nano demir oksit tanecikleri manyetik alana çekildikten sonra tüpteki istenmeyen bakteri ortamdan uzaklaştırılmıştır. Fakat ortamdan hala bağlanmamış nano demir oksit taneciklerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için ise seçici bir şekilde ayrıştırma yapılmıştır. Cam bir yüzey ile desteklenmiş alüminyum folyo ve seçici zar sadece belirli bir boyutun altı için geçirgendir. Nano demir oksit tanecikleri bakterinin boyutundan küçük olduklarından bağlanmayanlar zardan geçmişlerdir. Saf bir şekilde istenilen bakterinin elde edilip edilmediğini doğrulamak için ise, nano demir oksit taneciklerinin yüzeyine modifiye edilmiş enzimden faydalanmışlardır. Enzim ortamda gerekli substrat olduğunda bir reaksiyon vermiş ve bu reaksiyon sonucunda bir çökelti oluşmuştur. Oluşan çökelti renk değişimine sebep olduğundan ortamdaki bakteriyi ve bakterinin yoğunluğunu göstermiştir.



**Şekil 6 – (A) Antikor ile modifiye edilmiş nano demir oksit tanecikleri kullanılarak manyetik ayırma, (B) Seçimli filtreleme (C) Sinyal kuvvetlendirme [17]**

Demir oksit nano taneciklerinin yardımıyla bakteriyi gözle görülür bir şekilde ortamdaki uzaklaştırmakta mümkündür. Kwon ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmada ise *Salmonella typhimurium*'a bağlanan antikor ile modifiye edilmiş altın kaplı nano demir oksit tanecikleri ile bir ayrıştırma metodu geliştirmişler [15]. Pipet ucunun içerisine kurulan sistemde buffer solüsyonu (tampon çözelti) ve PEG solüsyonu kullanılmıştır. Buffer solüsyonu içerisinde bakteriye bağlanan ve bağlanmayan antikor ile modifiye edilmiş altın kaplı nano demir oksit tanecikleri bulundurmaktadır. Manyetik kuvvet uygulanmış, PEG solüsyonunun sağladığı geçirgenlik sayesinde bakteri ile bakteriye bağlanan nano tanecikler pipet ucunun manyetik kuvvet uygulanan tarafına doğru çekilmişlerdir. Böylelikle bağlanan ve bakteri ile kompleks yapı oluşturan tanecikler ile bağlanmayanlar birbirlerinden ayrıştırılmıştır. Gözle yapılabilen bu ayrıştırma diğer yöntemlere göre daha hızlı olduğundan tercih edilebilir.



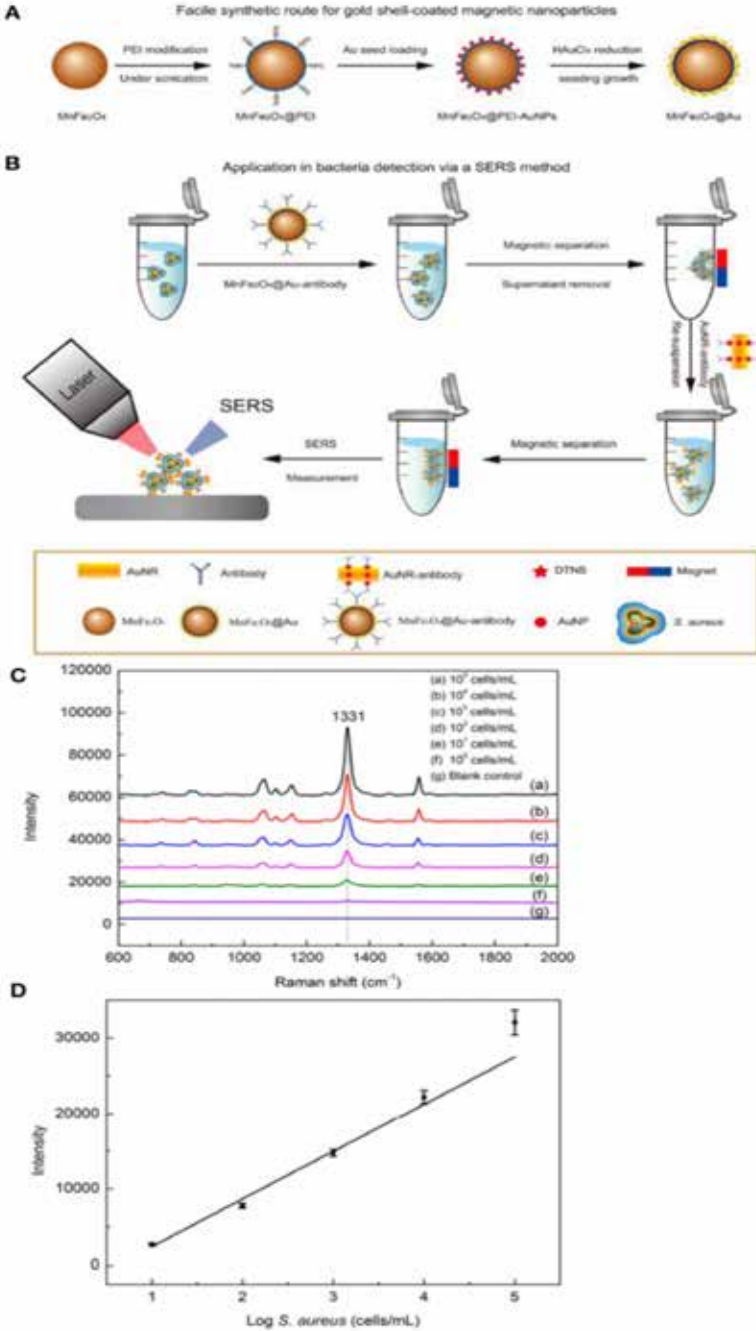
**Şekil 7 – Altın kaplı manyetik nano taneçiklerin sentezi, karakterizasyonu ve salmonella bakterisi tespitinde kullanımlar [17]**

Wang ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmada ise, nano demir oksit taneçiklerini PEI (polietilen imin) ile modifiye ederek altın kaplamışlardır [16]. Daha sonra yüzeyi geliştirilmiş Raman spektrumu (SERS) ile ölçüm yapabilmek için aşamalardan geçirmişlerdir. Altın kaplanan nano demir oksit taneçikleri (MnFe<sub>2</sub>O-Au) antikor ile modifiye edilmiştir. Bu sayede bakteriye spesifik bir şekilde bağlanan nano demir oksit taneçikleri hedef bakteri haricindeki diğer istenmeyen patojenlerin ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamıştır. Wang ve arkadaşları daha sonra bakteriye bağlanan nano demir oksit taneçiklerinin bulunduğu

tüpe antikor bağlanmış altın nano çubuklarını (AuNR-antibody) koymuşlardır. Bu antikor bağlanmış altın nano çubukları da bakteriyi spesifik olarak tanıyıp bağlanmışlardır. Altın nano çubuklarının kullanım amacı SERS ile yapılan ölçümün hassasiyetini arttırmak amaçlıdır. SERS ölçümü yapıldığında ortamda bulunan bir bakteriyi bile gözlemlemeye imkân veren aşırı yüksek hassasiyette pikler görülmüştür.

Pikler ortamda bulunan bakteri konsantrasyonunu göstermektedir. “C” kısmında görüldüğü üzere (f) ortamdaki 1 bakteri/mL, (e) ise ortamdaki 10 bakteri/mL pikleri belirlidir. Kullanılan antikor bağlanmış altın nano çubuklarının ve doğru şekilde modifiye edilerek antikor bağlanmış demir oksit nano tanecikleri sayesinde yüksek hassasiyete ulaşılmıştır.

Kullanılan yöntem maliyetli gözükse de aşırı yüksek hassasiyete sahip olduğundan maliyet açısından mantıklıdır. Özellikle fabrikalarda kullanılan büyük tanklar gibi toplu sıvı üretimi yapılan yerlerde test amaçlı olarak kullanılması ileride oluşabilecek sorunların üstesinden gelinmesi konusunda büyük önem arz etmektedir.



Şekil 4 – (A) Altın kaplı demir oksit nano taneçiklerin sentezi, (B) Altın kaplı demir oksit nano taneçiklerinin antikor ile modifiye edilmesi, manyetik ayırma işlemiyle ayrılması. (C,D) SERS metodu ile bakteri miktarının tespiti ve ölçümü [17]





## KAYNAKÇA

- 1- S. Wu, A. Sun, F. Zhai, J. Wang, W. Xu, Q. Zhang, A.A. Volinsky, Fe 3O4 magnetic nanoparticles synthesis from tailings by ultrasonic chemical co-precipitation, *Mater. Lett.* 65 (2011) 1882–1884
- 2- S. K. Suh, K. Yuet, D.K. Hwang, K.W. Bong, P.S. Doyle, T.A. Hatton, Synthesis of nonspherical superparamagnetic particles: in situ coprecipitation of magnetic nanoparticles in microgels prepared by stop-flow lithography, *J. Am. Chem. Soc.* 134 (2012) 7337–7343
- 3- S. M. Dadfar., K. Roemhild., N.I. Drude, V.S. Stilfried., R. Knüchel., F. Kiesling., T. Lammers., Iron oxide nanoparticles: Diagnostic, therapeutic and theranostic applications, *Adv. Drug Deliv. Rev.*, 138 (2019) 302-325
- 4- R. Hufschmid, H. Arami, R.M. Ferguson, M. Gonzales, E. Teeman, L.N. Brush, N.D. Browning, K.M. Krishnan, Synthesis of phase-pure and monodisperse iron oxide nanoparticles by thermal decomposition, *Nanoscale* 7 (2015) 11142–11154.
- 5- L. Sharifi, H. Shokrollahi, S. Amiri, Ferrite-based magnetic nanofluids used in hypertension applications, *J. Magn. Magn. Mater.* 324 (2012) 903–915
- 6- Y. Lee., J. Lee., C.J. Bae., J.G. Park., H.J. Noh., J.H. Park., T. Hyeon, Large-scale synthesis of uniform and crystalline magnetite nanoparticles using reverse micelles as nanoreactors under reflux conditions, *Adv. Funct. Mater.* 15 (2005) 503–509
- 7- S. Hasani., I. Ahmed., J. Rajan., A. Rehman., Systematic review of the preparation techniques of iron oxide magnetic nanoparticles, *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2 (2012) 148–158
- 8- E. Puscasu, L. Sacarescu, N. Lupu, M. Grigoras, G. Oanca, M. Balasoiu, D. Creanga, Iron oxide-silica nanocomposites yielded by chemical route and sol–gel method, *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 79 (2016) 457–465
- 9- W. Wu, Z. Wu, T. Yu, C. Jiang, W.-S. Kim, Recent progress on magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, surface functional strategies and biomedical applications, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 16 (2015), 023501
- 10- W. Wu, Q. He, C. Jiang, Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis and surface functionalization strategies, *Nanoscale Res. Lett.* 3 (2008) 397

- 11- B. K. Sodipo., A. A. Aziz., One minute synthesis of amino-silane functionalized superparamagnetic iron oxide nanoparticles by sonochemical method, *Ultrason.Sonochem.* 40 (2018) 837–840
- 12- D. Ramimoghadam., S. Bagheri, S.B.A. Hamid, Progress in electrochemical synthesis of magnetic iron oxide nanoparticles, *J. Magn. Mater.* 368 (2014) 207–229
- 13- Y. T. Kim., K. H. Kim., E. S. Kang., G. Jo., Ahn, S. Y., S. H. Park., et al. Synergistic effect of detection and separation for pathogen using magnetic clusters. *Bioconjugate Chem.* 27 (2016) 59–65.
- 14- S. U. Kim., E. J. Jo., H. Mun., Y. Noh., M. G. Kim., Ultrasensitive detection of escherichia coli o157:h7 by immunomagnetic separation and selective filtration with nitroblue tetrazolium/5-bromo-4-chloro-3-indolyl phosphate signal amplification. *J. Agri. Food Chem.* 66 (2018) 4941–4947.
- 15- D. Kwon., J. Joo., J. Lee., K. H. Park., S. Jeon., Magnetophoretic chromatography for the detection of pathogenic bacteria with the naked eye. *Anal. Chem.* 85 (2013) 7594–7598.
- 16- J. Wang., X. Wu., C. Wang., Z. Rong., H. Ding., H. Li., et al. Facile synthesis of Au-coated magnetic nanoparticles and their application in bacteria detection via a SERS method. *ACS Appl. Mater. Interf.* 8 (2016) 19958–19967.
- 17- C. Xu., O. U. Akakuru., J. Zheng., A. Wu., Applications of Iron Oxide-Based Magnetic Nanoparticles in the Diagnosis and Treatment of Bacterial Infections. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 7 (2019) 141.

### 13. BÖLÜM

## ASSESSMENT OF THE NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDE LEVELS IN SOILS OF THE ALANYA COASTS OF ANTALYA

**Keşer HIŞIROĞLU AYAR**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü*

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the concentrations of natural and artificial radionuclides in Alanya district of Antalya. Soil samples were collected from the study area to determine the radioactivity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  using gamma spectrometer analysis. Three soil samples were taken from different stations at a depth of approximately 10 cm from the surface by clearing the grass on the soil surface. The sampling stations consisting of large, flat, uncultivated and grassy areas have been chosen to represent the busy frequencies of people. The concentration of the natural and artificial radioactivity ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) in the soil samples were determined using a high-resolution HPGe spectrometry system. First, the absolute efficiency calibration of the detector was determined using standard samples. Soil samples were placed in polyethylene containers and kept for about 1 month to stabilize radon thoron products. Then, soil samples were counted singly at the detector. The measured average activity concentrations for  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{137}\text{Cs}$  were  $27.3 \pm 14 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $583 \pm 127 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $24.4 \pm 3.4 \text{ Bq kg}^{-1}$  and  $1.0 \pm 0.8 \text{ Bq kg}^{-1}$ , respectively. The  $^{137}\text{Cs}$  ( $t_{1/2} = 30 \text{ y}$ ) concentration was seen that these concentrations were quite comparable with the values determined in other background studies. The values obtained in this study were compared with the values in the UNSCEAR reports and another studies. This study will provide to database for similar studies in the future.

**Keywords:** radionuclides, Alanya, gamma spectrometry

## **Introduction**

Radioactivity is one of the most important parts of human life. Mankind has always been exposed to natural and artificial radiation. A large part of natural radiation originates of rock, soils and cosmic rays. Also, most of the artificial radiation we are exposed to is due to nuclear power plant accidents and nuclear weapon tests that occurred in the past [1].

There are various amounts of radioactive material in all the soils and water sources in the earth. Natural radioactivity in the soils mainly consists of Radium-226 and Thorium-232 isotopes, especially Potassium-40. Radioactivity in granitic soils is quite high compared to other soil types [2]. Besides this, artificial radioactivity studies are generally carried out by researching Cs-137 concentrations. The level of Cs-137 is important, as it represents the level of influence of the region mostly from Chernobyl [3].

The purpose of determining radionuclide levels of a region is to provide an internationally preliminary information about the radioactivity of the region. Environmental radioactivity studies performed nearly every region in Turkey and were reported during the years. In this paper, soil samples taken from Alanya district of Antalya were analyzed by gamma spectrometric analysis.

## **1. EXPERIMENTAL METHODS**

### **1.1 Samples**

In order to determine the radioactivity levels of Alanya, three soil samples were taken from different stations, approximately 10 cm depth from the surface. Samples were taken from wide, flatness, uncultivated and lawn areas. Therefore, it is thought that sampling stations were selected particularly to represent the entire region. As shown in Figure 1, the stations were named as Alanya, Kestel and Mahmutlar.



**Figure 1.** Sampling Stations

## 1.2 Radioactivity Measurement

Natural and artificial radioactivity concentration (Ra-226, Th-232 and K-40, Cs-137) in the soil samples were determined using a high-resolution HPGe spectrometry system.

High resolution gamma ray spectrometry with a high purity germanium detector (HPGe) is used to determine the radioactive concentration of various samples. Determining the activity for each radionuclide requires preliminary information of the full energy peak efficiency at each photon energy. The efficiency of the detector depends on the source distance, crystal absorption cross section and shape, window and volume. HPGe detector offers high resolution and is an essential tool for nuclide identification [4].

First, the absolute efficiency calibration of the detector was determined using standard samples. Soil samples were placed in polyethylene containers and kept for about 1 month to stabilize radon thoron products. Then, soil samples were counted singly at the detector.

## 2. RESULTS AND DISCUSSION

The activity concentrations of K-40, Th-232, Ra-226 and Cs-137 have been determined for three soil samples. As can be seen from Table 1, average concentrations of K-40, Ra-226, Th-232 and Cs-137 radionuclides are  $583 \pm 127$  Bq  $\text{kg}^{-1}$ ,  $27.3 \pm 14$  Bq  $\text{kg}^{-1}$ ,  $24.4 \pm 3.4$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  and  $1.0 \pm 0.8$  Bq  $\text{kg}^{-1}$ , respectively.

**Table 1.** Activity concentrations of soil samples

Sample No.	K-40 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Ra-226 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Th-232 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Cs-137 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )
Sample 1	523.1	43.2	26.3	1.2
Sample 2	729.1	16.2	20.4	1.7
Sample 3	496.7	22.6	26.4	MDA*

\*MDA is the Minimum Detectible Activity

In Table 2, present study results have been compared with similar studies. The average Cs-137 concentration was very low when compared to other studies done in the region. The calculated K-40 and Th-232 concentrations are higher than similar studies conducted in the region and also world averages determined by UNSCEAR.

**Table 2.** Comparison of activity concentrations with values reported for different studies

Region	K-40 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Ra-226 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Th-232 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	Cs-137 (Bq $\text{kg}^{-1}$ )	References
Çanakkale Strait	443.7- 725.6	16.9e48.6	17.5e58.3	< 2-20	Yümün, 2017
Kastamonu	431.43	-	27.17	8.02	Kam, 2007
Tekirdağ	580	-	39	5.2	Kam, 2009

Çankırı	357	-	22.3	4.1	Kapdan, 2011
Şanlıurfa	298.6	-	24.95	9.08	Bozkurt, 2007
Kayseri	23.68 to 2718.71	-	0.68 to 245.55	11.53	Otansev, 2011
Eastern Aegean Sea	71-82	0,24-13	12.40	3	Kurt, 2016
Erzincan	98-714	2.7-27.8	3.2-39.4	0.4-57.8	Yalcın, 2018
Marmara Sea	24.4 - 670	10.50	18.8-86	0.9 - 9.4	Yümün, 2020
Antalya	482±49	26.0±2.8	12.7±1.3	8.33±0.9	Varinlioğlu, 2005
Alanya	333±34	31.3±3.5	26.7±2.7	13.0±1.5	Varinlioğlu, 2005
Turkey	448.5	-	33.0	-	Ş. Turhan, 2012
Alanya	583±127	27.3± 14	24.4±3.4	1.0±0.8	Present Study
Worldwide mean	420	-	45.0	-	UNSCEAR, 2000

### 3. CONCLUSION

In this study, the radioactivity levels of Alanya coasts were determined with three soil samples using gamma ray spectrometry with a HPGe detector. It can be concluded that, the highest activity radionuclide is K-40 and its mean concentration is higher than the world average. While the activity of Th-232 was above the world average, the concentration of Ra-226 was close to other studies in the region. Also, the concentration of Cs-137 is almost MDA level. In conclusion, the mean radionuclide levels of the investigation area are acceptable for livings.





## REFERENCES

- [1] Wahlstroem, B. (1994) Radiation in everyday life.
- [2] Atakan, Y. (2008) Natural radioactivity, natural radiation and radiation doses in human body.
- [3] TAEK, 1988. Radioactivity and radiation measurements after the Chernobyl accident. Reports of the Turkish Atomic Energy Commission, Ankara, Turkey.
- [4] Demir D., Eroğlu M, A. Turşucu. (2013) Studying of characteristics of the HPGe detector for radioactivity measurements, Journal of Instrumentation. Journal of Instrumentation, Volume 8.
- [5] Kam E., Yazar Y., Bozkurt A. (2010) A study of background radioactivity level for Tekirdag. Radiation Protection Dosimetry; v. 138(1); p. 40-44
- [6] Yümün Z., Kam E. (2017) Effects of radionuclides on the recent foraminifera from the clastic sediments of the Çanakkale Strait-Turkey. Journal of African Earth Sciences, 131 (2017) 17-182.
- [7] Kam E., Bozkurt A. (2007) Environmental radioactivity measurements in Kastamonu region of northern Turkey. Applied Radiation and Isotopes 65 (2007) 440–444
- [8] Bozkurt A., et al. (2007) Assessment of environmental radioactivity for Sanliurfa region of southeastern Turkey. Radiation Measurements 42 (2007) 1387 – 1391
- [9] Otansev P., et al. (2011) Assessment of natural radioactivity concentrations and gamma dose rate levels in Kayseri, Turkey. Radiation Protection Dosimetry 148(2):227-36
- [10] Kapdan E., et al. (2011) A study of environmental radioactivity measurements for Cankiri, Turkey. Radiation Protection Dosimetry (2011), pp. 1–7
- [11] Kurt D., et al. (2016) Distribution of Gamma Radiation Levels in Core Sediment Samples in Gulf of Izmir Eastern Aegean Sea Turkey. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental, Chemical, Eco-

logical, Geological and Geophysical Engineering Vol:10, No:3, 2016

- [12] Yalcin P., et al. (2018) Determining Natural Radiation Level in River Water of Upper Euphrates (Karasu) Basin's Part Located in Erzincan Province Borders. *Journal of Physical Science and Application* 8 (2) 43-52
- [13] Yümün Z., Kam E. (2020) Radionuclide Potential of Holocene Sediments in the West of Marmara Sea (Turkey). *JOTCSA*. 2020; 7(2); 517- 524.
- [14] Turhan Ş., et al. (2012) Distribution of terrestrial and anthropogenic radionuclides in Turkish surface soil samples. *Geoderma Volumes 187–188*, Pages 117-124.

## 14. BÖLÜM

# THE SUSTAINABLE RECYCLING OF PLASTICS IN TURKEY

**Dr. Cengiz KAHRAMAN<sup>1\*</sup>,**

**Dr. Öğr. Üyesi Güzide Öncü EROĞLU PEKTAŞ<sup>2,</sup>**

**Prof. Dr. Mohammed SHARAF<sup>2\*</sup>**

*\*Corresponding authors.*

*Emails: cengiz.kahraman@istanbul.edu.tr;  
mohammed.sharaf@istanbul.edu.tr*

### ABSTRACT

Turkey is the second largest economy in the Organization of Economic Development (OECD) and the fastest growing. The country's rapid economic development and population increase are likely to aggravate environmental pressures.

The production of plastics has been on the rise over the last 70 years. Plastics are inexpensive, lightweight and durable materials, which can readily be fabricated into products of wide utility. Nonetheless, their usage and disposal create several environmental problems. A major portion of new plastic is discarded within a year of their manufacture. Thus, our current use of plastics is not sustainable. In addition, single use plastic items are accumulating as debris in landfills and in the natural habitats worldwide. Recycling help alleviate these impacts. Recycling provides opportunities to reduce oil usage, greenhouse gas emissions, and the waste requiring disposal. Here, we briefly focus on recycling as waste-reduction strategies.

The quantities of recycled plastics vary geographically. In Turkey, about 12% of virgin plastics is recycled. Recovery of packaging materials has expanded due to new technologies in collection, sorting, and reprocessing of recyclable

plastics. A combined action by governments of Turkey, the public, and industry, diversion of plastic waste from landfills could come true over the next decades.

**Keywords:** plastics recycling in Turkey, plastic packaging, environmental impacts, waste management, zero-waste.

## 1. INTRODUCTION

Plastics are now an integral part of the world economy and that have transformed our lifestyles. They are currently heavily used in several sectors from packaging, construction, transportation, and electronics ... etc. Plastics have advantage of being made of cheap materials, lightweight, durable, and easy to manufacture.

Today, the world produced about 400 million tonnes of plastic waste every year. Only 9% of this waste have been recycled. More than 6.3 billion tonnes of plastics have been produced since the early 1950s. About 60% of that plastic has ended up either in landfills or in the natural environment [1,2]. According to the UN environment (UNEP), more than eight million tons of plastic ends up in the ocean annually; that's equal to dumping one garbage truck of plastic per minute, at a cost of around \$8 billion, in damage to marine ecosystems [2]. It is estimated that by 2050, there will be more plastic than fish in the sea. Microplastics marine debris are now confirmed in table salt, in fresh water (that we are drinking today), each person on the planet is believed to have plastic in their bodies (*plastic human beings*) [3]. It is imperative that such trends ought to be reversed.

Generally, the interest in being green makes sense. It can be assumed that everyone, theoretically at least, wants environmental sustainability. People want a clean, habitable earth with healthy places to live in, plus healthy wildlife in natural areas and oceans. However, the specific issues that determine or affect sustainability do not have consensus.

To address these paramount issues, in Basel in May 2019, 187 countries agreed to amend Annexes to better incorporate plastic waste into the *first legally abounding frame* for all nations of the Basel convention and thus establishing the new Plastic Waste Partnership (PWP) under the Basel Convention [4]. The overall tasks of the PWP group include advancing the prevention, minimization,

collection and environmentally sound management of plastic waste, Also, it involves collection, analysis and consideration of possibilities to improve information on transboundary movements of plastic waste.

### 1.1 Consumers Interest in Sustainability

Environmental sustainability is of great interest now to an increasing number of consumers. Nonetheless, their interests may not be clearly reflected [5-7]. Most consumers think that the retailer’s environmental efforts are paramount. But a few are willing to give up their convenience to pay more for sustainable products. And for many, the term “sustainable” has become part of the daily lexicon, diluting its meaning and impact.

**Fig. 1. This statistic shows the results of a 2019 survey on how concerned people in Turkey are about the use of disposable, non-recyclable products such as plastic straws. According to data, 75 percent of respondents are concerned about this issue, compared with 25% percent who are not concerned [8,9,10].**

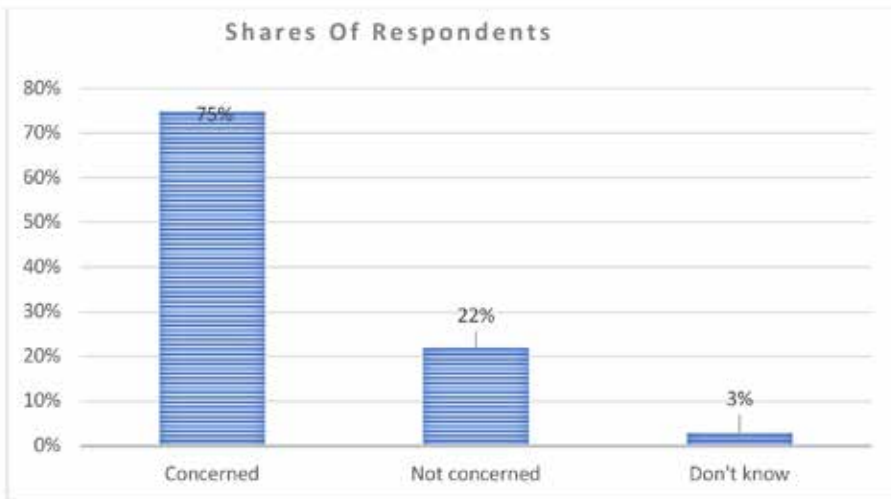
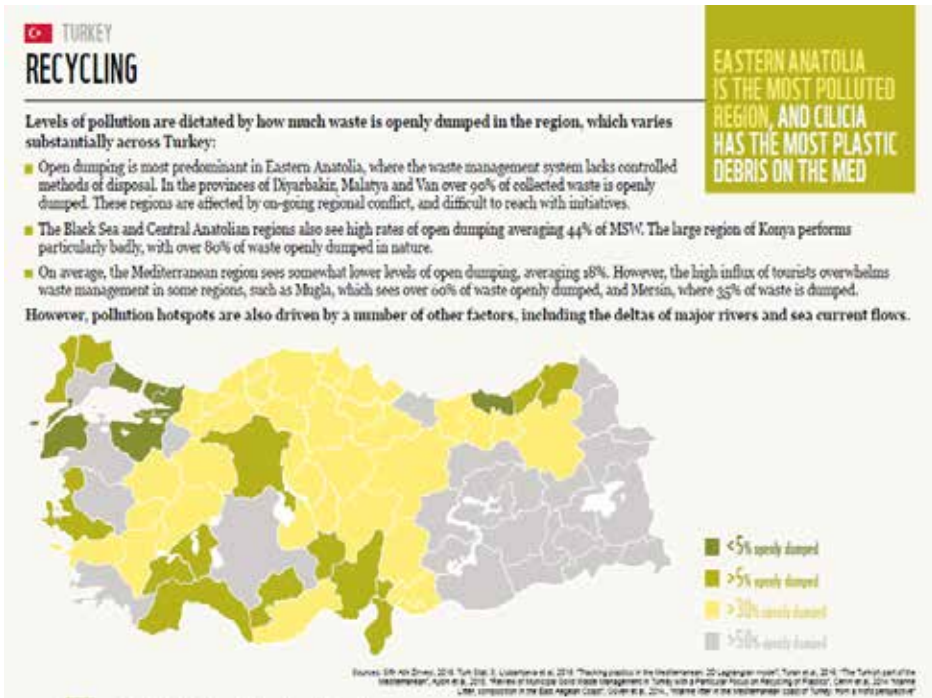


Fig. 1 shows the concern of the people in Turkey about the use of disposable non-recyclable products [8,9,10]. Recycling is considered by most as significant, but consumers do not display keenness in their behaviors towards plastics. This

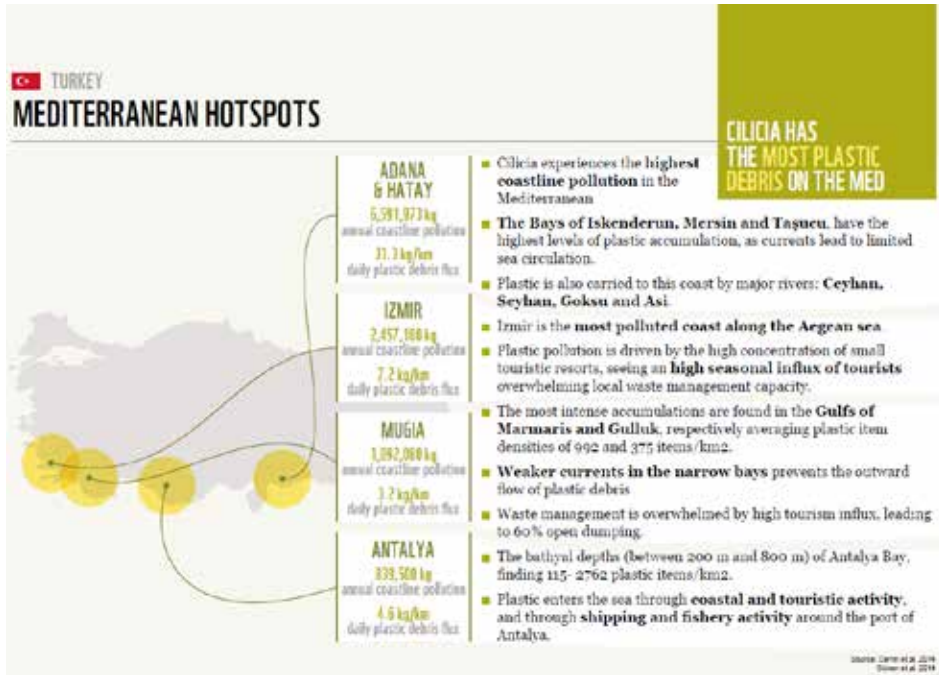
is clearly apparent in the uncontrollable littering, particularly plastics; tendency to throw recyclable bottles into recycling cans rather than garbage cans; their favoring of factory-made products that are heavily packaged with plastics and other materials; the disposal of plastics encased electronic devices and media; ... etc.

**Fig. 2. Levels of pollution are determined by how much waste is openly dumped in a certain region [10-14].**



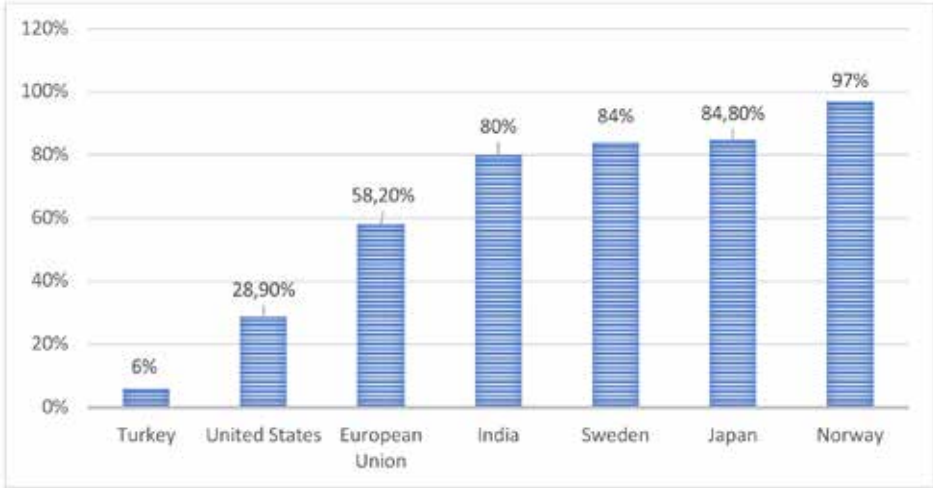
These tendencies are apparent in Figs. 2 and 3 about the rate of open dumping of waste that substantially varies across Turkey. In Fig. 3, it is clearly apparent that the Cilicia region experiences the most coastline plastic pollution in the Mediterranean [10,11, 15, 16]. In sum, about 85% of littering is the result of individual attitudes [17].

**Fig. 3. the Cilicia region experiences the most coastline plastic debris pollution in the Mediterranean [10,11,15,16].**



Such practices will be around for a while. So, it is up to the manufacturers and designers to enforce sustainable designs as much as possible and to make their recycling easier as possible. In Turkey, about 6% of poly(ethylene terephthalate) PET, which is the major plastic resin commodity, used in packaging is recycle. Europe does better recycle of the PET bottles at a rate of about 60% [18]. The EU approach has favored a combination of regulations and incentives. In the United States, the recycle of plastics is relatively poorly. The United States' recycling rate for PET and other bottles at a rate of 30%. Container deposit laws could improve recycling rates. In the US, beverage companies lobbies against recycling [19]. On the other hand, a collection rate of over 50% for material being reused in new PET products. As major brands continue to make public commitments to increase the use of recycled materials, the market has failed to react, leading to a supply shortage which in turns drives up the price of recycled resin. This has led to vigorous debate in policy creation, as industry and state legislatures wrestle with language that will mandate additional recycling without placing job-threatening burdens on producers. Fig. 4 displays the results of such trends [20, 21].

**Fig. 4. PET plastic bottle recycling rates in select countries 2019. Norway's high recycling rate can be explained by the country's efficient deposit return scheme. When consumers purchase plastic bottles, they pay a small additional fee on top of the price of the product and are reimbursed this once they are returned to reverse vending machines [20, 21].**



On the other hand, given their desire to be environmentally sustainable, efforts are being made to lead consumers to greener products and companies. Going back to 2007, major retailers and suppliers of consumer products, introduced sustainability “scorecards” for their suppliers [5,6]. These systems evaluated the carbon emission and resource and energy “footprints” of their products and operations. The result being an increase in data and information, not to mention burdensome bureaucratic requirements for many small- and medium-sized businesses. Meanwhile, marketers are responding to consumer interest by touting environmental claims for products and processes, though some of the claims are better supported than others.

Green efforts might help increase sales through emphasizing relatively minor sustainability improvements using marketing campaigns. Some claims are unsubstantiated “greenwashing” pseudo logic or short on objective verification. In the US Federal Trade Commission proposed “Green Guides” guidelines in 2010. The term “eco-friendly” now must be more substantiated and made specific. There have been several legal judgements in Germany against some companies who made unsubstantiated or incorrect claims about their materials [22].



Plastics littering is real and has captured the public imagination and has helped to create consumer led campaigns against certain, particularly single use plastics. However, the society is not patient enough to meticulously this phenomenon. Many individuals and companies are taking real steps to address the littering of plastics on land and sea, yet the source of the problem is individual behavior [17].

### **3. RECYCLING MAKES SENSE**

One can say that the average person believes that recycling is always positive for the environment. Nonetheless, there are considerable obstacles in the collection and recovery of plastics that are recyclable from the waste stream. More than half of the plastic produced in the world end up in landfills and incinerators. In general, plastics are recovered at lower rates than all other major material types [5-7,18,23]. Sorting unpolluted plastics by type and form is not an easy task, whether for the consumer or the recycling plants. Technically, there are limitations on the usage of recycled plastics in new products. On the other hand, more often recycled resins cost as much as virgin plastics. Increased commitment by major brands for the use of more recycled plastics would allow investment in building new capacities. Apparently, the traditional curbside recycling is not sufficient for a steady supply of quality materials. Container deposit schemes consistently show higher recycling rates, despite well-funded opposition.

Studies verify that recycling has a notable impact on avoidance of GHG emissions [23]. Efficient plastics recycling is valuable in reusing the polymers and their chemical bond energies as a source of energy rather than burying it in a landfill.

The recycling potential of both conventional and bio-based plastics is strong but mostly underdeveloped in most countries. Meanwhile, recycling companies in China, the United States, Europe, and Turkey are seeking more recycled plastics to meet their extra capacities [25,26]. A stream of higher quality materials can be generated through public education about recycling. However, the public keeps skeptical of industry-led because of high profile lawsuits. A strong recycling industry can supply materials that could hinder spikes in raw material prices.

## 4. SUSTAINABLE RECYCLING OF PLASTICS IN TURKEY: A CASE STUDY

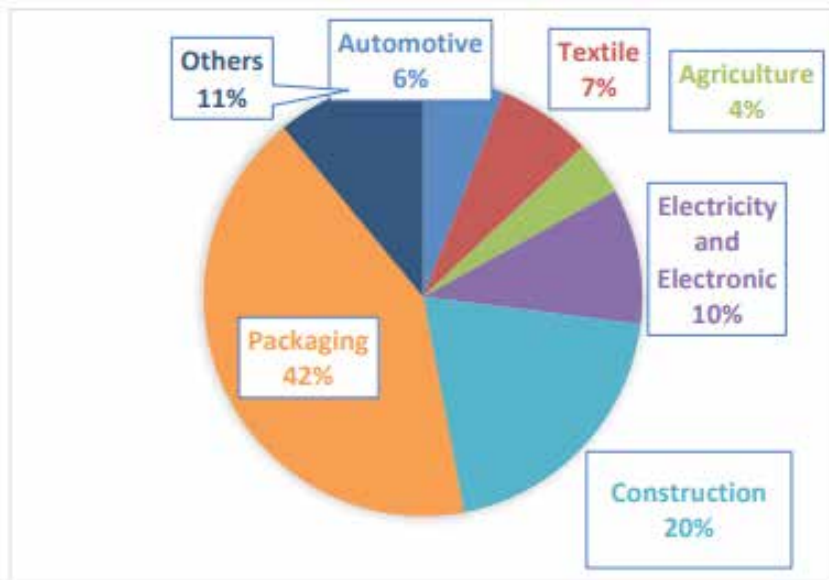
### 4.1 Plastics Recycling Industry in Turkey

In Turkey, plastics industry in Turkey is significantly developing. The number of licensed enterprises in plastic recycling is 1,039. The industry employees 350 thousand working in this industry. Our industry having a production capacity of 850 thousand tons today will reach 4.3 million tons in 2030, if it maintains its current growth rate. It is a fact that our industry, is vital to our country [1,2,10,24]. In Fig. 5., The share of plastic production in Turkey by the sectors.

The plastics recycling industry imported 436 thousand tons of scrap in 2018, corresponding to US\$ 116 million. A considerable portion of the scrap in question was converted domestically into raw plastic materials and subsequently into finished products. The export revenue was approximately US-\$ 770 million. In other words, this provides a 7-fold foreign currency inflow in exchange for 1-unit foreign currency outflow. Thus, Turkey achieved a current surplus of US-\$ 654 million only from this import. Moreover, when we include the scrap recycled domestically, it represents a saving of approximately US\$ 1 billion of plastic raw material import [1,2,10,24].

**Fig. 5. The Share of Plastic Production in Turkey by the Sectors in 2020**

.Source: PAGEV, <https://pagev.org>.



**Fig. 6. Turkish Plastic Waste Management, 13% of generated waste remains uncollected due to a lack of waste collection infrastructure. 21% of the collected waste in Turkey is openly dumped as the domestic waste management system has insufficient capacity to handle current waste volumes. The Eastern Anatolia Region treats 74% of their waste through open dumping which is expected to leak directly into nature. The local plastic recycling remains unprofitable due to a highly contaminated domestic waste feedstock resulting from limited municipal waste separation and sorting capabilities. [1,2,10,11,25-27].**



The plastics recycling industry in Turkey cannot adequately sustain make use of the domestic scrap in terms of quantity and quality. This is demonstrated in Fig. 6. Inadequacy of separation at source limits the amount of recyclable plastic domestic scrap. In this connection, in Turkey, waste is still almost completely disposed of in landfills [10,11,25-27]. But the number of unregulated landfills remains higher than the number of sanitary landfills. Most of the packaging wastes in the country are collected off the streets informally but it may not be processed and sorted by type. That is why the Turkish plastic recycle industry makes up for raw material deficit by importing scrap. This importation is a natural result of the increased demand by foreign markets [10,11,25-27]. This scrap is sorted at the source, classified, and quality controlled as required by exporters.

As the zero-waste project gains momentum, the amount of domestic recyclable waste will ultimately increase as well as its quality and sustainability [28-30]. However, the import of recyclable scrap is required in this period to make our domestic facilities operational, expand their market shares, provide employment, acquire skills and standards, and export value-added products so that the country can have its share in the global economy.

While it is important for our national plastic industry to gain a foothold in the global circular economy, it is also important to establish policies that consider

medium and long-term benefits [10,11,25-27]. For the annual plastic consumption that currently amounts to 370 million tons is expected to exceed 1 billion tons in 2050. The global recycling industry is expected to meet approximately a 60% demand for recycling in 2050. Currently, investments in Turkey are gaining momentum in building-up of adequate capacities in line with what is transpiring worldwide. If the current growth of the industry continues, our current deficit stemming from the import of raw plastics materials will decrease by 35.1 percent in 2030 [26].

## ***4.2 Impact Area Of Plastics Recycling***

### ***1. Environmental protection***

The recycling industry is one of the most pivotal pillars of zero waste policies all around the world. Because reducing carbon emissions is one of the main objectives. An economic value is created by recycling rather than landfilling or incineration. In addition, the energy used in plastic recycling is one-eighth more efficient than that used in the production of original raw materials.

### ***2. Employment***

The recycling industry is employment friendly. The analyzes conducted show that 20 people are employed in the recycling industry against every 1 person employed for solid waste landfilling and incineration.

### ***3. Mitigation of regional parities in development***

The recycling industry can create employment opportunities and economic contributions in many different geographies due to the advantage of its proximity to local waste sources. In this context, the industry has a positive contribution to the mitigation of regional parities in development.

### ***4. Security of supply in the plastics industry***

As is known, primary plastic raw material production in our country is very limited, where the plastics industry meets its needs mostly through imports. Consequently, the industry becomes vulnerable to external shocks, such as fluctuations in exchange rates. The recycling industry acts by recycling the scraps, either imported or domestic,

into raw materials.

#### **5. *Reduction in current account deficit***

The plastic recycling industry will reduce our current deficit by 35.1% by 2030.

#### **6. *Enhancement of exports***

Especially, the switchover to the circular economic process around the world has increased the foreign demand. One of the leading industries that will be positioned as the exporters of Turkey is the plastics recycling industry that feed the leading exporting industries, such as automotive, textile and chemistry.

#### **7. *Protection of the value chain and competitive structure***

The industry should supply the raw materials and inputs, which it can add value added. The plastics industry that provides intermediate goods to more than 30 industries, especially to automotive, white goods, packaging, agriculture, electrical-electronics and ... etc., uses the on-site recycled raw materials. For example, approximately 200 kilograms of plastics are used in an average car. The textile industry that extensively operates on an export-driven basis and uses polyester fiber owes its competitiveness to the recycling industry.

#### **8. *Development of know-how aligned with the future competition***

The development of the recycling industry in Turkey will ensure that the plastics industry remains updated on the use of raw material and the recycling industry on newly developed technologies.

In essence, the plastic recycling industry will have a say in the national economy today and tomorrow. This necessitates implementing measures to protect the environment through the conduct of scientific and rational impact.

## **5. ZERO-WASTE**

“Zero Waste” is a goal defined as waste management philosophy that involves preventing the wastage, using the resources more efficient, reviewing the reasons for waste formation, preventing or minimizing waste formation, and collecting and

recovering waste at source separately [28].

Recycling has been at the forefront of Turkey's conscious efforts for a while, and it gained speed after Turkey's First Lady, Emine Erdogan, focused her attention on it.

For the last couple of years, Erdogan has been leading the country's zero waste project, which aims to reduce the volume of non-recyclable waste.

Turkey aims to save \$20 million annually and raise employment by implementing the zero-waste project and hoped it will spread all over Turkey by 2023, Erdogan stated [29]. A summary of the zero-waste program in Turkey is demonstrated in Fig. 7.

**Fig. 7. Zero-waste implies sending no waste to landfills, incinerators, dumping in natural habitat, as well as conserving resources through more sustainable production and consumption. Plastic pollution, driven largely by single-use plastic bottles, packaging material, and shopping bags is the focus of the zero-waste program in Turkey.**



The goals are defined as waste management philosophy that involves preventing the wastage, using the resources more efficiently, reviewing the reasons for waste formation, preventing or minimizing waste formation, and collecting and recoverin waste at the source separately [30].

The concrete projection numbers are 31,000,000 tons of waste per year. It says this translates into 42 million trees, 585 million kg fewer greenhouse gases, 69 million cubic meters less water usage, 20 billion kWh lower energy use, and a total of 13 billion TL (\$1.7 billion) annual value added.

### 5.1. Single Use Plastic Bags

In last decade in Turkey, plastic bag waste pollution has become one of the greatest environmental challenges. According to Ministry of Environment and Urbanization in late 2018, 30-35 billion plastic bags were consumed annually in Turkey [28-31]. It amounts to approximately 440 plastic bags per person per year, higher above European average. To alleviate the problem, the Ministry announced starting from the beginning of 2019, a limit of plastic bags was set for end of December 2019 and to 40 by end of 2025, in line with EU directives [32]. The Procedures require that the plastic bags will be charged for no less than 0.25 Turkish liras at the point of sales. The Ministry will be collecting 0.15 Turkish liras per bag as a recycling contribution share. Plastic bags used for hygiene purposes are exempted. Fig. 8. Summarizes Turkish policies on reduction of plastic usage, plastic waste management, and regulations for mismanaged waste.

**Fig. 8. Current Turkish policies on plastic usage, plastic waste management, and regulations for mismanaged waste.**



The number of plastic bags used per person decreased significantly in a short time span. Single-use plastic bag consumption decreased by 77% in just one year, and plastic bag consumption per person per month decreased from 35 to 10 by the end of 2019 [33]. As far as sustainability counts, approximately 200 thousand tons of plastic were saved, and 8 thousand tons of greenhouse gas emissions were prevented. However, due to the increased consumption of free lightweight plastic bags, markets will be expected to give out paper bags to the customers instead [31]. The zero-waste policy and philosophy are illustrated in Fig. 7.

In addition, Turkey will impose a mandatory deposit on beverage packaging within the framework of Deposit Refund System Project as of January 2022 [35]. More than 20 billion beverage packaging wastes will be collected more cleanly, 90% of the waste will be recycled. At least a million tons of additional waste will be saved annually [36].

## **6. UK PLASTICS SENT FOR RECYCLING IN TURKEY DUMPED AND BURNED**

Turkey is good about recycling waste products, but it cannot reach capacity for separation and collection. So unfortunately, it imports waste. Now, there are some limits imposed on this. The Ministry of Environment and Urban Planning has issued a circular, reducing waste import quotas by 30 percent to 50 percent. With the 50 percent quota, half the recycling sector's yearly demand for raw material will have to be met by the local [37-41].

All imported products are scraps with an economic value that can be recycled and are the raw material of the recycling industry. The companies which import scrap are permitted by the Ministry of Environment and Urbanization. If required, the customs officers make full or partial inspections on the yellow and red lines, and they have the power to inspect the facility.

Turkey has become the latest destination for British plastic waste, which ends up dumped, burned or left to pollute the ocean, a *Greenpeace* investigation has found. Turkey has emerged as the main receiver of British plastic waste. UK exports to the country increased from 12,000 tons in 2016 to 209,642 tons in 2020, about 30% of the UK's plastic waste exports, with the figures showing that



the export will double in 2021 [37-41]. Of course, Garbage import is prohibited under the Basel Convention, to which our country is a signatory.

An investigation by BBC News and TRT World has found that some plastic waste from Britain sent to Turkey for recycling is instead being dumped and burned on the side of roads as illustrated in Fig. 9 [37,40]. The UK sends more plastic waste to Turkey than to any other country, but critics say the country doesn't have the capacity to recycle its own waste, let alone the tens of thousands of tons being sent from overseas, please watch the video (Ref. 40). The Ministry of Environment and Urbanization has been fighting plastic pollution for a while with its 'Zero-Waste' policy, but on the other hand, the waste that is allowed to enter Turkey continues to pollute the seas and lands of the country.

### ***6.1 Turkey Ban on Plastics Imports has been Repealed***

The Turkish government in late May announced it would end imports of recovered plastics for recycling, mainly PE and PET, giving 45days of advance notice. It was justified by saying Turkey has a goal to source all its raw materials domestically. But just days later, the ban went into effect, the government repealed the regulation. In a notice in the country's Official Gazette publication, the Ministry of Commerce said the provision barring scrap PE imports was removed. The commodity was moved back into the category of "controlled" imports, rather than banned [38].

**Fig. 9. Plastic waste found dumped and burned in the Kuyumcular area of Turkey included packaging from UK supermarkets and global food and drinks brands.**



PAGEV, the Turkish plastics industry association, called the move a “positive step for the sector” and issued a release outlining the changes. The organization said it met with the government’s officials multiple times and “advocated active control instead of total ban on the importation of polyethylene waste [26,38,42].

From January through May of this year, Turkey imported 7.3 million pounds of recovered PE from the U.S., making it the seventh largest market for U.S. exporters of the material [39]. Turkey brought in about 3% of all U.S. scrap PE exports during that period.

Among the updated government rules is a provision that companies will be limited to importing a certain percentage of their total extrusion capacity, and the remainder of their feedstock will need to be sourced domestically [26,38,42].

## 6. INDUSTRIAL SOLUTIONS

### 1.1 *Poly(ethylene terephthalate) (PET) Production*

Thyssenkrupp will build a new PET production plant in Gaziantep, Turkey, next to an existing production line erected in 2013. Turkish packaging producer KÖKSAN for anew PET production plant. Its construction will double the site’s production capacity to 432,000 tons of PET resin per year. Completion and commissioning are planned for 2022 [43].

With this investment, KÖKSAN intends to strengthen its market position both nationally and in the region. The PET will be supplied to the local market as well as to countries of the Middle East, CIS, America, Europe, and Africa regions.

Our well-proven MTR process offers many advantages compared to conventional technologies, including for example optimized energy consumption and lower production costs. In addition, the plant can be fed with a certain amount of recycled PET to meet the changing needs of customers and local authorities.” In addition, KÖKSAN is examining the joint construction of a further PET polymerization plant *based on chemical recycled PET for various textile and packaging applications.*”

## ***6.2 Economic and Environmental Advantages due to Resource Efficient Production and PET Recycling***

The melt-to-resin MTR process developed by Thyssenkrupp is a continuous polycondensation process that obviates the need for post-condensation process. This leads to *substantial energy savings*, reduced investment, operating and maintenance costs and a higher raw material yield compared to conventional technologies. The technology meets today's demand for sustainability by reducing the carbon footprint in terms of fuel and electrical energy by up to 30 percent.

Additionally, a retrofitting of the plants *with Thyssenkrupp's FTR (Flakes-To-Resin) recycling technology is possible at any time and allows the replacement of up to 50 percent of the raw materials without affecting food approvals for the final product.*

## **7. CONCLUSIONS**

Due to the increasing population and depleting natural resources in the world, the importance of recycled materials is increasing. The use of plastics in every field and the fact that they are petroleum derivatives make it necessary to transform this material and bring it into the economy. In summary, recycling is a strategy for waste management of plastics. It is quite effective economically and environmentally. Technological, economic, or social behavior challenges still exist for the collection of recyclable wastes and substitution for virgin material. Recycling of single use packaging and consumer goods will enhance the recovery rates of plastic waste and redirection from landfills.

Zero waste project should become widespread, the deposit-refund system should be put into action especially regarding packaging wastes, TATs should be inspected in terms of standards and subsidized with incentives for institutionalization (32 million tons of domestic waste, 6-7 million tons of recyclable waste / 5.5 million tons of waste are buried).

The Ministry of Environment and Urbanization has been fighting plastic pollution for a while with its 'Zero-Waste' policy, but on the other hand, the waste that is allowed to enter Turkey continues to pollute the seas and lands of the country.



**BIBLIOGRAPY**

1. R. Geyer, J. Jambeck, and K. Law, “Production, use, and fate of all plastics ever made”, *Sci. Adv.*,3, e1700782, 2017.
2. Jenna R. Jambeck, ... et. al, Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean, *Science* 347, 768 (2015)
3. United Nations Environment Program, <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/nations-commit-fight-plastic-pollution-together-during-un-general>;  
<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/nations-commit-fight-plastic-pollution-together-during-un-general>
4. Plastic Waste Partnership (PWP) has been established under the Basel Convention, <http://www.basel.int/Implementation/Plasticwastes/PlasticWastePartnership/tabid/8096/Default.aspx>.
5. Anthony Andrady, *Plastics and Environmental Sustainability*, John Wiley & Sons, Inc., 2015.
6. Michael Tolinski and Conor P. Carlin. *Plastics and Sustainability*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Scrivener Publishing LLC, USA, 2021.
7. US EPA, *Sustainable Materials Management: The Road Ahead*, June 2009, United States.
8. Plastic and non-recyclable products usage concern in Turkey 2019; <https://www.statista.com/statistics/888750/plastic-and-non-recyclable-products-usage-concern-in-turkey/>
9. IPOSIS, <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2019-04/Earth-day-2019.pdf>.
10. Stop The Flood of Plastic, A guide for policymakers in Turkey, [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/05062019\\_wwf\\_turkey\\_guidebook.pdf](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/05062019_wwf_turkey_guidebook.pdf)
11. The Plastics Paradox-Facts for a Brighter Future, <https://plasticsparadox.com/wp-content/uploads/2021/05/Plastics-Paradox-Book-Double-Page-Web-Download.pdf>.
12. ”Sifir Atik Zirvesi” <https://www.csb.gov.tr/sifir-atik-zirvesi-cumhurbaskanligi-kulliyesi-nde-gerceklestirildi-bakanlik-faaliyetleri-25343>.

13. Svitlana-Lyubartseva ... et. al, Tracking plastics in the Mediterranean: 2D Lagrangian model, *Marine Pollution Bulletin* 129(1):151–162, 2018.
14. N. Aydın, Review of Municipal Solid Waste Management in Turkey with a Particular Focus on Recycling of Plastics, *Energy Procedia*, 113, 111-115, 2017.
15. H. Cerim1, ... et. al, Marine Litter: Composition in Eastern Aegean Coasts, *Open Access Lib. J.*, 1, e573, 2014.
16. E. Mutlu, ... et. al, Macro litter distribution of the Turkish Mediterranean coasts dominated by pleasure crafts, *Mar. Pollut. Bull.* 151, 110833, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110833>.
17. C. De Armit, The Plastics Paradox, <https://plasticsparadox.com/>.
18. Johnson, J., NAPCOR: US lacks recycled PET to Meet Consumer Brands' Pledges, *Plastics News*, August 2019.
19. [https://ballotpedia.org/massachusetts\\_expansion\\_of\\_bottle\\_deposits\\_initiative\\_question\\_2\\_](https://ballotpedia.org/massachusetts_expansion_of_bottle_deposits_initiative_question_2_). 2014.
20. Ian Tiseo, <https://www.statista.com/statistics/1166550/plastic-bottle-recycling-rates-in-select-countries/>
21. N. M. Bostanoğlu, The Future of Single-use Plastics in Turkey and the EU, *Economic Development Foundation, IKV BRIEF*, May 2021, <https://www.ikv.org.tr>.
22. <https://www.environmentalleader.com/2017/02/greenwashing-costing-walmart-1-million>.
23. US EPA, Facts and Figures about Materials, Wastes and Recycling. [www.epa.gov](http://www.epa.gov).
24. Turner, D., Williams, I., Kemp, S., Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resour. Conserv. Recycl.*, 105, Part A, Dec. 2015, pp. 186-197, Elsevier.
25. OECD Environment Policy Paper NO. 12, Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade, <https://www.oecd.org/environment/waste/policy-highlights-improving-plastics-management.pdf>.
26. Pagev, Turkish Plastics Industry Follow-Up Report–2017, <https://pagev.org/upload/files/Hammadde%20Yeni%20Tebli%20Bilgileri%202017/Turkey%20Plastics%20Industry%20Follow-up%20Report%202017.pdf>; <https://pagder.org/eng/haberdetay.php?id=210>.
27. OECD Environmental Performance Reviews: Turkey 2019, <https://www.oecd.org/turkey/oecd-environmental-performance-reviews-turkey-2019-9789264309753-en.htm>.
28. "Sifir Atık Zirvesi" <https://www.csb.gov.tr/sifir-atik-zirvesi-cumhurbaskanligi-kulliyesi-nde-gerceklestirildi-bakanlik-faaliyetleri-25343>.

29. “<https://www.aa.com.tr/en/environment/turkey-s-zero-waste-project-aims-to-save-20m-annually/1669765>” \t “\_blank”
30. <http://zerowaste.gov.tr/en/zero-waste/what-is-zero-waste>” \t “\_blank.
31. Sıfır Atık, Videolar, Retrieved in March 2021, from <https://sifiratik.gov.tr/kutuphane/videolar>.
32. Ministry of Environment and Urbanisation(2018), BAKAN KURUM: “PLASTİK POŞET KULLANIMINI KİŞİ BAŞI 440 ADETTEN 40’A DÜŞÜRECEĞİZ”, Retrieved in March 2021, from <https://csb.gov.tr/bakan-kurum-plastikposet-kullanimi-ni-kisi-basi-440-adetten-40-a-dusurecegiz-bakanlik-faaliyetleri-25374>.
33. Ministry of Environment and Urbanisation (2020), YENİ YILDA PLASTİK POŞETE ZAM UYGULANMAYACAK, Retrieved in March 2021, from <https://csb.gov.tr/yeni-yilda-plastik-posete-zam-uygulanmayacak-bakanlikfaaliyetleri-29686>
34. Ministry of Environment and Urbanisation (2020), YENİ YILDA PLASTİK POŞETE ZAM UYGULANMAYACAK, Retrieved in March 2021, from <https://csb.gov.tr/yeni-yilda-plastik-posete-zam-uygulanmayacak-bakanlikfaaliyetleri-29686>
35. Boztepe A. Ş. (2020), Türkiye Çevre Ajansı kuruldu, from <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiye-cevre-ajansi-kuruldu/2093383>
36. Kaplan E. (2020), Çevre ve Şehircilik Bakanı Kurum: Depozito İade Sistemi’nin etkinliğini Çevre Ajansımızdan yöneterek artıracacağız, Anadolu Agency, from <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/cevre-ve-sehircilik-bakani-kurum-depozito-iade-sistemi-nin-etkinligini-cevraajansimizdan-yoneterek-artiracagiz/2010835>.
37. TRT World, Plastics aren’t going anywhere. Should Turkey Stop Importing Them? DEC 14, 2020, <https://www.trtworld.com/life/plastics-aren-t-going-anywhere-should-turkey-stop-importing-them-42350>.
38. Plastics Recycling Update, Turkey Reverses Ban on Scrap Plastic Imports, <https://resource-recycling.com/plastics/2021/07/14/turkey-reverses-ban-on-scrap-plastic-imports/>.
39. ipa news, Turkey becomes one of the biggest plastic waste importers in the world, Apr 26, 2019, <https://ipa.news/2019/04/26/turkey-becomes-one-of-the-biggest-plastic-waste-importers-in-the-world/>
40. BBC Turkey’s plastics ban: Where does the UK send its waste now? Jul 1, 2021, <https://www.bbc.com/news/uk-57680723>.
41. The Guardian, Turkey to ban plastic waste imports, 19 May 2021 <https://www.theguardian.com/world/2021/may/19/turkey-to-ban-plastic-waste-imports>
42. Plastics importers to be licensed again - Latest News, Jul 12, 2021, <https://www.hurriyetdailynews.com/plastics-importers-to-be-licensed-again-166254>.

43. Thyssenkrupp, <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/en/media/press-releases/thyssenkrupp-builds-polymer-plant>.



## 15. BÖLÜM

# KÂĞIT AMBALAJ ENDÜSTRİSİNİN DÖNGÜSEL EKONOMİDEKİ ROLÜ: SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Saliha KARADAYI USTA

*Fenerbahçe Üniversitesi*

### ÖZET

Döngüsel ekonomi hareketi, trilyonlarca dolarlık finansal potansiyeli bulunan, ürünlerin geri dönüşümüne ve tekrar tekrar kullanımına vurgu yapan doğa dostu yapısı ile sürdürülebilir tedarik zincirlerinin oluşmasına ortam hazırlamaktadır. Küresel anlamda iş dünyası ve siyaset üzerinde önemli bir etki yaratmakta, çok uluslu firmalar tarafından başarıyla uygulanmakta, siyasi otoriteler tarafından önemli yaptırımlar ile döngüsel ekonomi desteklenmektedir. Ürünleri ve kaynakları bir sistem içinde dolaştırarak yeniden üretmek ve eski haline getirmek, bir başka deyişle kapalı döngü içinde tersine akışı sağlamak, döngüsel ekonomi kapsamında gerçekleştirilen operasyonel stratejilerin başında gelmektedir. Çevre bilincinin yükseldiği günümüz koşullarında kâğıt ambalaj üretimi ve kullanımı da had safhaya ulaşmış, tersine akışın ve sürdürülebilirliğin başarıyla hayata geçtiği en önemli iş kollarından biri halini almıştır. Dolayısıyla bu çalışma, kâğıt ambalaj endüstrisinin döngüsel ekonomi içindeki konumunda etkili olan faktörlerin sektör yetkililerinin görüşleri ışığında belirlenmesini ve belirlenen bu faktörler arası neden-sonuç ilişkilerinin bilişsel haritalama yoluyla modellenmesini amaçlamaktadır. Kâğıt ambalaj makinaları üreticisi Windmöller & Hölscher Türkiye ofisi temsilcileri ile görüşmeler gerçekleştirilmiş, analizler için uzman görüşleri toplanmıştır. Araştırma sonucunda sürdürülebilir tedarik zinciri yapısı görsel olarak modellenmiş, tetikleyici konumdaki öncül faktörlerin nedensel ilişkileri ve bağlantıları tespit edilmiştir. Çalışma kâğıt ambalaj sektö-

rünün bilişsel haritalar yardımıyla nasıl modellenebileceğini göstermesi bakımından katkı sağlamakta, sektör yetkililerinin fikirlerini matematiksel kurallara oturtarak görselleştirmesi mümkün kılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Döngüsel ekonomi, sürdürülebilir tedarik zincirleri, bilişsel haritalar.

## 1. GİRİŞ

2000li yılların başından bu yana operasyon yönetimi çalışmaları, sürdürülebilirlik alanında aktif rol almıştır. Özellikle yeni bir araştırma konusu olarak “döngüsel ekonomi”, sürdürülebilirlik alanında önemli ve etkili katkılar sağlamıştır. Döngüsel ekonomi (DE) hareketinin trilyonlarca dolarlık ekonomik potansiyeli olduğu raporlarda açıkça ifade edilmektedir (McKinsey Quarterly, 2017; Accenture, 2017). Ayrıca bu ekonomik çekiciliğin yanı sıra, hareketin çevresel potansiyeli de ortaya konmakta ve böylece döngüsel ekonomiye geçişin hızlanmasına ortam hazırlanmaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Dünya çapında popülerlik kazanan bu kavram, iş ve politika üzerinde önemli bir etki yaratmıştır. Örneğin, HP, H&M, Philips, Google, Unilever, Danone ve Nike gibi ünlü markaların da dahil olduğu birçok Fortune 500 çok uluslu firması döngüsel ekonomiyi benimsemiştir (Agrawal vd., 2019).

Döngüsel ekonomi, endüstri için daha iyi iş modelleri ve toplum için çevresel sonuçlar yaratmayı amaçlamaktadır. Temel fikir, geleneksel iş modellerini, malzemeleri, ürünleri ve diğer kaynakları bir sistem içinde dolaştırarak yeniden üreten ve eski haline getiren döngüsel bir ekonomi elde etmektir (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Bu kapsamda üç operasyonel strateji bulunmaktadır: (i) Tersine akış (reverse flow), şirketlerin tüm malzemeleri, bileşenleri ve ürünleri sisteme geri döndürme yeteneğine sahip büyük ölçekli endüstriyel sistemler kurmasıdır. Onarım, yeniden üretim, yenileme ve geri dönüşüm gibi bir dizi faaliyetler gerçekleştirilmektedir. (ii) Döngüsel tasarım (circular design), döngüselliliği mümkün kılmak için daha dayanıklı, onarılabilir ve geri dönüştürülebilir ürün tasarlaması gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Ayrıca, modülerliğe / uyarlanabilirliğe sahip ürün tasarımı ve ters akışı kolaylaştırmak adına bileşenlerin ve malzemelerin standartlaştırılması gerekliliğine dikkat çekmektedir. (ii) Dön-

güsel iş modeli, şirketlerin kiralama, hizmet alma veya paylaşım ekonomisi gibi döngüsel iş modellerine geçişi üzerinde durmaktadır (Agrawal vd., 2019).

Döngüsel ekonominin mümkün hale gelebilmesi adına atılacak ilk adım, kullanılan ürünlerin geri dönüştürülebilmesi ve kapalı-döngü sistemlerin kurulabilmesidir. DE hareketi arka planında geri dönüşüm, doğada kolay çözünebilme, doğa dostu üretim ve çevre bilinci gibi farkındalık unsurları barındırmaktadır.

Çevre bilincinin yükseldiği günümüzde, COVID-19 küresel salgını sebebiyle hijyen hassasiyeti artmış, temizlik malzemelere ve tek kullanımlık ürünlere olan ihtiyaç yüksek seviyelere ulaşmıştır. Plastik materyallerin doğaya verdiği zararlar hakkında oluşturulan farkındalık ve çevre bilinci kazandırma çalışmaları doğrultusunda, tek kullanımlık ürünlerin imalatı kâğıt endüstrisine kaydırılmaya başlanmıştır. COVID-19 sebebi ile plastik poşetler içinde evlere sipariş verme sıklığının artması, plastik eldiven kullanımının yaygınlaşması, döneme özgü olarak plastik kullanımını beklenenin üzerine çıkarmıştır. Örneğin Latin Amerika ülkelerinde kâğıt ambalaj tüketimi düşmüş, 2015 yılı verilerine kadar gerilemiştir (Barisaukas, 2020). “Pandemiden plastik salgınına” (Ak, 2020) şeklinde lanse edilen bu durum ile dönemsel talep artışı, çevre bilinci ve politikaları ile farklı bir şekilde karşılanmaya başlanmış, plastik ürünlerin kâğıt muadillerinin üretilmesine zemin hazırlamıştır. Örnek olarak kağıt pipetler (Termokap, 2020), kağıt tabaklar, kağıt poşetler (Milliyet, 2020), kağıt bebek bezi ambalajları (Hijyen Ambalaj, 2020) gösterilebilir.

Plastiğin yarattığı çevre kirliliği, doğada yüzyıllarca çözünmeden kalabilmesi, özellikle deniz canlılarına zarar vermesi, denizlerde mikro-plastik ve nano-plastik olarak saptanması (Greenpeace, 2019) ve dolayısıyla deniz suyu, balık, balıkla beslenen canlılar ile kara canlılarına besin aktarımı yoluyla besin zincirinin son halkası olan insana dahi plastiğin geçmesi ve hatta plasentada bile tespit edilmesi (BBC, 2020) gibi sebepler, kâğıt ambalaja olan talebi tetiklemiştir.

Ülke bazında bakıldığında sürdürülebilir çevre politikaları, yasalar ve uygulamalar söz konusu iken, şirketler de stratejik planlarını en az plastik kullanımı ile gerçekleştirebilecek şekilde düzenlemektedir. Örneğin, Almanya'nın 2022 itibarı ile tek kullanımlık plastik poşetlere yasak getirecek (CNN, 2020), benzer şekilde Kanada (NTV, 2020), İngiltere, ABD'nin bazı eyaletleri ve Çin'in büyük şehirleri de planlı yasakları uygulayacaktır (TRT, 2020). Şirket bazında örnek olarak ise Morrison adlı İngiliz perakende devi, ödeme kasasında tüm plastik

torbaları kaldıran ilk süpermarket olmayı planlamaktadır (MatbaaHaber, 2020).

Kağıt ambalaj çeşitleri günlük hayatta sıkça kullandığımız tüketim ürünleri olup, yassı ve burgu saplı poşetler, kese kağıtları, un, çay, vb. ambalajları gibi örnekleri ile hayatın içinde tüketiciler açısından önemli bir yer edinmiştir. En ekonomik ambalaj çeşidi olmasının yanında, daha az hammadde kullanımıyla dayanıklı, ince, hafif, ürünler elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Üretim kolaylığı ve ekonomikliği bakımından oldukça tercih edilen bir ambalaj türüdür (Ambalaj Sanayicileri Derneği, 2021). Ayrıca, ülkemizde kağıt ambalaj tüketiminin ve üretiminin özellikle e-ticaretin ivmelenmesiyle arttığı, yurt dışına kağıt ambalaj ihracatının da yükseldiği raporlanmaktadır (Dünya, 2021; Bloomberght, 2021).

Bu çalışmanın amacı kağıt ambalaj endüstrisinde belirleyici rolü olan faktörlerin sektör yetkilileri ile yapılan derinlemesine görüşmeler ile belirlenmesi ve bu faktörlerin neden-sonuç ilişkilerinin bilişsel haritalama yoluyla modellenmesidir. Bu doğrultuda kağıt ambalaj makinaları üreticisi Windmöller & Hölscher firmasının Türkiye ofisi temsilcileri ile görüşmeler gerçekleştirilmiş, analizler için uzman görüşleri alınmıştır. Çalışma sonucunda sürdürülebilir tedarik zinciri yapısı görsel olarak modellenmiş, tetikleyici konumdaki öncül değişkenlerin bağlantıları tespit edilmiştir.

Çalışmanın devamında kâğıt ambalaj endüstrisinin tedarik zinciri yapısı, bilişsel haritalamanın teorik altyapısı, analiz ve sonuçlar bölümleri yer almaktadır.

## **2. KÂĞIT AMBALAJ ENDÜSTRİSİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YAPISI**

Kâğıt ambalaj endüstrisinin en önemli tedarikçisi kâğıt üreticisidir. Özellikle geri dönüşüm kâğıt üreten firmalar sürdürülebilirlik açısında önemli bir konumdadır. Çevre Savunma Fonu ve Çevresel İnovasyon İttifakına göre geri dönüştürülmüş kâğıt, toplam enerji tüketimini %38, sera gazı emisyonlarını %40, partikül emisyonları %36, atık suyu %32 ve katı atıkları %46 oranında azaltmaktadır. Endüstriyel atık ve tüketici atıkları dâhil olmak üzere geri dönüştürülmüş kâğıt, kalite anlamında da herhangi bir dezavantaja sahip değildir (Lunati, 2007). Bunun dışında tutkal ve mürekkep tedarikçileri bulunmaktadır.

Kâğıt ambalaj imalatını yapan firmalar, ürünlerinde kâğıt ambalaj kullanan un ve çay gibi sektörlerle doğrudan tedarik gerçekleştirmekte veya toptancılar

yoluyla özellikle perakende, hazır giyim, gıda sektörlerine kağıt poşetler sağlamakta, hem iç hem dış pazara hizmet vermektedir. Maliyet kalemleri ise ilişkili olarak hammadde maliyeti, enerji maliyeti ve işçilik maliyeti şeklindedir. Sektörde hammadde temininde yaşanan sıkıntılar bulunmakta, arzın azalması veya döviz kurundaki dalgalanmalar etkili olmaktadır. Özellikle ülkemizde hurda ithaline getirilen kısıtlamalar, geri dönüşüm kâğıt hammaddeye erişimi zorlaştırmaktadır.

Kağıt ambalaj makinaları üreticisi Windmöller & Hölscher firmasının Türkiye ofisi temsilcileri ile yapılan görüşmeler ve literatür taraması (Bortolini vd., 2018; Cheng, 2019; Niero & Hauschild, 2017; Giray Resat & Unsal, 2019; Meherishi vd., 2019; Yokokawa vd., 2018; O'Rourke, 2014; Sonneveld vd. 2005) sonucunda, kağıt ambalaj endüstrisinde etkin olan kavramlar şu şekilde belirlenmiştir:

1. Kâğıt ambalaj üretimi/yatırımları
2. Ülke içi kâğıt ambalaj tüketimi
3. Kâğıt ambalaj ihracatı
4. İstihdam
5. Üreticinin katlandığı maliyet
6. Tedarikçilerle artan iş hacmi ve koordinasyon gereksinimi
7. Geri dönüşüm tedarikçilerine ihtiyacın artması
8. Geri dönüşüm ve çevre bilinci farkındalığı
9. Sürdürülebilir tedarik zinciri

Devam eden bölümlerde bu kavramların analizi gerçekleştirilecektir.

### 3. BİLİŞSEL HARİTALAR

Bilişsel harita, kişilerin herhangi bir olayı/problemi anlamada kullandığı faktörler ve faktörler arası ilişkilerin neden-sonuç bağlamında gösteren görsel bir modeldir (Swan, 1995). Bilişsel haritalama tekniği şahısların örtülü kalan fikirlerini ortaya çıkarmada etkili bir yöntem olup, belirlenen konu hakkında detaylı yönlü ilişkileri ortaya koymaktadır. Bilişsel harita tipleri; kavram haritaları, se-

mantik haritalar ve neden-sonuç haritaları şeklinde sınıflandırılmaktadır (Siau & Tan, 2005). Bilişsel harita öğeleri ise kavram, ilişkiler ve ilişkilerin gücü şeklinde tanımlanmaktadır (Nadkarni and Nah, 2003). Bu haritalar, komşuluk matrisleri ile hem kavramları hem de ilişkileri gösteren şekilde, ya da kavramı dolaylı yoldan etkileyen ilişkileri de gösteren ulaşılabilirlik matrisi şeklinde gösterilebilir (Axelrod, 1976). Ayrıca literatürde basit, ağırlıklandırılmış ve bulanık bilişsel haritalar (BH) bulunmaktadır. Özellikle klasik bulanık bilişsel haritaların farklı başlangıç koşullarına duyarlı olmadığına dair, yani başlangıç vektörü ne olursa olsun aynı sonucun elde edildiğine dair, eleştiriler (Asan ve Kadaifci, 2020) dikkat çekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada ilk olarak önerilen basit bilişsel haritalandırma tekniği uygulanmaktadır.

Basit BH kapsamında, kavramlar arasındaki ilişkiler +, -, ve 0 değerlerini almaktadır. Pozitif ilişki, iki kavramın aynı yönde artış veya azalış gösterdiğini; negatif ilişki ise iki kavramın zıt yönde artış / azalış gösterdiğini; 0 ise bu iki kavram arasında ilişki olmadığını ifade etmektedir (Eden, 2004). Anketler, belgelerden veri çekme veya görüşme yapma yoluyla uzman görüşleri toplanabilir (Axelrod, 1976). Özellikle karmaşık sistemlerin analizinde anket ve veri inclemesine başvurulmaktadır. Bu çalışmada ele alınan kriter sayısı düşük olduğu için derinlemesine görüşmeler yolu tercih edilmiştir.

Bilişsel harita oluşturma süreci; nedensel ilişkilerin, kavramların, kavramsal haritaların belirlenmesi, kavram ve yapıların kodlanması, uzman görüşleri doğrultusunda kavram şemalarının güncellenmesi, bilişsel haritanın oluşturulması, doğrulanması ve analiz edilmesi şeklindedir (Armstrong, 2005).

Kavramlar ve kavramlar arası ilişkilerin belirlenmesini takiben BH görsel olarak çizilir. Düğümler ve bu düğümleri birbirine bağlayan yönlendirilmiş oklar netleştirilir, dolaylı ilişkiler de görsel hale dökülmüş olur. Örneğin, bir x değişkeninden y değişkenine, y değişkeninden de z değişkenine ilişki varsa, bu aynı zamanda x değişkeninden z değişkenine de ilişki bulunduğu anlamına gelmektedir. Bu işlem “çarpma” olarak adlandırılmakta olup şu kurallar geçerlidir: bir pozitif değer ile çarpım ilgili değere eşittir, sıfırla çarpım sıfıra eşittir, zıt iki işaretin çarpımı negatiftir, negatif değerle negatif değerın çarpımı pozitifdir, çarpım işlemi dağılma özelliği gösterir ve simetriktir. Ayrıca, eğer ikiden fazla yönlendirilmiş ilişki aynı noktadan başlayıp aynı noktada sona ererse, birinci noktanın etkisi ikinci nokta üzerindeki “toplam etki”ye eklenir ve operasyona “toplama” işlemi denir, toplama kuralları geçerlidir (Axelrod,1976).

Görsel olarak temsil edilen bilişsel haritalar matris formuna dönüştürülebilir, “değer matrisi” (valency matrix) veya “komşuluk matrisi” (adjacency matrix) olarak adlandırılır (Özesmi and Özesmi, 2004). Değer matrisi bir kare matris olup satır ve sütunlarda kavramlar yer almaktadır. Matrisin içinde yer alan hücrelerde ise () ilgili kavramların arasındaki ilişkilerin gücü (1, -1 veya 0) yer almaktadır. Köşegende bulunun tüm elemanlar ise 0 değerini almaktadır.

Komşuluk matrisindeki bir  $i$  satırının elemanlarının mutlak değerlerinin toplamı  $i$  kavramının dış derecesini (outdegree – od), bir başka deyişle  $i$  kavramının etkilediği diğer kavramların sayısını vermektedir. Benzer şekilde sütundaki elemanlarının mutlak değerlerinin toplamı iç dereceyi (indegree – id), yani etkilene seviyesini temsil etmektedir. İç ve dış derecelerin toplamı ise toplam dereceyi (total degree – td) vermektedir (Nozicka vd., 1976). Matematiksel olarak değer matrisi ifade edildiğinde,

$$id_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (1)$$

$$od_i = \sum_{j=1}^n v_{ji} \quad (2)$$

$$td_i = od_i + id_i \quad (3)$$

denklemleri elde edilmektedir.

Bir BH değişkeninin katkısı, ilgili değişkene ait merkeziliğin (centrality) hesaplanmasıyla anlaşılabilir. Bir harita “kabul eden” (receiver) değişkenlerinin toplam sayısı “karmaşıklık indeksi” (index of complexity) ve olarak kabul edilebilir. Çok sayıda “ileten” (transmitter) değişken ise bilişsel haritanın düzlüğünü (flatness) gösterir, ancak nedensel açıklamalar yeterince detaylı değildir. Ayrıca ileten değişkenler, haritada başka herhangi bir değişken tarafından kontrol edilemeyen zorlayıcı (forcing) işlev olarak da adlandırılabilir. Bir kabul eden değişken ise sistemdeki diğer değişkenler üzerinde hiçbir etkisi olmayan bir değişken olarak görülebilir.

Komşuluk matrisi, “ulaşılabilirlik matrisi” (reachability matrix R) hesaplamalarına uygun forma sahiptir. kare matrisin karesini alarak, bir başka deyişle matrisi kendisiyle çarparak (second power), ulaşılabilirlik matrisi elde edilmektedir. Böylece dolaylı ilişkiler de tespit edilebilir. Ulaşılabilirlik matrisi  $R = k + k^2 + k^3 + \dots + k^{n-1}$  şeklinde hesaplanabilir. Genelde  $n-1$ . üssünü almaya gerek kalmadan,  $k^n$  üssünün sıfır değerini aldığı m. noktada hesaplama sonlandırılabilir.

lır. Komşuluk matrisine benzer şekilde satır toplamı belirlenen kavramdan diğer hangi kavramlara ulaşılabileceğini gösterirken, sütun toplamı da belirlenen kavrama hangi kavramlardan ulaşıldığını ortaya koymaktadır.

Ulaşılabilirlik matrisinin elde edilmesinden sonra, kavramlar arasındaki bağlantı endeksi (BE) değeri hesaplanır. Bilişsel haritadaki maksimum bağlantı sayısı  $\frac{n^2-n}{2}$  ile bulunur. Burada  $n$  kavram sayısını temsil etmektedir. Bağlantı endeksi ise  $BE = \frac{2(n-1)}{n^2-n}$  ile bulunur. BE, [0, 1] aralığında değer almakta, kavramlar arası etkileşim düzeyi güçlendikçe değeri 1'e yaklaşmakta, zayıfladıkça değer 0'a yaklaşmaktadır. Kabul edilebilen en düşük BE değerleri Tablo 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1. Kabul Edilebilen En Düşük Bağlantı Endeksi Değerleri.**

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14
<b>BE</b>	.67	.50	.40	.33	.29	.25	.22	.20	.18	.17	.15	.14

Devamında hiyerarşi indeksi  $h = \frac{\sigma_{od_i}^2}{n^2-1}$  hesaplanmaktadır (Çoban & Seçme, 2005; Kandasamv & Smarandache, 2003). Burada,  $od_i$  komşuluk matrisi satırlarının toplamı,  $\sigma_{od_i}^2$  ise ilgili vektörünün varyans değeridir. Hiyerarşi indeksi [0, 1] kapalı aralığında değer almakta, 1'e yakın ise bilişsel harita "tam hiyerarşik" olarak adlandırılmakta, 0'a yakın ise "tam demokratik" olarak betimlenmektedir (Özesmi & Özesmi, 2004).

Merkeziyet derecesi ve değişkenlerinin toplamı ile belirlenmektedir (Çoban & Seçme, 2005). Komşuluk matrisi, bir başka deyişle ikili karşılaştırma kare matrisinin her satır ve her sütunundaki elemanların toplamı ile kavramların merkeziyet derecelerini ifade eden vektörü hesaplanır. En fazla etkileşime sahip kavram, bu vektörde en yüksek değeri alır, en az etkileşime sahip kavram ise beklendiği üzere en düşük değeri alır (Özesmi & Özesmi, 2004). Merkeziyet derecesi en büyük olan kavram, en fazla etkileşime sahip faktör olacağı için bilişsel haritada ağırlıklı öneme sahiptir (Emel vd., 2012). Devam eden bölümde tanımlanan kavramların bilişsel haritalar ile analizi gerçekleştirilecektir.

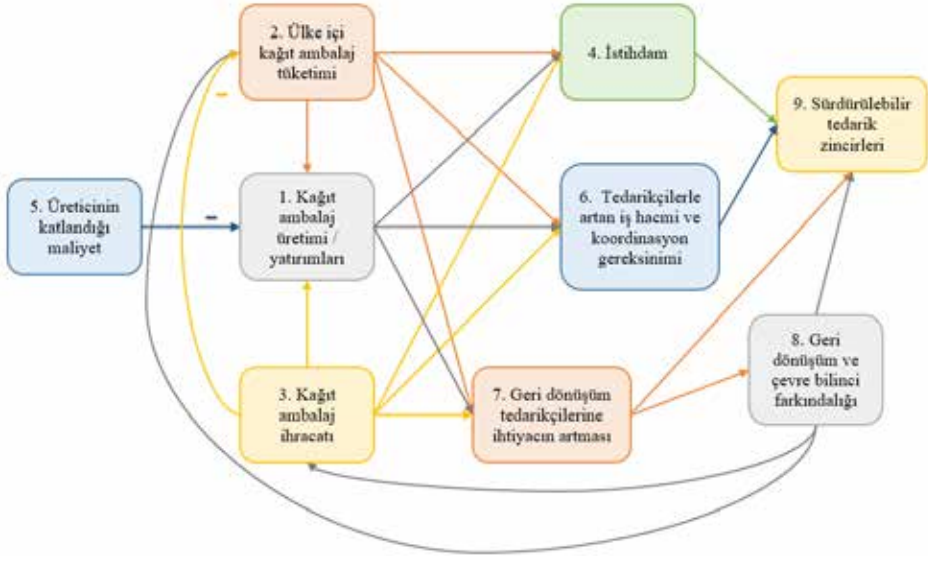


#### 4. ANALİZ

Kağıt ambalaj endüstrisi tedarik zinciri bölümünde tanımlanan “kağıt ambalaj endüstrisinde etkin olan kavramların”, birbirlerini olumlu/olumsuz anlamda ne yönde etkilediği Tablo 2’de yer alan komşuluk (adjacency) matrisinde yer almaktadır. Bu ilişkilerin görselleştirilmiş hali ise Şekil 1’deki gibidir.

**Tablo 2. Komşuluk Matrisi**

Kavram No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>od</i>	Merkeziyet derecesi (+)
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	6
2	1	0	0	1	0	1	1	0	0	4	6
3	1	-1	0	1	0	1	1	0	0	5	6
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
5	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5
8	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3	4
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>id</i>	3	2	1	3	0	3	3	1	4		



**Şekil 1. Kağıt Ambalaj Endüstrisinin Döngüsel Ekonomideki Rolüne Ait Bilişsel Harita.**

Sektör yetkilileri ile yapılan derinlemesine görüşmelere istinaden, geri dönüşüm ve çevre bilinci farkındalığı, hem iç hem dış pazarda kağıt ambalaj tüketimini tetiklemektedir. Ülke içi pazardaki kağıt ambalaj tüketimi ve ihracatı, firmaların üretim kapasitelerini artırmaya ve yeni yatırımlar yapmaya yönelmektedir. Bu yatırımlar da istihdamı, tedarikçilerle iş hacmini ve koordinasyon gereksinimi, geri dönüşüm tedarikçilerine olan ihtiyacı olumlu anlamda tetiklemektedir. Bunun yanı sıra, şirketin yükleneceği maliyet ise bu yatırımı olumsuz anlamda etkilemektedir. Özellikle ithal edilen makine, kağıt ve tutkal maliyetleri, döviz kurlarındaki dalgalanmalardan etkilenmektedir.

İç pazardaki kağıt ambalaj tüketimi, ihracattan olumsuz etkilenmektedir. Özellikle pandemi dönemi dolayısıyla Avrupa’da azalan imalat, artan tek kullanımlık ambalaj ihtiyacı ve ülkelerin getirdiği plastik poşet kullanma yasakları, Avrupa pazarından yoğun şekilde talep alma durumunu oluşturmuştur. Dolayısıyla döviz ile kazanan üretici, ürettiği malı ihraç etmeyi tercih etmektedir.

Hem ülke içi tüketim hem de ihracat, istihdamı olumlu yönde etkilemektedir. Daha çok üretmek için şirketler, daha çok mesai yapmaya ve daha çok insan kaynağını çalıştırmaya ihtiyaç duymaktadır. Benzer şekilde üretimin artması, tedarikçilere olan gereksinimi de artırmaktadır.

İstihdam, sürdürülebilir tedarik zincirleri ve hizmet ağları için olmazsa olmaz konumundadır. Tedarikçiyle artan iş hacmi ve geri dönüşüm tedarikçilerine artan ihtiyaç da sürdürülebilir iş ortamı için uygun zemin hazırlamaktadır. Bunun yanı sıra, geri dönüşüm tedarikçilerine artan ihtiyaç, geri dönüşüm ve çevre bilinciliği, o da sürdürülebilirliği doğrudan etkilemektedir.

Bu görüşmelerde Delphi tekniği kullanılmış ve sektör yetkililerinin ortaklaşa kararı belirlenmiştir.

Komşuluk matrisi kavramlar arası doğrudan ilişkiyi göstermektedir. Satır elemanlarının mutlak değerlerinin toplamı dış dereceyi (outdegree – od), yani i kavramının etkilediği diğer kavramların toplamını vermektedir. Benzer şekilde sütun elemanlarının mutlak değeri toplamı iç dereceyi (indegree – id), yani etkilene seviyesini temsil etmektedir. Ulaşılabilirlik matrisi R ile dolaylı ilişkiler ortaya konmaktadır

Ulaşılabilirlik (reachability) matrisi  $R = k + k^2 + k^3 + \dots + k^8$  şeklinde hesaplanmış, bir başka deyişle matrisin sekizinci kuvveti alınmıştır. Her bir kuvvet alınmasında elde edilen matrisler toplanmış, ulaşılabilirlik matrisi elde edilmiştir. Tablo 3'te yer alan dolaylı ilişkiler italik ifade edilmiştir.

**Tablo 3. Ulaşılabilirlik Matrisi.**

Kavram No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	0	4	11	0	1	11	8	28
2	11	0	7	18	0	2	18	12	43
3	4	-1	3	8	0	1	8	5	18
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	-6	-1	-4	-7	0	-1	-7	-4	-16
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	2	5	8	7	0	0	7	12	42
8	11	5	12	13	0	2	13	10	42
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ulaşılabilirlik matrisine bakıldığında, birinci ikinci ve üçüncü kavramlardan, 8 ve 9 numaralı kavramlara dolaylı yoldan erişilebildiğini, benzer şekilde 5 numaralı maliyet kavramından dolaylı olarak 4, 6, 7, 8 ve 9 numaralı kavramlara ulaşabileceğini göstermektedir. Ayrıca, 3 nolu kavramdan 2 nolu kavrama yönlendirilen negatif ilişki dolayısıyla, 3 nolu kavramdan 1 nolu kavrama da negatif ilişki dolaylı şekilde iletilmiştir. 8 numaralı “geri dönüşüm ve çevre bilinci” kav-

ramı ise 2 ve 3 nolu tüketim kavramlarını doğrudan etkilemekte, dolayısıyla 2 ve 3 numaralı kavramlardan erişilebilen diğer tüm kavramlara da dolaylı olarak ulaşabilmektedir.

Bağlantı endeksi değeri  $BE = \frac{2(n-1)}{n^2-n} = \frac{2(9-1)}{9^2-9} = 0.22$  olarak hesaplanmış, Tablo 1’de detayı verilmiş olan kabul edilebilen en düşük BE değeri sağlanmıştır.

Hiyerarşi indeksi  $h = \frac{\sigma_{od_i}^2}{n^2-1} = \frac{2.395}{80} = 0.03$  şeklinde hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu bilişsel haritanın tamamen demokratik olduğu söylenebilir.

Merkeziyet derecesi değerlerinin de göz önünde bulundurulmasıyla, bilişsel harita Şekil 1’deki gibi belirlenmiştir.

Buna göre, “geri dönüşüm ve çevre bilinci farkındalığı” hem ülke içi hem yurt dışı kâğıt ambalaj tüketimini tetiklemektedir. Maliyet ve tüketim kalemlerinin biraraya gelmesi ile kâğıt ambalaj üretimi ve yatırımları da doğrudan etkilenmektedir. Devamında istihdam, tedarikçilerle koordinasyon ve geri dönüşüm tedarikçisi ihtiyacı artmakta, takiben yine “geri dönüşüm ve çevre bilinci farkındalığı” tetiklenmektedir. Nihai olarak da “sürdürülebilir tedarik zincirleri” için uygun ortam sağlanmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Döngüsel ekonomide kâğıt ambalaj endüstrisinin rolü, geri dönüşüm ve çevre bilinci farkındalığı yaratması açısından önemli bir noktadadır. Sürdürülebilir bir dünya ve iş ortamı için, insan sağlığına zararı olmayan ürünlerin tüketimi konusunda farkındalık son derece yüksek bir seviyeye ulaşmakla beraber, gelişen teknoloji ve imkânlar sayesinde daha temiz, daha yalın, tekrar tekrar kullanımı mümkün kılan üretim ortamlarına geçiş süreci devam etmektedir.

Döngüsel ekonomide kâğıt ambalaj endüstrisinin rolünü araştıran bu çalışmanın bulguları, yurt içi ve yurt dışı kâğıt tüketimin artmasına bağlı olarak yapılan yatırımların ve üretimin arttığını işaret etmektedir. Kâğıt ambalaj tüketimi ise çevre bilinci ve geri dönüşüm farkındalığı sayesinde artmakta, istihdamı doğrudan eş yönlü olarak etkilemektedir. Aynı zamanda kâğıt, tutkal ve mürekkep tedarikçileri ile işbirlikleri ve koordinasyon ihtiyacı da yükselmektedir. Geri dönüşüm tedarikçilerine ihtiyaç oluşmakta, dolayısıyla çevre bilinci yine tetiklenmekte, büyük bir döngüyü beraberinde getirmektedir. Üretim ve tüketimin çevre bilinci ile desteklendiği bu döngü sonucunda sürdürülebilir tedarik zincirleri için

uygun zemin elde edilmektedir. İyi ve doğru olanı yapmak, kamçı etkisinin de kendini göstermesi ile birlikte, çevre dostu tüketimin, üretimin, yatırımın, iş hacminin ve kârın oluşmasını tetiklemektedir.

Çalışma teorik ve pratik anlamda, bu sektörün bilişsel haritalar yardımıyla nasıl modellenebileceğini göstermesi bakımından katkı sağlamaktadır. Bir sektör yetkilisinin fikirlerini matematiksel kurallara oturtarak görselleştirmesi mümkün kılınmaktadır. Ayrıca, geri dönüşüm ve çevre bilincinin önemi de ortaya çıkartılmış, ilk olarak desteklenmesi gereken faktör olarak belirlenmiştir.

Çalışmada sadece bir firmanın yetkililerine başvurulması, sadece bir ülkenin mevcut durumunun ortaya konması kısıt olarak gösterilebilir. Ancak seçilen firmanın sektördeki yüksek iş hacmine ve aktif olarak pazarı domine etmesine istinaden, sektörün büyük çoğunluğunu yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca firmanın uluslararası yapısı, birden çok ülkeye makine ihracat etmesi, bünyesinde birçok ulustan çalışan barındırması açısından, küresel pazarı temsil etmede yeterli olduğu ortadadır.

İleriki çalışmalarda daha çok firma ve ulusu kapsayan büyük ölçekli anketlere başvurulabilir, ülkelerin kıyaslamalı analizleri gerçekleştirilebilir, eldeki veriler ile yapısal eşitlik modelleri kurulabilir. Dahası büyük verinin elde edilmesi durumunda çeşitli sınıflandırma algoritmaları ile veri madenciliği uygulamaları yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Accenture (2017) Waste to wealth: Creating advantage in a circular economy. [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy\\_7/Accenture-Waste-Wealth-Infographic.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_7/Accenture-Waste-Wealth-Infographic.pdf).
- Agrawal, V. V., Atasu, A., & Van Wassenhove, L. N. (2019). OM Forum—New Opportunities for Operations Management Research in Sustainability. *Manufacturing & Service Operations Management* 21(1), 1-12. <https://doi.org/10.1287/msom.2017.0699>
- Ak, Ö. (2020). Pandemiden plastik salgınına. *Bilim ve Teknik*, Ekim, 26-35.
- Ambalaj Sanayicileri Derneği (2021). Kağıt ve Karton Ambalajlar <https://ambalaj.org.tr/ambalaj-ve-cevre-kagit-ve-karton-ambalajlar>
- Armstrong, D. J. (2005). *Casual Mapping: A Discussion and Demonstration*. Hershey, PA.: Idea Group Publishing.
- Asan, U. & Kadaifci, Ç. (2020). A new product positioning approach based on fuzzy cognitive mapping. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(2), 1047-1061.
- Axelrod, R. , *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*, New Jersey: Princeton University Press, 1976
- Barisauskas, R. (2020). Latin American Paper Packaging Market Outlook, Fastmarkets.
- BBC (2020). Bebeklerin plasentasında mikroplastik parçacıklar bulundu: Bebekler doğmadan kirleniyor. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-55412052>
- Bloomberght (2021). Kağıt ve kağıt ürünleri sektörü ABD pazarında yüzde 101 büyüdü. <https://www.bloomberght.com/kagit-ve-kagit-urunleri-sektoru-pandemi-donemin-den-buyuyerek-cikti-2260022>
- Bortolini, M., Galizia, F. G., Mora, C., Botti, L., Rosano, M. (2018). Bi-objective design of fresh food supply chain networks with reusable and disposable packaging containers. / *Journal of Cleaner Production*. 184, 375-388
- Cheng, K. (2019). *Sustainable Packaging Approaches for Current Waste Challenges*, MIT.
- CNN (2020). Plastik poşet kullanımı 2022'den itibaren yasaklanacak <https://www.cnn-turk.com/dunya/plastik-poset-kullanimi-2022den- itibaren-yasaklanacak>

- Çoban, O. & Seçme G. (2005). Prediction of socio-economical consequences of privatization at the firm level with fuzzy cognitive mapping. *Information Sciences*, 169 (1), 131-154.
- Dünya (2021). E-ticaretteki ivmelenme ambalaj tüketimini iki kat artıracak. <https://www.dunya.com/sectorler/e-ticaretteki-ivmelenme-ambalaj-tuketimini-iki-kat-artiracak-haberi-602042>
- Eden C., 2004. Analyzing Cognitive Maps to help Structure Issues or Problems, *European Journal of Operational Research*, 159, 673-686.
- Ellen MacArthur Foundation (2017) Building blocks of a circular economy, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/building-blocks>.
- Emel, G. G., Saraç, M., & Kabak, C. (2012). Stratejik Karar Almada İki Aşamalı Bir Model: Senaryoların Bilişsel Haritalar ile Etkinleştirilmesi ve Otomotiv Endüstrisinde Bir Uygulama. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(4), 85-100.
- Giray Resat, H. & Unsal, B. (2019). A novel multi-objective optimization approach for sustainable supply chain: A case study in packaging industry. *Sustainable Production and Consumption* 20, 29–39.
- Greenpeace (2019). Türkiye'deki Deniz Canlılarında Mikroplastik Kirliliği. <https://www.greenpeace.org/turkey/raporlar/turkiyedeki-deniz-canlilarinda-mikroplastik-kirliligi/>
- Hijyen Ambalaj (2020). Hijyen Ambalajları <https://www.artambalaj.com/urunler/hijyen-ambalajlari.html>
- Kandasamy, W. B. V. & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy cognitive maps and neutrosophic cognitive maps*. Publishing Online, Co. (Seattle, Washington State)
- Lunati, D. (2007). Tips for green paper-package converting. *Converting Magazine*, 25(10), pp. 54-57.
- MatbaaHaber (2020). Morrisons, ödeme kasasında tüm plastik torbaları kaldıran ilk süpermarket olmayı planlıyor <https://www.matbaahaber.com/2020/10/01/morrisons-odeme-kasasinda-tum-plastik-torbaları-kaldiran-ilk-supermarket-olmayi-planliyor/>
- McKinsey Quarterly (2017) Mapping the benefits of a circular economy. <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/mapping-the-benefits-of-a-circular-economy>.
- Meherishi, L., Narayana, S. A., & Ranjani, K.S. (2019). Sustainable packaging for supply chain management in the circular economy: A review. *Journal of Cleaner Production* 237, 117582.
- Milliyet (2020). Naylon yerine kağıt poşet kullanın! <https://www.milliyet.com.tr/teknoloji>

loji/naylon-yerine-kagit-poset-kullanin-885348

- Nadkarni, S., & Nah, F. F.-H. (2003). Aggregated Causal Maps: An Approach To Elicit and Aggregate The Knowledge Of Multiple Experts, *Communications of the Association for Information Systems*, 12, 411.
- Niero, M. & Hauschild, M.Z. (2017). Closing the loop for packaging: finding a framework to operationalize Circular Economy strategies, *Procedia CIRP* 61, 685 – 690.
- NTV (2020). Kanada’da tek kullanımlık plastik malzemeler yasaklandı <https://www.ntv.com.tr/dunya/kanadada-tek-kullanimlik-plastik-urunler-2021de-yasaklanacak>
- O’Rourke, D. (2014). The science of sustainable supply chains, *Science*. 344(6188), 1124-1127.
- Özesmi, U. and Özesmi, S., 2004. Ecological Models based on People’s Knowledge: a Multi-step Fuzzy Cognitive Mapping Approach, *Ecological Modelling*, 176 (1-2), 43-64.
- Siau, K., & Tan, X. (2005). Improving The Quality Of Conceptual Modeling Using Cognitive Mapping Techniques, *Data and Knowledge Engineering*, 55 (3), pp. 352.
- Sonneveld, K., James, K., Fitzpatrick, L. & Lewis, H. (2005). Sustainable Packaging: How do we Define and Measure It? 22nd IAPRI Symposium
- Swan, J. A. , Exploring Knowledge and Cognitions in Decisions About Technological Innovation: Mapping Managerial Cognitions”, *Human Relations*, Vol 48, N0 11, 1995, s.1241-1270.
- Termokap (2020). Neden kağıt pipet? <https://www.termokap.com/neden-kagit-pipet--/>
- TRT (2020). İngiltere’de plastik poşet kullanımı yüzde 90 azaldı <https://www.trthaber.com/haber/dunya/ingilterede-plastik-poset-kullanimi-yuzde-90-azaldi-425536.html>
- Yokokawa, N., Masuda, Y., Amasawa, E., Sugiyama, H. & Hirao, M. (2018). Network visualization of design variables and functions for sustainable packaging design. *Proceedings of the 13th International Symposium on Process Systems Engineering – July 1-5, 2018, San Diego, California, USA*



## 16. BÖLÜM

# SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KENTSEL YEŞİL ALANLARIN ÖNEMİ

**Merve Nur DERBETOĞLU**

*Selçuk Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı,  
Yüksek Lisans Öğrencisi Konya*

**Dr. Öğr. Üyesi Nurgül ARISOY**

*Selçuk Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konya*

### ÖZET

Kentleşmenin hızla büyümesiyle, çok boyutlu sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Kentsel alanların plansız gelişimi, dikeyden yataya genişleme arasında optimizasyon eksikliği, doğal kaynakların azalması ve tahribatı gibi sorunlar bir araya geldiğinde, çevresel dengesizlik ve daha büyük ölçekte çevre sorunlarına yol açmaktadır. Sürdürülebilirlik, özünde oluşan bu çevre sorunlarına karşı ileri sürülen bir kavramdır ve insanlar için büyük umut vaat etmektedir. Kentsel yeşil alanların varlığı kentte yaşayan insanların yaşam kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan birisidir ve çevre sorunlarının büyük çoğunluğunun çözümü yeşil alanların varlığı, yayılımı ve sürdürülebilirliği yoluyla etki altına alınabilir.

Kent ekosistemlerinin önemli bir bölümünü oluşturan yeşil alanların çevreye, doğaya ve insanlara pek çok fayda sağladığı bilinmektedir. Bu denli faydasının bulunduğu yeşil alanların, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanması üzerine yararlarının olabileceği gerçeğinden yola çıkarak bir araştırma planlanmıştır. Bu çalışma kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yeşil alanların rolünü, etkisini ve önemini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda öncelikle kavramsal ve

kuramsal açıdan “sürdürülebilirlik”, “kentsel sürdürülebilirlik” kavramları ele alınmıştır. Daha sonra, sürdürülebilir kent endeksleri, değerlendirme ölçütleri ve yaklaşımlara ilişkin ulusal ve uluslararası kaynaklar incelenmiştir. Endeks ve ölçüt setleri kapsamında yapılan değerlendirme ile sürdürülebilir kentlere ulaşmada bir kentte fiziksel, sosyal ve ekolojik perspektifte çok çeşitli olumlu etki ve işlevlere sahip kentlerde yaşanabilirliği belirleyen en önemli göstergelerden biri olan yeşil alanların katkısının yeşil alan işlevleri ile ilişkilendirilerek kentlerde sürdürülebilirliğe yönelik önemi açıklanmıştır.

Sonuç olarak; yeşil alanların önemi ve gelişimine yönelik kararların alınmasına katkı sağlanması gerekliliği kentsel sürdürülebilirlik adına daha yaşanabilir ve güvenli bir gelecek için büyük önem taşımaktadır. Hızla artan nüfus ve değişen koşullar nedeniyle meydana gelen hasarlar tüm canlıları, çevreyi ve geleceği olumsuz yönde etkilemesi sonucunda; canlıların ve çevrenin sağlığını, doğal dengeyi koruyarak ekonomik kalkınmaya olanak sağlayacak şekilde, doğal kaynakların rasyonel yönetimini sağlamak ve gelecek nesillere yaşanabilir fiziki ve sosyal çevre bırakma anlayışı benimsenmelidir. Hiç bitmeyeceği düşünülen kaynakların tükenebilir olduğunun bilincinde olarak şu anki kullanım planlamaları ile ileriye yönelik alınan kararların önemine dikkat edilmelidir. Doğru kentsel tasarımlar uygulanarak sürdürülebilirlik ilkelerine önem verilmelidir. Yeşil alanlar yaygınlaştırılarak doğada yeterli ve dengeli şekilde kullanılmalıdır. Kentsel yeşil alanlar sayesinde katkı sağlanan biyolojik çeşitlilik ve habitatlar korunarak ekosistem devamlılığı sağlanmalıdır. Yapılacak olan her türlü kentsel planlamada mevcut durumun korunumuna özen gösterilmelidir. Çeşitli sivil toplum kuruluşları, sürdürülebilirliği sağlayacak tüm meslek grupları ve halk katılımıyla ortak bilinç ve görevler oluşturulmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** kent, kentleşme, kentsel sürdürülebilirlik, sürdürülebilirlik, yeşil alanlar

## 1. GİRİŞ

Dünya’da kentsel alanlar hızla artmaktadır. 2025 yılında dünya nüfusunun %65’inin kentlerde yaşıyor olacağı tahmin edilmektedir. Kentte yaşayanların hayat kalitesi büyük ölçekte çevre kalitesine bağlıdır. Kentsel yeşil alanlar sahip oldukları fonksiyonları ile kentsel alanların en önemli kısmını oluşturur. Kentin ekolojisine olumlu katkıları olmasının yanı sıra hava, gürültü, görüntü kirliliği vs. çevresel sorunları azalttığı gibi, insanların fiziksel ve ruhsal sağlığını düzelterek sosyal ve rekreasyonel olanaklar sunarlar. Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü istenmeyen çevresel etkileri azaltmak için kişi başına en az 9 metrekare kentsel yeşil alan olması gerektiğini vurgulamaktadır. Ülkemizde ise 3194 sayılı İmar Kanunu’na göre belediye ve mücavir alan sınırları içinde en az 10 metrekare aktif yeşil alan olması gerekmektedir (Akbulut ve Önder, 2010; İmar Kanunu, 1985). Yeşil alan kavramı; mevcut açık alanların bitkisel elemanlar (odunsu ve otsu bitkiler), ile kaplı veya kombine edilmiş yüzey alanları olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre her yeşil alan bir açık alan niteliğindedir. Ancak her açık alan yeşil alan olmayabilmektedir (Gül ve Küçük, 2001). Bu alanların en büyük özelliği rekreasyonel potansiyelleridir ve ortak kullanım özelliği taşırlar (Karaman, 2019). Esasında açık ve yeşil alanlar tanımı için birçok meslek grubunun birçok farklı ifadesi mevcuttur. Öncelikle açık alan kavramı, daha sonra açık alanların bir parçası olan yeşil alan tanımı yapılmış; bu tanımlar sonucunda açık-yeşil alan kavramı ortaya çıkmıştır. Kentsel mekânlarda açık-yeşil alanlar birbirini tamamladığı düşünülerek birlikte kullanılırlar. Açık ve yeşil alanlar, kentin fiziksel özelliklerini ortaya koyan, biçimlendiren ve temel alan kullanımlarından birisi olup farklı alan kullanımlarını bütünleştirme özelliğine sahiptir (Karaağaç, 2019).

Bu çalışmada ise tüm bu tanımlamalar ışığında; sürdürülebilirlik bağlamında kentsel yeşil alanların önemi konusu çalışılmıştır. Kentler, yeşil alanlar ve sürdürülebilirlik konuları arasındaki bağlantı incelenmiş olup, çeşitli literatürlerden kırk adet endeks araştırılmıştır. Bu endeksler birçok ana kategori ve alt parametrelere sahiptir. Kaynak kullanımı, altyapı, sosyo-ekonomik ve çevresel faktörler gibi unsurların sürdürülebilir kentler metabolizması içinde nasıl şekillendiğini, tüm bu faktörlerin işlev, önem ve etkilerini ölçmeyi amaçlamıştır. Sürdürülebilirlik en genel ifadeyle süresi belirsiz bir dönem boyunca bir durum veya sürecin

sürdürülebilme, devam edebilme yetkinliğini ifade eder. Sürdürülebilirlik kavramının; çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç boyutu vardır. Çalışmada çevresel sürdürülebilirlik boyutu üzerinde durulmuş olup, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yeşil alanların rolünü, etkisini ve önemini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Çeşitli sebeplerle ortaya çıkan çevresel tahribata ancak doğal çözümlerle set çekilip, hasarlara karşı konulabilir. Bu durum da yeşil alan varlığı ve devamlılığıyla mümkündür. Bu sebeple yeşil alanların; çevre, çevre sorunları, tüm canlı popülasyonu, biyoçeşitlilik, habitatlar, kentsel sürdürülebilirlik gibi hususlara çözüm olabileceği düşünülmüş, yeşil alanların gelişimi ve yayılımı için öneri ve sonuçlar sunulmuştur.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilirlik kavramı; üretim ve çeşitliliğin devamlılığı sağlanırken insanlığın yaşamının daimi kılınabilmesidir. Başka bir ifade ile sürdürülebilirlik, kendi ihtiyaçlarımızı, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden karşılayabilmemizdir. Kamuoyu sürdürülebilirlik kelimesi ile ilk olarak Birleşmiş Milletler bünyesi altında çalışmakta olan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılı içerisinde yayınlamış olduğu “**Ortak Geleceğimiz**” isimli rapor aracılığı ile tanışmıştır. Raporunda yer alan **sürdürülebilirlik** tanımı: “İnsanlık; doğanın gelecek nesillerin gereksinimlerine yanıt verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçları temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahiptir.” şeklinde yapılmaktadır (Anonim 1).

Sürdürülebilirliğin çoklu tanımları ve farklı yorumları mevcut olmasının yanı sıra; sürdürülebilirlik kavramı 21. Yüzyılın planlama gündemine rehberlik edecek bir vizyondur denilebilir ve çok iyi bir planlama gerektirmektedir (Cozens, 2007).

### 3. KENTSEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

#### Kentleşme ve Kentsel Sürdürülebilirlik

Günümüzde, dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğu kentlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler'in 1950 ve 2014 yılları arasını kapsayan “Dünya Kentleşme Beklentileri” (World Urbanization Prospects) raporuna göre, 2007 yılında kentsel nüfusun ilk kez kırsal nüfusu aştığı görülmektedir. 1950-2014 yılları arasındaki kentsel nüfus artışı ise çarpıcıdır. Şöyle ki; 1950 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %70'i kırsal alanlarda, geri kalan yaklaşık %30'u ise kentlerde yaşamakta iken 2014 yılına gelindiğinde, kentsel nüfus oranının %54'e yükseldiği görülmektedir. Kentleşme oranının önümüzdeki yıllarda da artışını sürdürerek 2050 yılına gelindiğinde %66'ya yükselmesi beklenmektedir. “Nüfusun kırsal alandan kente göç etmesi”, “kentlerin hem nüfus açısından hem de alansal açıdan büyümesi” veya “toplam nüfus içerisinde kentsel nüfus oranının artması” olarak tanımlanabilecek olan “kentleşme” olgusu; tarih boyunca büyük coğrafi hareketlilikler, düşük doğurganlık oranı, uzun yaşam süresi ve nüfusun yaşlanması gibi ekonomik ve sosyal değişim ve dönüşümlerle ilişkilendirilmiş; kentler kırsal ve kentsel alanlarda kalkınmanın ve toplumsal refahın önemli katalizörleri olarak değerlendirilmiştir. Yüksek okuryazarlık oranı, gelişmiş sağlık hizmetleri, sosyal hizmetlere erişim kolaylığı ve kültürel ve politik katılım mekanizmaları, kentsel yaşamın en önemli belirleyicileri haline gelmiştir (Akçakaya, 2016).

Literatürde sürdürülebilir kentleşme ile ilgili kabul gören tanımlamalardan birkaçı da şu şekildedir; “insan gereksinmelerine günümüz kentlerinden daha iyi yanıt veren ve kent sistemlerinin gelecek kuşakların gereksinimlerinin karşılanmasını engellemeyecek bir biçimde geliştirilmesini sağlayan kenttir (Karakurt Tosun, 2013). Bir başka tanıma göre ise; Sürdürülebilir kentleşmenin temelinde fosil yakıt kullanılmayan, atık yönetimi yapılmış, atık üretimini en düşük seviyede tutan, temiz enerji kullanan, kendi enerjisini üretebilen, sıfır emisyon hedefleyen kentler yatmaktadır. Söz konusu kentlerin 15 temel ilkesi mevcuttur ve bu ilkelere biri de ‘yeşil alanlar ve biyoçeşitlilik’dir. Yeşil alanların kent bazında kullanımı karbondioksit emilimini artırır. Ayrıca bitkiler kentsel ısı adası etkisini azaltmak için kullanılırlar (Vanlı, 2019). Kavramın ortaya çıkması ile birlikte sürdürülebilir kentleşmenin sağlanmasında bugün ve gelecek nesiller için yaşam kalitesinin geliştirilmesi öngörülerek, istihdam ve kıtlık sorunlarının çözümü, yoksulluğun ortadan kaldırılması, sosyal ve kültürel değerlere sahip çıkan, mev-

cut doğal değer ve kaynakların sürdürülebilir kullanımını destekleyen politikalar üretilme gerekliliği ortaya konulmuştur (Erdoğan ve Öztürk, 2019).

Kentleşmenin gelişigüzel şekilde çevreyi dikkate almadan büyümesine uzun vadede izin verildiği takdirde sosyo-ekonomik birçok sorun da gün yüzüne çıkacaktır. Bu nedenle kentler çok iyi tasarlanmalı ve sürdürülebilirlik için çözümlerin bir parçası olunmalıdır. Sürdürülebilir kentleşme pratiği, küresel sürdürülebilirlik hedefine ulaşmada önemli bir rol üstlenmektedir (Shen ve ark., 2011). Kentler en heterojen manzaralardır. Kentsel sürdürülebilirlik temelde peyzajın bir bütün olarak sürdürülebilirliğidir. (Wu, 2010).

Avrupa çevre ajansı kentsel sürdürülebilirliğin sağlanması için ulaşılması gereken amaçları şu şekilde tarif etmektedir (Karakurt Tosun, 2009):

- Mekânın ve doğal kaynakların tüketimini en aza indirmek
- Kentsel akışları etkin biçimde yönetmek
- Kentsel nüfusun sağlığını korumak
- Kaynaklara ve hizmetlere eşit erişim sağlamak
- Kültürel ve sosyal çeşitliliği sürdürmek

Kentsel sürdürülebilirliğin geliştirilmesi için öneriler ( Cozens, 2007; Seto ve ark., 2012; Alberti ve Susskind, 1996):

➤ Çeşitli kentsel tasarım ilkeleri hakkında araştırma yapılmalı, yeni şehircilik ve sürdürülebilirlik ilkeleri belirlenmelidir.

➤ Ekolojik sürdürülebilirlik ile çevre arasındaki potansiyel çatışma alanları araştırılmalıdır.

➤ Çevre için sürdürülebilir endeksler geliştirilmeli, mevcut süreçteki gelişimler için motive edici ‘sürdürülebilirlik oluşturma dereceleri’ ve ‘yeşil yıldız’ sertifikaları çalışmaları uygulanabilir.

➤ Ekolojik olarak sürdürülebilir şehir tasarımlarında çevresel etki değerlendirmeleri yapılmalıdır.

➤ Şehirleşme ve arazi değişimini entegre etmek için belli bir zaman boyunca bağlantıları yeniden canlandırmak için sürdürülebilirlik için potansiyel müdahale noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir kent; ekonomik, sosyal ve fiziki boyutların iyi bir hayat stan-

dardı temin etmek maksadıyla ile birlikte çevreye en az zarar verecek yeterlilikle uyum içinde, sürdürülebilir bir sosyal temele de dayanarak uygun kentsel politikalarda özüksendiği kent veya kentsel alanlardır (Toptaş, 2021).

#### 4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT ENDEKSLERİ VE ÖLÇÜT SETLERİ

Yapılan araştırmalarda sürdürülebilir kentlere ulaşmanın önemi açıkça görülmektedir. Bu çalışmaların sağladığı birikimler, öngörüler ve gereklilikler doğrultusunda kentler birçok konuda aydın ve kendini geliştirmeyi hedefleyen yerleşimler haline gelmiştir. Bu çabalar ve gelişmelerin sonucunu görmek ve emsal oluşturmak için sürdürülebilir kent değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur (Tuğaç, 2018).

Araştırmalarda, uluslararası sürdürülebilir kent ölçütleri ile yeşil alanlar ve kentsel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki irdelenmiştir. Konunun çoğunlukla; çevre yönetimi, çevresel etkiler, iklim değişikliği gibi ana başlıkların içerisindeki alt parametrelerde yer aldığı görülmüştür. Uluslararası örgütlerce, uluslararası enstitü ve birliklerce, ülkeler tarafından ve diğer kuruluşlarca ortaya konulan ölçüt setleri olmak üzere dört çeşit endekse rastlanmıştır. Araştırma konusu kapsamında kırk adet kent endeksi ve ölçüt seti incelenmiştir. Bu endekslerin tamamında doğrudan veya dolaylı olarak kentsel açık-yeşil alan varlığı, doğa ve biyoçeşitliliğin korunması konuları önem arz etmekte ve parametrelerde yer almaktadır. Bu da göstermektedir ki; sürdürülebilir kent kavramı ile çevresel etmenler ve dolayısıyla yeşil alanlar sıkı sıkıya birbirine bağlıdır.

Araştırılan kırk ölçüt setinin tamamında yeşil alan kavramına ilişkin bir ana başlık, bir parametre veya konuyla ilgili mutlaka bir konu irdelenmiştir. Genellikle çevre ana başlığı altında; yeşil alanlar (korunan alanların toplam kentsel alandaki yüzdesi, kentsel alan ne nüfus büyüklüğü ile ilişkili olarak kentteki ağaçlık alanlar, iklim değişikliğine uyum), yeşil alanlara erişim, doğa ve biyoçeşitlilik, açık yeşil alanlar ve tarihsel miras, kamusal açık yeşil alanlar, tarım ve biyoçeşitliliğin korunması, sosyal yeşil alanların iyileştirilmesi, yeşil alanlarda kullanılan beton miktarı, yeşil altyapı gibi parametrelerde direkt ilgili konu yer almaktadır. Doğrudan bahsedilmeyen diğer endekslerde ise; çevresel performans, çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı, kent dokusu, doğal elemanların ve

döngülerin bütünleştirilmesi, yeşil büyüme ve eko-yenilik konulu parametrelerde ilgili konu dolaylı şekilde işlenmektedir.

Endekslerdeki verilerden yola çıkılarak görülmektedir ki; kentsel alanların erişim, büyüklük, miktar, koruma gibi özellikleri ile araştırılan endeksler içinde yer aldığı ve farklı yaklaşımlarda farklı konuların odak noktası olduğu fakat çoğunlukla yeşil alanların direkt veya dolaylı biçimde bulunduğu, konuya önem verildiği görülmektedir. Endekslerde önemle vurgulandığı gibi kentsel açık ve yeşil alan düzenlemelerinde yerel türlerin seçilmesi ve oluşturulacak peyzaj düzenlemeleri aracılığıyla kentsel sürdürülebilirliği sağlamak doğrultusunda yutak kapasitesinin artırılması, yağmur suyu sistemlerinin geliştirilmesi ve doğal afetlere karşı tedbir almak amacıyla fazla suyun drene edilmesini sağlayacak yeşil alan düzenlemelerinin sağlanması önem arz etmektedir.

## 5. KENTSEL MEKÂNLARDA YEŞİL ALANLARIN İŞLEVLERİ

Kentsel yeşil alanlar, kent sakinlerinin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen kentin temel donatılarından biridir. Kentin imajını olumlu yönde etkileyen bu alanlar rekreasyon işlevlerinin yerine getirilmesinde önemli rol oynar (Aydemir, 2004). Yeşil alanların büyüklüğü ya da kişi başına düşen yeşil alan miktarı, giderek toplumların gelişmişliğinin bir ölçütü olarak kabul görmeye başlamıştır. Kentsel alanda farklı işlevlere ayrılmış ve çok çeşitli büyüklüklere sahip olan yeşil alanlar ekolojik, toplumsal, ekonomik, fiziksel özellikleri ile kent sakinlerinin yaşam kalitesine olumlu yönde katkı sağlar. Çok yönlü bir işleve sahip olan kentsel yeşil alanların; sağlık, ekolojik ve diğer işlevleri mevcuttur (Karataş ve Kılıç, 2017):

- **Yeşil Alanların Ekolojik İşlevi:** Günümüzde sanayileşme ve kentleşme başta hava kirliliği, nüfus yoğunluğu, kentin ısınması gibi sonuçlara yol açmaktadır. Açık yeşil alanların azalması bu sorunların daha da katlanması anlamına gelmektedir. Oysa yeşil alanlar başta havanın temizlenmesi, nüfus yoğunluğunun azaltılması, kentteki ısı adacıklarının yok edilmesi gibi daha birçok işlevi yerine getirmektedir (Aydemir, 2004)
- **Yeşil Alanların Sağlık İşlevi:** Kentin sağlıklı bir mekân olabilmesinin temel



koşullarından biri kuşkusuz kentteki yeşil alanların büyüklüğüdür. Aslında yeşil alanların insanların sağlığı üzerinde olumlu etkisi olduğu çok uzun zamandır bilinmektedir. Ancak sanayileşmenin getirdiği avantajlar karşısında uzun süre bu gerçek göz ardı edilmiştir. Oysa yeşil alanlar, yurttaşlara kent yaşamının yol açtığı birçok sağlık sorunlarını çözmeye büyük katkı sağlamaktadır. Kentlerin, yoğun çalışma temposu ve bireylerin genel olarak kapalı mekânlarda uzun süre çalışmak zorunda kalması, onların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Kentin yeşil alanları yurttaşların bu sağlık sorunlarını aşabilmesi için fırsatlar sunmaktadır. İlk peyzaj mimarı olarak kabul edilen Central Park'ın mimarlarından Frederick Law Olmsted, yeşil alanların insan sağlığı üzerindeki etkisi üzerinde durmuştur. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde politikacılar ve halk sağlığı uzmanları, yeşil alanların insan sağlığı üzerindeki etkisine dikkat çekmeye çalışmaktadırlar (Akpınar ve Cankurt, 2015)

- **Yeşil Alanların Diğer İşlevleri:** Kentin barınma, çalışma, ulaşım ve rekreasyon şeklinde dört işlevi olduğu öteden beri genel kabul gören bir yaklaşımdır. Ancak kent işlevlerinin arasında kabul edilebilir ve kentin diğer işlevlerinin bir diğerinden sorunsuz bir şekilde ayrılabilmesi açısından, yeşil alanlar etkin bir şekilde kullanılabilir. Böylece birçok kirletici ya da kent sakinleri için rahatsız edici nitelikte kimi sektörler arasında, yeşil alanlar tampon olma işlevi üstlenmiş olacaktır. Bunun yanı sıra, insanlığın ilk dönemlerinden bu yana, insanların besin ihtiyacı yanında farklı seviyelerde refah ve esenlik ihtiyaçlarını da yeşil alanlar karşılamıştır. Ayrıca, yeşil alanlar bir yandan can kayıplarını en aza indirirken diğer yandan da mal kayıplarının da azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Karataş ve Kılıç, 2017).

Yeşil alanlar, iyi bir planlama ve tasarımla birlikte kentin ekonomik açıdan daha cazibeli olmasını sağlamaktadır. Turizm açısından avantaj sağlaması, kentin ısınma ve soğumasına yardımcı olması, yeşil alanların olduğu alanların diğer alanlara göre daha çok parasal değerinin olması gibi unsurlar, yeşil alanların ekonomik katkısını göstermektedir (Aydemir, 2004).

## 6. KENTLERDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASIN- DA YEŞİL ALANLARIN RÖLÜ

Kentlerin sürdürülebilirliğinde açık-yeşil alanların etkisi oldukça fazladır. Açık alanların durumlarını ve gelişimlerini tespit etmek zorunlu bir durumdur. Bu durum alanların potansiyelini ve değer alanlarını karakterize edebilir ve ölçülebilir kılmaktadır. Süreçte; gelişimi devamlı gözlemlemek mümkün hale gelir. Planlama önlemleri; kentin gerçek kalitesini ve etkinliğini anlamak adına sürdürülebilir kalkınmanın bir parçasıdır (Palacky ve ark., 2015). Kentsel yeşil alanların, kentsel fonksiyon alanlarından biri olmalarına bağlı olarak, kent mekânı içinde ürettikleri birçok faydası vardır. Kentin çevresel kalite standardının belirlenmesinde etkinliği olan ve bir kentsel alt sistemi oluşturan açık ve yeşil alanların fiziksel mekân-sosyal çevre bakımından ürettikleri faydaları ve fiziksel çevre kalitesinin sağlanması, artırılması ve kontrolü bakımından ürettikleri faydaları saymak mümkündür (Ceylan, 2007).

Kentsel açık-yeşil alanların kent sürdürülebilirliğine katkı ve faydalarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Gül ve Küçük, 2001; Aydemir ve ark., 2004; Wong ve Yu, 2005):

- Kentlerin monoton geometrik yapı veya yapı kitlelerinin sert dokularını hafifletir, keskin hatlarını yumuşatır, canlılık verir. İnsan ile çevre, yapı ile yapı, yapı kitleleri ile boşluklar arasında denge sağlar ve organik bir ilişki kurarlar.
- Mikroklimayı kontrol eder ve düzenler.
- Toprağın üst kısmını örtterek toprak ve suyu korumayı sağlar, toprak verimliliğini artırır.
- Ekonomik yarar sağlar; yaşama sevinci sağlayarak işgücü ve verimi artırır.
- Kentin strüktürüne katılan açık yeşil alanlar, karakter bakımından çok farklı bölgeleri birbirinden ayırarak kontrastları giderir ve fiziksel dengenin kurulmasını sağlayarak değişik arazi kullanım bölümleri arasında tampon görevi yaparlar.
- Kentin yapısına organik elemanlar olarak katılan açık yeşil alanlar içten ve dıştan yeşil şartlarla çeşitli kısımları birbirine bağlayarak çevrenin organik düzeni ile anlaşılabilen bir sistemin meydana gelmesinde rol oynarlar.
- Sürdürülebilir kentlerin anahtar bileşenlerinden olan bitki ve bitkilendirilmiş

alanlardır. Bu nedenle; konut alanlarında yaratıcı tasarımlarla, mevcut doğal kaynaklardan daha iyi yararlanılması, yeşil yüzeylerin artırılması yaygınlaştırılmalıdır.

- Yeşil alanlar konut alanının çocuklar ve yetişkinler için kullanım değerini de yükseltir.
- Tüm açık alanlarda, hatta yapısal yüzeylerde (çatılar, cepheler) ağaç örtüsünün ve diğer bitki kaplı yüzeylerin artırılmasına teşvik edilmelidir. (Wong ve Yu, 2005).

Kentsel açık-yeşil alanlar, Peyzaj Mimarlığı açısından gerek estetik gerekse işlevsel birçok öneme sahiptir. Kentsel yeşil alanların salt mevcudiyetinin ötesinde, yeşil alanların kent genelinde adil ve fonksiyonel bir dağılım sergilemeleri önem taşımaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir bağlantılı kentsel yeşil alan sistemlerine yönelik peyzaj planlama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Ceylan, 2007).

Kentsel açık yeşil alanlar, yaşı, cinsiyeti, içinde bulunduğu sosyal sınıf ne olursa olsun tüm kent halkına eğlence ve dinlence sağlayan, çeşitli sportif ve kültürel aktivitelere katılma olanağı sunan rekreasyon işlevlerine sahiptirler. Kentsel açık yeşil alanların bu işlevleri kentlilerin serbest zamanlarını değerlendirmeleri açısından önem taşımaktadır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplumlar, finansal anlamda çeşitli beklentilerde olduğu kadar yaşam alanları için de beklenti ve talep içindedirler. Genel anlamda amaçlanan durum; yaşam kalitesini arttırmak ve sürdürülebilirlik noktasında gelecek nesillere devamlılık sağlamaktır. İstekler doğrultusunda yapılan planlamalar; ekolojik yapı korunup geliştirilirse mümkün ve tatmin edici olur. Bu noktada mevcut dokuyu korumak önemli bir yer tutar. Sağlıklı bir çevreye sahip, temel hizmetlerde (sağlık, güvenlik, istihdam gibi) sıkıntı yaşamayan, kültürel verilerine sahip çıkmış, kaliteli yapıları ve çevresi olan mekânlar sürdürülebilir sistemlerdir. Bu maddeleri prensip edinen sistemler planlama aşamasından itibaren, kullanım sırasında ve sonrasında da bu özelliklerini sürdürürler.

Sonuç olarak; kentlerin yaşanabilir, refah, sağlıklı mekânlar olabilmesi için yeşil alanların teknik kriterler doğrultusunda planlama ve uygulama yaparak sürekliliğinin sağlanması mümkündür. Kentteki tüm açık-yeşil alanla kentin tamamı bütünlük oluşturmali, zaman içindeki değişim ve gelişimlerin erişilebilirlik, esneklik ve sürdürülebilirlik sağlayacak biçimde oluşturulması gerekmektedir:

- Yeşil alan konusundaki planlamalarda kent kullanıcılarının istekleri göz önünde bulundurularak, kullanıcıların özellikleri ve bölgeye yeterli alanlar oluşturulmalıdır.
- Çevre dostu enerji kullanımı desteklenmelidir.
- Geri dönüşüm konusu üzerinde çeşitli çözümler geliştirilerek, üretim sonrası atık zararının alt sınırlarda olması sağlanmalıdır.
- Öncelikli olarak mevcut kent sorunları çözülerek yeni oluşacak sorunlara çözümlene anlamında hazırlıklı olunmalıdır.
- Doğal ekosistemin korunumuna çok dikkat edilmeli, mevcut durum korunarak en üst düzeyde fayda sağlamak hedeflenmelidir. Oluşturulacak hiçbir beşeri faktör var olan doğal yaşamı uğratmamalıdır.
- Yeşil alan yeterliliğinde yalnızca kişi başına düşen metrekare hesabı yetersiz olduğundan, yeşil alanların kent içinde homojen dağılımı göz önünde bulundurulmalı, kentlilerin eşit bir biçimde yeşil alanlara erişimleri sağlanmalıdır.
- Biyoçeşitlilik ve doğal habitatlar korunmalı ekosistem devamlılığı sağlanmalıdır.
- Sağlıklı, toplum dostu ve çevre dostu kentsel gelişim benimsenerek planlamalar bu doğrultuda ilerlemelidir.

## KAYNAKÇA

- Akbulut, Ç.D., Önder, S., 2010. Aksaray Kenti Açık-Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Yönünden İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, ISSN: 1309-0550, Sayfa: 90-95, Konya.
- Akçakaya, O., 2016, Kentsel Sürdürülebilirliğin Uygulanması Ve Ölçülmesi Bağlamında Yerel Yönetimlerin Fonksiyonu, Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:4, ISSN: 2148-7154, Sayfa: 47-64, Ardahan.
- Akpınar, A., Cankurt, M., 2015, Türkiye’de Kişi Başına Düşen Yeşilalan Miktarı İle Ölüm Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2015; 12(2) : 101 – 107.
- Alberti, M., Susskind, L., 1996, Managing Urban Sustainability: An Introduction To The Special Issue, sayfa: 213-221, New York.
- Anonim 1: <https://ekolojist.net/surdurulebilirlik-nedir/> Ziyaret tarihi: [24.03.2021]
- Aydemir, Ş., Aydemir S., Beyazlı, Ökten, N., Öksüz, A. M., Sancar, C., Özyaba, M., Türk, Y., 2004. Kentsel alanların Planlanması ve Tasarımı. İber Matbaacılık. Trabzon.
- Ceylan, A., 2007, Yaşam Kalitesinin Arttırılmasında Kentsel Yeşil Alanların Önemi Ve Kentsel Dönüşüm İle İlişkilendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Cozens, P., 2007, Planning, crime and urban sustainability, Curtin University of Technology, vol:102, ISSN: 1743-3541, Western Australia.
- Erdoğan,G., Öztürk, B., 2019, Sürdürülebilir Kentleşme: Dokuma Kenti Buldan Örneği, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, ISSN: 2548-0170, sayfa: 51-68.
- Gül, A., Küçük, V. 2001. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:a, Sayı:2, ISSN:1302-7085, Sayfa: 27-48, Isparta.
- İmar Kanunu, 1985, Resmi Gazete
- Karaağaç, B.Ö., 2019, Altınordu Kent Merkezi’nin Açık – Yeşil Alanlarının Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek

lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ordu.

Karakurt Tosun, E., 2009, Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri, Paradoks , Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, Sayı:2, ISSN: 1305-7979, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Karakurt Tosun, E., 2013, Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Sürecinde Kompakt Kent Modelinin Analizi, Yönetim ve Ekonomi, cilt: 20, sayı:1, Manisa

Karaman, H.B., 2019, Kentsel Açık Ve Yeşil Alanlarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi, Aksaray Kenti Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Isparta.

Karataş, A., Kılıç, S., 2017, Sürdürülebilir Kentsel Gelişme ve Yeşil Alanlar, SİYA-SAL: Journal of Political Sciences, 26(2), 53-78.

Palacky, J., Wittmann, M., Frantisak, L., 2015, Evaluation of Urban Spaces Sustainability, 29th Annual AESOP 2015 Congress, sayfa: 701-715, Czech Republic.

Seto, K.C., Reenberg, A., Boone, C.G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T., Marco-tullio, P., Munroe, D.K., Olah, B., Simon, D., 2012, Urban Land Teleconnections and Sustainability, Clark University, vol:109, no:20, 7687-7692.

Shen, L., Ochoa, J., Shah, M. N., Zhang, X., 2011, The application of urban sustainability indicators e A comparison between various practices, Habitat International, Sayfa: 17-29, DOI: 10.1016

Toptaş, H.G., 2021, Türkiye’de Uygulanan Kentsel Dönüşüm Projelerinin Sürdürülebilirlik Göstergeleri Bağlamında İncelenmesi Ankara Aktaş Mahallesi Örneği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Ankara.

Tuğaç, Ç., 2018, Uluslararası Sürdürülebilir Kent Ölçütleri Bağlamında Türkiye İçin Bir Değerlendirme, Kent Akademisi, Cilt: 11, Sayı: 4, Sayfa: 703-740.

Vanlı, F. Ş., 2019, Yaşanabilir Şehirler: Uluslararası Kentsel Sürdürülebilirlik Endeksleri Üzerine Bir Çalışma, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Wong, N.H., Yu, C., 2005, study of green areas and urban heat island in a tropical city, cilt:29, sayı:3, sayfa: 547-558

Wu, J., 2009, Urban Sustainability: An İnevitable Goal Of Landscape Research, Lanscape Ecol, 25:1-4, DOI: 10.1007.

## 17. BÖLÜM

# KAMUOYU DUYURULARI KONUSUNDA TÜKETİCİ PROFİLİ VE YASAL YAPTIRIMLAR

Sibel ÖZÇAKMAK<sup>1</sup>, Soner TÜRKMEN<sup>2</sup>, Ahmet BOSTAN<sup>3</sup>

Sorumlu yazar: sibel.ozcakmak@tarimorman.gov.tr

### ÖZET

Covid19 salgını boyunca güvenilir gıdaya erişimde ülkemizde sektör paydaşlarıyla alınan aksiyonlar sayesinde tedarik zincirinde kesinti yaşanmamıştır. Gıda sektörünün sürdürülebilirliğinde tedarikçiler güven zincirini korumak, olası risklerin önlenmek, azaltılmak veya ortadan kaldırmak için gerekli tedbirlerin alınmasından sorumludur. Sürdürülebilir gıda güvenliği, gıda sisteminde tüm paydaşlar arasındaki işbirliğinin güçlendirilmesi ve 5996 sayılı gıda mevzuatının gerekliliklerini yerine getirerek sağlanabilir. Tüketici sağlığını tehdit eden, güvenilir olmayan gıdaların tespiti halinde kusura göre yasal işlemler yürütülmekte, gıdanın güvenilir olmadığına dair yeterli şüphe veya sebebin oluşması durumunda Tarım ve Orman Bakanlığı söz konusu gıdanın piyasaya arzını engelleyici tedbirler almaktadır. Bu çalışmada, kamuoyu ifşaları konusunda tüketici profili ve yasal yaptırımlar üzerine bir anket çalışması yürütülmüş, katılımcıların taklit-tağışış, kamu otoritelerinin uygulamaları üzerine görüş ve beklentilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Tüketici profili, çevrim içi survey aracılığı ile 15-80 yaş arasında 358 katılımcıdan oluşan bir örneklem ile belirlenmiştir. Araştırmaya katılanların demografik özellikleri (cinsiyet, yaş, eğitim, meslek, ailede gıda konusunda eğitim durumu), gıdalarda taklit-tağışış ve kamuoyu duyuruları, güncel

<sup>1</sup> Atakum İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, SAMSUN

<sup>2,3</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, ANKARA

yasal düzenlemeler ve etkisi, gıda hileleri, gıda etiket bilgilerinin farkındalığı, kamu kurumlarından beklentileri kapsayan sorular uygulanmıştır. Elde edilen veriler frekans, yüzde tablolarla işlenerek değerlendirilmiştir. Ankete cevap verenlerin, ailesinde gıda konusunda eğitilmiş olanların oranının yüksek olduğu (%72.6), dolayısı ile bilinç düzeyi yüksek tüketici grubuna ait verilerin elde edildiği söylenebilir. Anket sonuçlarına göre, katılımcıların yaklaşık %50'sinin tağşiş kavramını bildiği, %65'inin gıda hilelerinin en fazla üretim aşamasında yapıldığı görüşünde olduğu, öncelikle hilelerin yapıldığı ürün grupları arasında, et ve et ürünleri ile tereyağında yapıldığı öne çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı'na yapılan duyuruların daha güvenilir bulunduğu (%41.6), tağşiş tespiti yapan laboratuvarların güvenilirliğinin düşük olduğu (%15.9), kamuoyu ifşalarının gıda hilelerine kesinlikle etkili olacağını düşünen görüşlerin sadece %16'da kaldığı, kamuoyu duyurularının sistematiği ve etkinliği yönünde güven derecesinin %46.9 ile orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Gıdalarda hile yapanlara uygulanan cezaların ağırlaştırıldığı yeni düzenleme (7255 sayılı kanun) ile ilgili olarak 3 soru yöneltilmiş, hilelerin caydırıcılığı üzerine etkili olacağı yönünde cevaplar alınmıştır. Gıda konusunda kamuoyu duyurularına olan yaklaşım üzerine soruların yöneltildiği anket çalışması sonucunda, tüketicilerde gıda hileleri ile ilgili şüphe ve güven duygusunun orta düzeyde olduğu, yeni düzenlemelere karşı olumlu yaklaşım sergiledikleri, uzman kişilerin denetimde yer alması yönünde görüşlerin birinci öncelikleri arasında yer aldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda güvenliği, Taklit-Tağşiş, Kamuoyu duyurusu, Mevzuat.



## CONSUMER PROFILE AND LEGAL SANCTIONS ON PUBLIC ANNOUNCEMENTS

Sibel ÖZÇAKMAK<sup>1</sup>, Soner TÜRKMEN<sup>2</sup>, Ahmet BOSTAN<sup>3</sup>

Corresponding author: sibel.ozcakmak@tarimorman.gov.tr

### ABSTRACT

There was no interruption in the supply chain due to the actions taken with industry stakeholders to access to safe food in our country. In the sustainability of the food industry, suppliers are responsible for taking the necessary measures to maintain the trust chain, to prevent, reduce or eliminate possible risks. Sustainable food safety can be achieved by strengthening cooperation between all stakeholders in the food system and by fulfilling the requirements of the food legislation No. 5996. In case of detecting unreliable foods threaten consumer health, legal procedures are carried out according to the fault and in the event of sufficient suspicion or reason that the food is not reliable, the Ministry of Agriculture and Forestry takes measures to prevent the supply of the food in question. In this study, a survey study was conducted on consumer profile and legal sanctions on public announcements, it was aimed to reveal the opinions and expectations of the participants on counterfeit-adulteration and the practices of public authorities. The consumer profile was determined through an online survey with a sample of 358 participants between the ages of 15-80. The questions including demographic characteristics of the participants (gender, age, education, profession, educational status of food in the family), counterfeit-adulteration in food and public announcements, current legal regulations and their effect, food fraud, awareness of food label information, expectations from public institutions were

<sup>1</sup>Atakum District Directorate of Agriculture and Forestry, SAMSUN

<sup>2,3</sup>Ministry of Agriculture and Forestry, ANKARA

applied. The data obtained were evaluated by entering the frequency and percentage tables. The proportion of respondents who are educated about food in their family is high (72.6%), so it can be said that data belonging to the consumer group with high level of consciousness obtained. According to the survey results, it has come to the fore that approximately 50% of the participants know the concept of adultery, 65% of them are of the opinion that food frauds are mostly done during the production phase, primarily among the product groups where fraud is done that it is made with meat and meat products and butter. It was determined that the announcements made by the Ministry of Agriculture and Forestry are found to be more reliable (41.6%), the reliability of laboratories that detect adulteration is low (15.9%), only 16% of the opinions who think that public announcements will definitely affect food fraud and the confidence level in terms of systematics and efficiency of public announcements is medium with 46.9%. 3 questions were asked regarding the new regulation (Law No. 7255), in which the fines imposed on those who cheat in food were aggravated, and answers were received that the cheating would have an effect on deterrence. As a result of the survey study in which questions were asked about the approach to public announcements on food, it was determined that the sense of suspicion and trust in consumers about food fraud is at a moderate level, their approach towards new regulations as positive and their opinions regarding the involvement of experts in the audit are among the first priorities.

**Keywords:** Food safety, Counterfeit, Adulteration, Public announcement, Legislation.

## 1. GİRİŞ

Çiftlikten çatala ilkesi temelinde gıda üretim, işleme, dağıtım zincirinin tüm aşamalarında mevzuata uygun koşullar yerine getirilmelidir. Gıda güvenilirliği; gıda işletmecilerinin insan sağlığına tehlike oluşturmayacak koşullarda üretim, işleme, depolama, dağıtım ve satışının tüm aşamalarında 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanununda belirlenen şartlara uygun olarak gıda tedarikinin sağlanması ile mümkün olabilir (Artık, 2000; Başer ve ark., 2018). Sürdürülebilir gıda güvenilirliği için temel koşul, gıdanın üretilmesinden tüketilmesine kadar olan süreçte tüketicinin sağlığı üzerinde ani, kısa veya uzun vadede tehlike oluşturmayan, izlenebilirliği sağlanabilen, içeriği ve bilgileri mevzuata uygun olan ürünlerin piyasaya arzının gerçekleştirilmesidir. Son yıllarda gıda güvenliği konusunun odağını, taklit-tağış ile mücadele, gıda mevzuatı ve politikalarında eksiklikler ve uygulanan stratejiler oluşturmuştur. (Anonim, 2010; Demirağ ve Yılmaz, 2014; Spink et al., 2019).

Dünyada ve ülkemizde her sene artan ve halk sağlığını ciddi şekilde tehdit eden gıdalarda yapılan taklit ve taşış konusu ilk olarak AB Gıda Yasası olarak bilinen 178/2002 sayılı tüzük çerçevesinde Food Fraud (Gıda Dolandırıcılığı) genel başlığı altında ele alınmıştır (Anonim, 2019a; Anonim, 2019b). Söz konusu Tüzük'te tüketicilerin gıdalarda yapılan taklit ve taşış gibi hileli ve aldatıcı uygulamalardan korunması gerektiği yer almıştır. AB uyum sürecinde, Türkiye'de gıda güvenliğine ilişkin kuralların belirlendiği 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanun Kanunu AB'de gıda mevzuatının genel prensiplerini ve gerekliliklerini ortaya koyan 178/2002/EC sayılı AB Tüzüğü'ne uyumlu olarak hazırlanmıştır (Çiğ, 2008).

Türkiye'de 2010 yılından itibaren uygulanmakta olan 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, güvenilir gıdanın piyasaya arzı ve tüketici menfaatlerini korumayı amaçlamaktadır. 5996 sayılı kanuna göre, gıdalarda taklit ve taşışın yapılamayacağı (24/4), tespiti halinde idarî para cezası, el koyma, mülkiyetin kamuya geçirilip (40/1), ürünleri üreten veya piyasaya arz edenler hakkında halk sağlığına karşı suçlar kapsamında Cumhuriyet Savcılığına suç duyurusunda

bulunulacağı belirtilmiştir. Kanunun yürürlüğe girmesi ile beraber, insan sağlığını tehlikeye düşürecek şekilde bozulmuş, değiştirilmiş gıdaları üreten ve/veya satan firmanın adı, ürün adı, markası, parti ve/veya seri numarasını içeren bilgiler tüketiciler bozulmuş, değiştirilmiş gıdaları üreten ve/veya satan firmanın adı, ürün adı, markası, parti ve/veya seri numarasını içeren tüm bilgiler kamuoyu ile paylaşılmakta ve ifşa edilmektedir (31/6: *Taklit-tağışış yaptığı tespit edilen işletmeler kamuoyunun bilgisine sunulabilecektir*) (Anonim, 2010; Anonim, 2011).

Gıdalarda taklit-tağışış bakımından tüketiciyi aldatmaya ve pazardaki rekabet gücünü arttırmaya yönelik yapılan pek çok yanıltıcı uygulamalar söz konusu olmaktadır. Gıdalarda hileler, ürüne ilişkin veya etiketleme-tanıtım ve reklam yolu ile (ambalaj, görünüm, tasarlanma ve sergilenme hileleri veya yazılı veya görsel bilgilendirme hileleri) olmaktadır. 2013 yılından bu yana ifşa edilen gıda maddelerinin sayısında giderek artış olduğu, 2021 yılı Mart ayına kadar yapılan kamuoyu duyurularında 1.609 firmanın 3.605 parti ürününde çeşitli gıda hilelerinin yapıldığı, bazı firmaların birçok kez kamuoyuna duyurulmalarına rağmen hatta kimi zaman daha öncede ifşa edilen işletmelerde benzer nedenle taklit-tağışışın tekrarlandığı ve ticari faaliyetine devam ettiği görülmüştür Yaygın olarak taklit-tağışışe uğrayan gıda maddeleri arasında süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, bitkisel yağlar, bal, takviye edici gıdalar, çikolata, kahvenin yer aldığı bildirilmiştir (Türkmen ve Ataseven, 2020).

Ulusal ve uluslararası ticarete gıda güvenilirliğini derin şekilde etkileyen gıda hilelerinin giderek artan sorun oluşturması (Anonim, 2019c), sürdürülebilir gıda güvenliği açısından yaşanan olumsuzluklar mevcut yasal uygulamaların, ceza ve hukuki sorumlulukların yeniden gözden geçirilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda, 04 Kasım 2020 Tarihli ve 31294 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “7255 sayılı *Gıda, Tarım ve Orman Alanında Bazı Düzenlemeler Yapılması Hakkında Kanun*” ile gıdalarda hile yapanlara uygulanan ceza miktarları işletmelerin cirosuna göre belirlenme kararı alınmıştır (Anonim, 2020a). 7255 sayılı Kanun ile getirilen yeni düzenlemeler ve ağırlaştırılmış idari yaptırımların, güvenilir gıdanın tüketicilere ulaştırılması ve gıdalarda taklit-tağışışın sahteciliğinin önüne geçilebilmesi için kamu kurumlarının verdiği mücadelede etkili olacağı öngörülmektedir. Yeni düzenlemeye göre;

- İlk ifşada cirosuna göre üreten ve ürünle ilgili sorumluluğu olan, piyasaya arz eden, fason ürettiren ayrı ayrı 50.000 TL ile 500.000 TL arası idari para cezası uygulanacağı,
- 3 yıl içinde tekrar taklit tağış yapan ve ürünle ilgili sorumluluğu olan, fason ürettiren firmanın cezasının bir kat arttırılacağı yani cirosunun %1 ine göre 100.000 TL ile 1.000.000 TL arası idari para cezası uygulanacağı,
- İkinci defa tespit (fason yaptırılanlar hariç) 5 ile 10 yıl faaliyetten men edileceği ve ayrıca 1000 gün ile 3000 gün arası adli ceza verileceği, bunun da yaklaşık 20.000 TL ile 60.000 TL arası olacağı,
- 3 yılda fason ürettiren gıda işletmecisi bu fiili ikinci kez tekrarlaması durumunda bu defa gayri safi gelirlerinin %1 ine göre en az 200.000 TL en fazla 2.000.000 TL arası idari ceza verileceği kararlaştırılmıştır.
- Ayrıca, söz konusu uygunsuzluklar için 1 yıl 5 yıl arası hapis cezası getirilmiştir. 5000 güne kadar adli para cezası, 2020 yılı için yaklaşık 100.000 TL adli ceza uygulanacağı, 3 yıl içinde fiilin tekrarı halinde işletmelerin 5 ve 10 yıl arası faaliyetten men edileceği hükmü getirilmiştir.

Toplumda bilinçli tüketici sayısının gittikçe artması ile gıda güvenirliliği konusu yazılı ve görsel basında daha fazla yer almaya başlamıştır. Tüketici davranışlarının tam olarak belirlenmesi, tüketicinin ihtiyaç ve isteklerinin yönünün de doğru olarak saptanmasını sağlamaktadır. Tüketicilerin gıdaları satın alma tutum ve davranışlarında, yeniliklerin farkına varılması ve değerlendirmeye alınması bilgi edinme-değerleme-deneme-kabul veya red süreçlerine etkilidir. Mevzuatta yer alan uygulamaların etkinliği, tüketicilerin bu yönde doğru kaynaklar tarafından bilgilendirilmesi, algı ve bilinç düzeyi gıda tedarik zincirinde yer alan tüm işletmecilerin cezai ve hukuki sorumluluklarını yerine getirmesine bağlıdır (Demirel ve Yoldaş, 2005; Yılmaz ve ark., 2009; Aydın, 2012; Özen, 2016).

Bu makalede, gıdalarda taklit-tağış konusu ve bununla ilgili güncel yasal uygulamalar üzerine tüketici profilinin belirlenmesi amacı ile yürütülen anket sonuçları değerlendirilecektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

“Gıda Güvenilirliği Konusunda Kamuoyu Duyurularının Tüketiciler Üzerine Etkisi” başlıklı anket Google Docs aracılığı ile oluşturulmuş, daha sonrasında anket linki paylaşılarak online üzerinden veriler toplanmış ve görüşleri tespit edilmiştir. Araştırma materyalini, yedi farklı bölgelerde yaşayan (İç Anadolu: %44.6, Doğu Anadolu: %2, Akdeniz: %11.1, Ege: %11.4, Marmara: %18.8, Karadeniz: %10.4 ve Güney Doğu Anadolu: %1.7), 15-80 yaş arasında toplam 358 kişi oluşturmuştur.

### 2.2. Metot

#### -Verilerin toplanması aşamasında izlenen yöntem

Anket, basit tesadüfi yöntemle seçilen katılımcılara gönderilen online anket linki üzerinden uygulanmıştır. Veriler, 10.11.2010 ile 01.12.2020 tarihleri arasında elde edilmiştir. Anket, demografik özellikler, tüketicilerin taklit-tağış konusu, gıda güvenliği, kamuoyu duyuruları ve yasal düzenlemeler hakkında bilgi düzeyi ve farkındalığı belirlemek üzere toplam 17 adet çoktan seçmeli soru olarak hazırlanmıştır. Sorular hazırlanırken ilgili literatür gözden geçirilmiş ve bir soru havuzu oluşturulmuştur. Oluşturulan havuz alan uzmanlarına gönderilmiş ve soruları geçerlik güvenirlik açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirme sonrasında sorulara son şekli verilerek forma dönüştürülmüştür.

#### -Verilerin Analizi Aşamasında İzlenen Yöntem

Verilerin analizinde, nitel analiz yöntemlerinden içerik analizi tercih edilmiştir. İçerik analizinde temelde yapılan işlem, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde organize ederek yorumlamaktır (Şimşek ve Yıldırım, 2011). Bu amaçla ilk olarak veriler belli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirilmiş, ardından tablo halinde okuyucuya sunulmuştur. Araştırmada elde edilen veriler sorulan sorular temel alınarak sunulmuş, her bir soruya verilen cevaplar belirli kavramlar altında kodlanmış ve her bir kavramın kaç katılımcı tarafından dile getirildiğini göstermek amacıyla frekans tabloları kullanılmıştır (Bozyiğit ve Kılınç, 2019).

### - Varsayımlar

Araştırmanın kavramsal çerçevesini oluşturmak amacı ile taranan kaynakların güvenilir ve yeterli bilgi verdiği varsayılmaktadır.

Araştırmada durumu saptamak için hazırlanan anketin içeriğinin yeterli olduğu varsayılmaktadır.

Örneklemin evreni temsil niteliği taşıdığı varsayılmaktadır.

Örneklem grubunun ankete verdiği cevaplarda samimi oldukları varsayılmaktadır.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 3.1. Demografik sonuçlar

Demografik özellikler, tüketicilerin objektif belirleyicileridir. Tüketicilerin gıdaları satın almada dikkat ettiği hususlar demografik özellikleriyle ilişkilendirilmekte, örneklem olarak seçilen kitlenin yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, mesleği, eğitimi belirlenerek araştırma bulguları değerlendirilmektedir (Asseal, 1992). Bu araştırmada, farklı illerde yaşayan tüketicilere online olarak gönderilen link üzerinden yapılan ankete katılan bireylerin % 68,7'si kadın ve %31,3'ü erkektir. Yaş grubuna göre dağılıma bakıldığında %30,4'ü 37-47 yaş, %27,1'i 26-36 yaş, %26,3'ü 15-25 yaş, %10,1'i 48-58 yaş ve %6,1'i diğer yaş grubunda kişilerden oluşmaktadır. Katılımcıların %69,6'sı üniversite, %23,5'i yüksek lisans-doktora, %4,2'si lise ve %2,7'si diğer eğitime sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 1).

**Çizelge 1. Araştırmaya katılan bireylerin demografik yapısıyla ilgili bazı özellikler**

Cinsiyet	%	Yaş	%	Eğitim Durumu	%	Meslek (%)	Ailede Gıda Konusunda Eğitilmiş Kişi	%	
Erkek	68.7	15-25	26.3	Üniversite	69.6	Mühendis	59.5	Evet	72.6
Kadın	31.3	26-36	27.1	Lisansüstü	23.5	Öğrenci	19.3	Hayır	27.4
		37-47	30.4	Lise	4.2	Öğretmen	6.7		
		48-58	10.1	Diğer	2.7	Diğer			
		Diğer	6.1						

Meslek durumlarına göre dağılıma bakıldığında yaklaşık yarısının mühendis, %19,3'ünün öğrenci, %6,7'sinin öğretmen ve %11,8'inin diğer mesleklerde oldukları, %72,6'sının ailesinde gıda konusunda eğitilmiş kişiler olduğu görülmüştür. Eğitim durumu gıdaların satın alma tercihlerinde önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin; düşük eğitimli tüketicilerin, yüksek eğitimli tüketiciler kadar fiyat, marka, reklâm ve promosyon gibi satın alma kararını etkileyen alternatifler üzerinde aynı bilgi düzeyine sahip olmadıkları, eğitim ve tüketicinin yaşadığı çevrenin tüketicilerin etnik görüşlerinde ve satın alma davranışlarında önemli bir yere sahip olduğunu belirtilmiştir (Wilkie 1986; Assael 1992; Cutura (2006). Eğitim durumu lisans düzeyince katılımcının ve aynı zamanda hanedeki bireylerin gıda konusunda eğitilmiş olma oranının yüksek olması, anket uygulamasının gıda alanında bilgi ve bilinç seviyesi yüksek bir örnekleme ait bulguların elde edildiğini göstermektedir.

### 3.2. Ankete katılan bireylerin taklit-tağış konusunda bilgi düzeyi

Araştırma kapsamında anket yapılan bireylerden gıdalarda taşıma konusunun neyi ifade ettiğini belirtmeleri istenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur.



**Çizelge 2. Araştırmaya katılan bireylerin “tağşiş” konusundaki soruya verilen cevabın dağılımı**

<b>Gıdalarda son yıllarda giderek artış gözlenen “tağşiş” konuları size göre neyi ifade etmektedir?</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gıdanın bileşeninde değişiklikler yapılması ve değersiz başka bir maddenin kullanılması	175	48.9
Gıdaların içindeki bileşenlerde değişiklik yapılarak etiketinde bunların belirtilmemesi	51	14.2
Bilgim yok	50	14.0
Gıdaların bileşiminde bulunması sağlık açısından tehlike oluşturan maddelerin kullanılması	46	12.8
Yanıtsız	18	5.0
Gıdaların raf ömrünü uzatmak için yapılan işlemler	17	4.7
Gıdaları daha üstün kalitede göstermek için katkı maddesi kullanılması	1	0.3

Buna göre, katılımcıların %48.9’unun “tağşiş” kavramını doğru olarak cevapladığı, bilgi düzeyinin varsayılandan yüksek olduğu görülmüştür. Genel eğitim düzeyi ve gıda alanında hanede eğitilmiş kişilerin bulunmasının sonucu etkilediği düşünülmektedir.

Türkiye Gıda Güvenliği Algı Araştırması (GGD, 2014) raporuna göre, gıda alışverişlerinde ürünün güvenilir olmasına çok önem verildiği (%53’ü), gıda ile ilgili akla gelen sorun veya riskler arasında en fazla kimyasallar tarım ilaçları, zehirli maddeler, GDO’lar (Genetiği değiştirilmiş organizmalar), kanser, gıda zehirlenmesi, ürünlerin izlenebilirliği, ürünlerin nerede üretildiği, gıda katkı maddeleri, gıda boya, koruyucu maddeler konularının endişe verdiği görülmüştür.

Sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin sağlanması sürecinde birbirine ilişkilendirilen ve sürece yön veren devlet-endüstri-tüketici bileşenleri arasındaki döngüdür (Cutura, 2006; Demirağ ve Yılmaz, 2014; Manning and Soon, 2016.). Tüketicilerin kamu otoritelerinin belirlediği şartlara duyarlılık göstermesi, uygun, bu yönde bilgi ve bilinç düzeyinin oluşması, gıda kaynaklı sağlık üzerine tehlikelerin farkındalığı, bu döngüyü güçlendiren önemli konulardır. Bu araştırmada, gıda hileleri ile ilgili katılımcılara kavramsal olarak yöneltilen soruya verilen doğru cevap oranı, memnuniyet vericidir.

### 3.3. Gıda güvenilirliği konusunda duyuru yapan resmi/özel kurumlara güvenilirlik durumu

Katılımcılara “Gıda güvenilirliği konularındaki duyuruların hangi kurum/kuruluşlar tarafından yapılmasını daha güvenilir bulursunuz?” şeklinde soru yöneltilmiş olup, önceliklerine göre ilk üç kurumu sıralamaları istenmiştir. Sonuçlar, Çizelge 3’de sunulmuştur.

**Çizelge 3. Gıda güvenilirliği konularındaki duyuruları yapan kurum/kuruluşlara güvenilirlik konusundaki soruya verilen cevabın dağılımı**

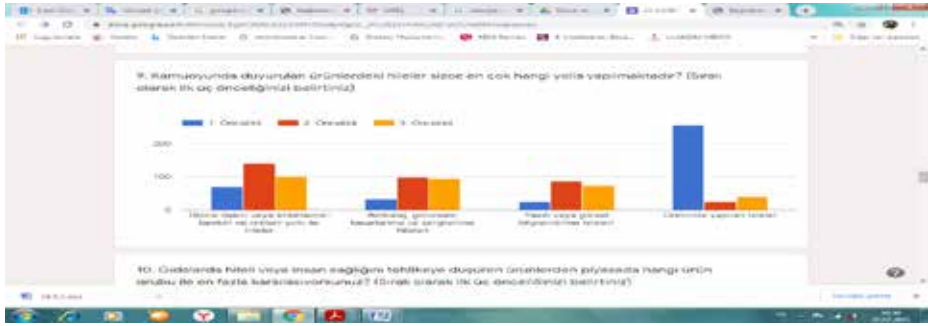
Gıda güvenilirliği konularındaki duyuruların hangi kurum/kuruluşlar tarafından yapılmasını daha güvenilir bulursunuz?	Öncelik 1		Öncelik 2		Öncelik 3	
	n	%	N	%	N	%
Tarım ve Orman Bakanlığı	149	<b>41.6</b>	73	20.4	65	18.2
TMMOB Gıda Mühendisleri Odası	88	24.6	78	21.8	60	16.8
Sağlık Bakanlığı	49	13.7	73	20.4	61	17.0
Gıda ve Sağlık Politikaları Kurulu	36	10.1	80	<b>22.3</b>	96	<b>26.8</b>
Yanıtsız	15	4.2	15	4.2	26	7.3
Üniversiteler	12	3.4	26	7.3	32	8.9
Sivil Toplum Kuruluşları	6	1.7	9	2.5	16	4.5
Mülki İdare Birimleri	3	0.8	4	1.1	2	0.6

Ankete cevap verenlerin 1. öncelik ölçeğinde en fazla Tarım ve Orman Bakanlığı yer almıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, gıda güvenilirliğini sağlamak üzere 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu kapsamında gıda ve yem güvenilirliğini, halk sağlığı, bitki ve hayvan sağlığı ile hayvan ıslahı ve refahını, tüketici menfaatleri ile çevrenin korunmasını sağlamayan faaliyetleri yürütme yetki ve sorumluluğu olan kamu otoritesidir. Bakanlık, İl/İlçe Müdürlüklerinde Gıda Kontrol Görevlisi sistemini oluşturmuş, gıda ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemeleri üreten, satan ve toplu tüketime sunan onay ve kayıt kapsamındaki gıda işletmelerinin denetim ve kontrol hiz-

metleri 5996 sayılı Kanun kapsamında yayınlanan yönetmelik, tebliğ ve talimatlar çerçevesinde Gıda Kontrol Görevlileri tarafından yürütülmektedir (Anonim, 2011). Ülkemizde henüz 2018 yılında kurulan ve 7 kişiden oluşan, bir üyesinin Gıda Mühendisi olduğu “Gıda ve Sağlık Politikaları Kurulu” ile ilgili verilen güvenilirlik düzeyi beklentinin üzerinde olmuştur.

### 3.4. Ankete katılan bireylerin gıdalarda yapılan hile yolları üzerine görüşleri

Katılımcılara “Kamuoyunda duyurulan ürünlerdeki hileler sizce en çok hangi yolla yapılmaktadır?” şeklinde soru yöneltilmiş olup, önceliklerine göre ilk üçünü sıralamaları istenmiştir. Sonuçlar, **Şekil.1’de gösterilmiştir.**



**Şekil 1. Ankete katılan bireylerin kamuoyunda duyurulan gıda hile yolları konusundaki görüşleri**

Araştırma bulgularına göre, kamuoyunda duyurulan ürünlerdeki hilelerin en fazla (%65.1) üretim aşamasında yapıldığı, bunu “Ürüne ilişkin veya etiketleme-tanıtım ve reklam yolu ile hileler” ve “Ambalaj, görünüm, tasarım ve sergilenme hilelerinin” izlediği tespit edilmiştir. Türkiye’de taklit ve taşış yaptığı belirlenen firmaların ifşa listeleri incelendiğinde, genellikle üretim aşamasında gıda bileşeninde değişiklikler yaparak aynı kalitede tüketici algısı oluşturan uygunsuzluklar olduğu görülmektedir (Anonim, 2020b; Türkmen ve Ataseven, 2020). Bu nedenle, **Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan kamuoyuna açıklanan firma ve ürünlerle ilgili duyuruların tüketicilerin bilgi edinme hakkı ve gıda hileleri üzerine farkındalığın oluşmasında etkili olduğu görülmüştür.**

### 3.5. Ankete katılan bireylerin denetim ve kontroller ile yasal uygulamalar konusunda düşünceleri

Gıdalarda taklit-tağışişe ilişkin tespit, kontrol ve yasal işlemler üzerine ankete katılan bireylerin görüşleri belirlenmiştir. Bu grupta verilen cevaplar Çizelge 4'de sunulmuştur.

**Çizelge 4. Taklit-tağışiş tespit, kamuoyu duyurusu, resmi kontrol ve denetimler, cezalar konularına yönelik görüşler**

	Kesimlikle katılıyorrum		Katılıyorrum		Kararsızım		Katılmıyorum		Kesimlikle katılmıyorum		Yanıtız	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Taklit-tağışiş tespit, kamuoyu duyurusu, resmi kontrol ve denetimler, cezalar konusunda ankete katılan bireylerin görüşleri	57	15.9	132	36.9	118	33	32	8.9	11	3.1	8	2.2
“Kamuoyu duyurularına gerekçe olan laboratuvar analizleri güvenilirdir”, yargısı hakkında ne düşünüyorsunuz?	55	15.4	133	37.2	68	19	68	19	27	7.5	7	2
“Yapılan kamuoyu duyurularının taklit ve tağışiş ile kişilerin sağlığını olumsuz etkileyecek ürünlerin piyasada bulunmasını engelleyecektir” vargısı hakkında ne düşünüyorsunuz?	189	52.8	125	34.9	21	5.9	11	3.1	6	1.7	6	1.7
Gıda Kontrol Görevlisi sayısı ve denetleme sıklığının artırılması, gıda işletmecileri için gıda hileleri konusunda caydırıcılığı artırır mı?	17	4.7	9	2.5	27	7.5	92	25.7	205	57.3	8	2.2
Taklit/tağışiş tespit edilen veya kişilerin sağlığını tehlikeye düşüren ürünleri üreten gıda işletmelerinin, bunu kasıtlı yapmadığı iddiaları hakkındaki düşüncemiz nedir?	8	2.2	20	5.6	50	14	108	30.2	164	45.8	8	2.2
Taklit ve tağışiş yapanlara uygulanan cezaların yeterli olduğu yönündeki düşüncemiz nedir?												

Buna göre, taklit-tağış şüphesi olan gıdanın analiz edildiği laboratuvarlara karşı güven derecesinin, ifşa edilen firmaların üretimine devamlılığı konusunda güvenin ve uygulanan cezaların yeterli olduğu düşüncesinin %50'nin altında olduğu tespit edilmiştir. Gıda işletmelerine yapılan denetimlerin ve Gıda Kontrol Görevlisi sayısının arttırılmasının gıda hileleri üzerine caydırıcılığı arttıracığı görüşünün %50'den fazla olduğu beyan edilmiştir.

Tüketici, gıda üreticisi, devlet ve diğer denetleme kurumları tarafından sağlanan beyanlara güvenmek durumundadır. Tarladan sofraya tedarik zincirine dahil olan her bir aşama, bir sonraki sürecin sürdürülebilirliği ve güvenilirliğini etkiler (Artık, 2000; Çopur ve ark., 2010). Bu etkileşim döngüsü içinde, resmi denetim ve kontrollerin etkin ve yeterli sıklıkla yürütülebilmesi, bu süreçlerin yasal mevzuata uygun işlenmesinde çok önemli bir yere sahiptir (Karaali, 2012; Haspolat, 2015; Onurlubaş, 2015). Katılımcıların bu bölümde verdiği cevapların dağılımına göre taklit-tağış tespit, kamuoyu duyurusu, resmi kontrol ve denetimler, cezalar konusunda kamu otoriteleri tarafından yürütülen uygulamalarda güvenilirliğin arttırılmasına ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

### **3.6. Piyasada satışa sunulan hileli ürün grupları hakkında katılımcıların düşünceleri**

Türkiye'de yapılan gıdaların resmi kontrollerinde taklit-tağış yapıldığı kesinleşen firma, ürün ve uygunsuzluk nedeni kamuoyu duyuruları aracılığı ile (Tarım ve Orman Bakanlığı resmi internet adresi [www.tarimorman.gov.tr](http://www.tarimorman.gov.tr)) tüketicilerin bilgisine sunulmaktadır. Yürütülen bu anket çalışmasında, tüketicilerin ilk aklına gelen öncelikli hileler yapılan gıdalar konusunda görüşleri ortaya konmuştur (Çizelge 6).

**Çizelge 6. Ankete katılan bireylerin gıda hilesi yapılan ürünlere yönelik görüşleri**

Gıdalarda hileli veya insan sağlığını tehlikeye düşüren ürünlerden piyasada hangi ürün grubu ile en fazla karşılaşılırsunuz?	Öncelik 1		Öncelik 2		Öncelik 3	
	n	%	n	%	n	%
Başka tohumlardan elde edilmiş veya kalitesiz yağlar eklenmiş zeytinyağları	80	22.3	41	11.5	52	14.5
İlaç etken maddesi katılmış ve güç artırıcı veya zayıflama yönünde sağlık beyanı ile satılan gıda takviyeleri	75	20.9	46	12.8	35	9.8
Jelatin ve nişasta gibi diğer başka katkı maddeleri katılan peynir ve yoğurtlar	39	10.9	61	17	38	10.6
Sakatat veya ucuz başka hayvan ürünleri ilave edilen et ürünleri	94	26.3	70	19.6	41	11.5
Dışarıdan ticari glikoz ilave edilmiş ballar	37	10.3	55	15.4	46	12.8
Boya katılan baharatlar	8	2.2	17	4.7	49	13.7
Süt yağı harici yağ kullanılmış tereyağı	20	5.6	55	15.4	86	24
Yanıtız	5	1.4	13	3.6	11	3.1

Buna göre; katılımcılar gıdalara yapılan hileler denildiğinde 1. Öncelikli olarak %26.3'lik oranla "Sakatat veya ucuz başka hayvan ürünleri ilave edilen et ürünlerinin" katılmasını, %22.3'lük oranla "Başka tohumlardan elde edilmiş veya kalitesiz yağlar eklenmiş zeytinyağları" ve %20.9 oranla "İlaç etken maddesi katılmış ve güç artırıcı veya zayıflama yönünde sağlık beyanı ile satılan gıda takviyelerinde" hilelerin yapıldığı görüşünü belirtmiştir.

2012-2020 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından taklit-tağışış nedeni ile kamuoyu duyurusu toplam 25 kez yapılmış, (Anonim, 2020b) toplam 1551 firma ifşa edilmiş, ürün sınıfına göre %51.19'lük oranla en fazla et ve et ürünlerinde hile yapıldığı, bunu %21.47'lik oranla süt ve süt ürünleri, %10.70'lik oranla zeytinyağı, %7.61'lik oranla takviye edici gıdaların ve %4.44'lük oranla balın izlediği görülmüştür.

Anket uygulamasına katılan bireylerin, hile yapılan gıdalarla ilgili öncelik sıralarına bakıldığında, resmi otorite tarafından ifşa edilen listeler ve içeriğiyle ilgili duyarlılık gösterildiği, farkındalık düzeyinin yüksek olduğu ifade edilebilir.

### 3.7. Ankete katılan bireylerin gıdaları satın alma davranışında etkili olan bilgiler

Araştırma kapsamında ankete katılım sağlayan bireylerden gıda maddesi satın alırken önem verdikleri özellikleri öncelik durumuna göre belirtmeleri isten-

miştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7’de görülmektedir. Buna göre bireylerin gıdaları satın almada etiket bilgileri içinde yer alan “Son Tüketim Tarihi/Tavsiye Edilen Tüketim Tarihi”ne %54.7’lik oranla en fazla öncelik verildiği, bunu hem ikinci hem de üçüncü öncelik diliminde %30.7 ve %20.4’lük oranla içindekiler bilgisinin etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 7. Ankete katılan bireylerin gıdaları satın almada dikkat ettiği bilgilere yönelik görüşler**

Gıdaları satın alırken en fazla hangi bilgilere dikkat ediyorsunuz?	Öncelik 1		Öncelik 2		Öncelik 3	
	n	%	n	%	n	%
İçindekiler	92	25.7	110	30.7	73	20.4
Alerjen madde uyarısı	11	3.1	30	8.4	25	7
Son Tüketim Tarihi/ Tavsiye Edilen Tüketim Tarihi	196	<b>54.7</b>	83	23.2	23	6.4
İşletme Kayıt/Onay Numarası	9	2.5	18	5	36	10.1
Ambalajlı ürün satın almıyorum	2	0.6	11	3.1	9	2.5
TSE logosu	3	0.8	12	3.4	28	7.8
Marka değeri	18	5	39	10.9	58	16.2
Yerli/İthal olması	4	1.1	12	3.4	32	8.9
Etiketdeki bilgilere inanmıyorum	2	0.6	4	1.1	14	3.9
Helal logosu	0	0	9	2.5	22	6.1
Yanıtsız	21	5.9	30	8.4	38	10.6

Gıdaların satın alınmasında etkili olan faktörlerin incelendiği anket çalışmalarında (Okumuş ve Bulduk, 2003, Cutura 2006; Özgül ve Aksulu, 2006, Yılmaz ve ark., 2009; Özçakmak, 2017), gıdanın içindekiler kısmını oldukça önemli bulanların oranının %40.8-59.3 arasında değiştiği bildirilmiş olup, araştırma bulgularında elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir.

Özçakmak ve Keşre (2018) gıdaların sahiciliği konusunda algı profilini orta-

ya koymak amacı ile yaptıkları çalışma sonucunda, tüketicilerin %31'inin hangi firmaların hile yaptıklarına dair bilgiye nereden ulaşacağını bilmediği, gıdanın sahiciliği ile ilgili sorulan seçenekler arasında yer alan taklit-tağışın tanımıyla ilgili katılımcıların %46'sının neyi ifade ettiğini bilmediği, etiket üzerinde yazılan besin değerlerinin gerçekliğine sadece %7.6'sının inandığı, gıdaları satın alırken nelere önem verildiği sorusuna, katılımcıların gıdanın etiketi, sağlık üzerine etkisi, helal olup olmadığı, beslenme ve sağlık beyanı, gıdanın raf ömrü, ambalajlı olup olmadığı ve muhafaza koşuluna çok önem verdiği, taklit-tağış konusunda ve gıda etiketinin okunmasında bilgi eksikliklerinin olduğunu tespit etmiştir. Gıda hilelerine tüketicilerin yaklaşımının ortaya konulduğu anket sonuçlarında, tüketiciler ile üreticiler arasında güven derecesinin sağlanabileceği çalışmalara ihtiyaç duyulduğu, gıda hileleri konusunda daha fazla kamuoyu bilgilendirmelerinin yapılması gerektiği görülmüştür.

### **3.8. Ankete katılan bireylerin güncel yasal yaptırımlar (7255 sayılı kanun) hakkında görüşleri**

Son yıllarda taklit-tağış yapılan ya da kişilerin hayatını ve sağlığını tehlikeye düşürecek şekilde bozulmuş, değiştirilmiş ürünlerin piyasada giderek artış göstermekte, tüketicilerin gıda güvenliği algısında endişelere neden olmaktadır (Sevilmiş, 2016; Başer ve ark., 2018). Farklı dönemlerde yayınlanan kamuoyu duyurularında aynı suçun tekrarının işlendiği görülmektedir. Kamu otoriteleri, geçmişte yaşanan süreci göz önünde bulundurarak, bu konunun da ele “7255 sayılı Gıda, Tarım ve Orman Alanında Bazı Düzenlemeler Yapılması Hakkında Kanun” yayınlamıştır (Anonim, 2020b). İfşa listesinde birçok kez ismi olmasına rağmen suçun işlenmesine devam edildiği tespit edilmesi, 5996 sayılı kanun gereği uygulanan idari yaptırımların (2020 yılı için 27.877,00 TL idari para cezası, ürünlere de el koyma, imha, mülkiyeti kamuya geçirme, insan sağlığını tehlikeye düşürecek şekilde olanlar için Cumhuriyet Savcılığı'na suç duyurusunda bulunulması) caydırıcılık noktasında yeterli olmadığı görülmektedir.

Henüz tüketiciler tarafından yeni yasa ile ilgili bilgilendirme konusunda az süreç geçmesi ile beraber, yürütülen bu çalışma içerisine güncel yaptırımlar konusunda hem farkındalık oluşturmak hem de bireylerin düşüncelerini belirlemek amacı ile anket kapsamına dâhil edilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 8'de sunulmuştur.



Çizelge 8. Ankete katılan bireylerin 7255 sayılı kanun hakkında görüşleri

	Kesinlikle katılıyorum		Katılıyorum		Kararsızım		Katılmıyorum		Kesinlikle katılmıyorum		Yanıtız	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
7255 Sayılı Kanun hakkında ankete katılan bireylerin görüşleri												
7255 sayılı kanunla taklit-tağış yapan firmaların ilk ifşasında cirosuna göre üreten ve ürüne ilgili sorumluluğu olana, piyasaya arz edene, fason üretirene ayrı ayrı 50.000 TL ile 500.000 TL arası idari ceza uygulanmasıyla ilgili yeni düzenlemenin etkili olacağı yönündeki düşüncemiz nedir?	59	16.5	123	<b>34.4</b>	105	29.3	44	12.3	18	5	9	2.5
"7255 sayılı kanun ile kişilerin sağlığını tehlikeye düşüren üreticiler için verilecek 1-5 yıl hapis cezaları yeterlidir" görüşüne katılıyor	55	15.4	127	<b>35.5</b>	63	17.6	71	19.8	31	8.7	11	3.1
7255 sayılı kanun ile getirilen yeni uygulamaya göre; taklit-tağış yaptığı tespit edilen işletmelere fiilin üç yıl içinde tekrarlanması durumunda gıda işletmecisine beş yıldan on yıla kadar gıda sektörü faaliyetinden men etme cezasının gıda hilelerinin engellenmesi noktasında etkili olacağı fikrine katılıyor musunuz?	72	20.1	157	<b>43.9</b>	47	13.1	54	15.1	19	5.3	9	2.5

Buna göre, gıdalarda hile yapanlara uygulanan ceza miktarlarının, işletmelerin cirosuna göre belirlenme kararına katılımcıların yaklaşık yarısı olumlu görüş sunmuştur. İlk ifşada gıda hilesi ile ilgili sorumluluğu olan işletmeye 50 bin ile 500 bin TL arasında cezai yaptırımın getirilmesinin etkili olacağı kanaati ortaya konmuştur.

7255 sayılı kanunla getirilen diğer bir yaptırım, hapis cezası olup bu konuda sorulan soruya (7255 sayılı kanun ile kişilerin sağlığını tehlikeye düşüren üreticiler için verilecek 1-5 yıl hapis cezaları yeterlidir” görüşüne katılıyor musunuz?) katılmayan, kesinlikle katılmayan yanıtların toplamda %28.5 olduğu, bu yönde ilave getirilen hapis cezasına tüketicilerin olumlu yönde görüşlerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fillin tekrarının caydırıcılığı noktasında getirilen yeni hükme göre (3 yıl içinde tekrarlanması durumunda gıda işletmecisine 5 -10 yıl arası gıda sektörü faaliyetinden men etme) beyan edilen olumlu yönde cevapların yüksek oranda olması (%74.0), bu yöndeki beklentilerin karşılandığını göstermiştir.

Mevzuatın etkin uygulanabilmesinde; ifşa listesinde taklit-tağşişe neden olan parametreler ve gıda maddelerine göre numune sayılarının artırılması, resmi denetim ve kontrolleri yürüten tüm illerde yasal işlemlerin uygulanmasında homojenliğin sağlanmasının, tüketicilerin kamu otoritelerine olan güven derecesinin artmasında ve de insan sağlığı üzerine tehlike arz eden uygulamaların önüne geçilmesinde dikkate alınması gereken diğer hususlardır.

### 3.7. Ankete katılan bireylerin kamu otoritelerinden beklentilerine ait görüşler

Güvenilir gıdanın tüketicilere ulaştırılması ve gıda hilelerinin önüne geçilebilmesi için kamu kurumları, devlet-üretici-tüketici üçgeninde önemli paya sahiptir. Kayıt dışı üretimin engellenebilmesi, haksız rekabeti önleyici-caydırıcı tedbirlerin alınması, gıda sektöründe faaliyet gösteren büyük, küçük ve orta ölçekli tüm işletmelerin yasal gereklilere uygun ve tüketici sağlığını gözetken ürünlerin piyasaya arzının sağlanmasında, aynı zamanda uluslararası ticarete ülkemize olan güvenilirliğin sağlanması ve korunabilmesinde denetim mekanizması etkinliği yadsınamaz (Artık, 2000; Demirel ve Yoldaş, 2005; Çopur ve ark., 2010; Bozyiğit ve Kılınç, 2019). Bu çalışmada, ankete katılan tüketicilerin gıda hilelerin **önlenebilirliğinde** yetkili kurumlardan beklentilerini ortaya koymaları için görüşleri sorulduğunda (Çizelge 9), kamuoyu duyuruları ile ilgili önceliğin

en son sırada ye aldığı, **“İşletmelere ruhsat verilmeden önce uzman kişilerin denetimine tabi tutulması”** görüşünün %43.3'lük oranla en fazla önem verilen konu olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 9. Ankete katılan bireylerin kamu otoritelerinden beklentilerine yönelik görüşler**

	Öncelik 1		Öncelik 2		Öncelik 3	
	n	%	n	%	n	%
<b>Güvenilir gıdaların tüketicilere ulaştırılması ve gıda hilelerinin önüne geçilebilmesi için kamu kurumlarından beklentiniz nelerdir?</b>						
İşletmelere ruhsat verilmeden önce uzman kişilerin denetimine tabi tutulması	155	<b>43.3</b>	46	12.8	25	7
Yapılan denetim sayılarının artırılması	58	16.2	95	<b>26.5</b>	56	15.6
Tehlike ve risk analizine yönelik kontrollerin etkinliğinin artırılması	27	7.5	72	<b>20.1</b>	81	<b>22.6</b>
Gıda işletmelerinde teknik yönetici personelin bulundurulma zorunluluğu ve eğitimlerin daha etkin hale getirilmesi	58	16.2	61	17	76	<b>21.2</b>
Taklit-tağşişle ilgili kamuoyu duyurularının hızlı yapılması	11	3.1	17	4.7	30	<b>8.4</b>
Taklit-tağşişle ilgili kamuoyu duyurularına sürekli erişim sağlayacak bir mekanizma oluşturulması	26	7.3	37	10.3	55	<b>15.4</b>
Yanıtız	23	6.4	30	8.4	35	9.8

#### 4. SONUÇ

Avrupa Birliği'ne uyum süreci kapsamında açılan fasıllar, mevzuata dayalı konuların uluslararası standartlara uygun hale getirilmesini sağlamış, AB Tüzüğü'ne uyumlu hale getirilmiştir. 2010 yılından itibaren ülkemizde uygulanan 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu; gıdaların üretim, işleme, muhafaza, taşıma ile dağıtım aşamalarında gıdalarda oluşabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik her türlü uygunsuzlukların önlenmesi için gerekli şartların resmi kontrol ve yaptırımlarını sağlamaktadır (Anonim, 2010; Anonim, 2011; Başer ve ark., 2018).

Bu kanunun yürürlüğe girmesiyle birlikte yapılan denetimler neticesinde laboratuvar sonucu ile taklit ve tağşiş yapıldığı kesinleşen gıda maddelerini üreten veya ithal eden firmalar ve ürün bilgileri Tarım ve Orman Bakanlığı'nın internet sitesinde kamuoyunun bilgisine sunulabilmektedir. Bu süreçte, tüketicilerin kamuoyuna etkileri ve halk taleplerine olan duyarlılık yetkili otoriteye olan güvenilirliğe katkı sağlamaktadır (Özen, 2016; Doğan, 2019). Nitekim kamuoyu ifşaları konusunda tüketici profili ve yasal yaptırımlar konusunda yapılan bu araştırmaya katılan tüketici görüşlerinin buna paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre;

- Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan kamuoyuna açıklanan firma ve ürünlerle ilgili duyuruların tüketicilerin bilgi edinme hakkı ve gıda hileleri üzerine farkındalığın oluşmasında etkili olduğu,
- Taklit-tağşiş tespit, kamuoyu duyurusu, resmi kontrol ve denetimler, cezalar konusunda kamu otoriteleri tarafından yürütülen uygulamalarda güvenilirliğin arttırılmasına ihtiyaç duyulduğu,
- Hile yapılan gıdalarla ilgili öncelik sıralarına bakıldığında, resmi otorite tarafından ifşa edilen listeler ve içeriğiyle ilgili duyarlılık gösterdiği, farkındalık düzeyinin yüksek olduğu,
- Gıdaları satın almada etiket bilgileri içinde en fazla "Son Tüketim Tarihi/Tavsiye Edilen Tüketim Tarihi"ne öncelik verildiği,
- Güncel yasal yaptırımlar (7255 sayılı kanun) hakkında görüşlerin genellikle olumlu yönde olduğu, gıda hilelerini önleyici yasal uygulama-

malar açısından tüketicilerin beklentilerini büyük oranda karşılandığı,

- Tüketicilerin gıda hilelerin önlenebilirliğinde %50'ye yakın oranda “İşletmelere ruhsat verilmeden önce uzman kişilerin denetimine tabi tutulması” beklentisinin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma verileri, tüketicilerin en fazla tedirgin olduğu konuların başında yer alan *gıda hilelerinin* caydırıcılığında, 7255 sayılı kanun ile önceki şartlara göre ağırlaştırılan cezai ve hukuki sorumlulukların güvenilir gıdanın tüketicilere ulaştırılmasında etkili olacağı kanaatini ortaya koymuştur.

## KAYNAKÇA

- Anonim, 2010. 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, <https://www.mevzuat.gov.tr>, Erişim Tarihi:05.12.2019.
- Anonim, 2011. Gıda ve Yemin Resmî Kontrollerine Dair Yönetmelik, <https://www.mevzuat.gov.tr>, Erişim Tarihi:05.12.2019.
- Anonymous, 2019a. Report on The Food Crisis, Fraud in The Food Chain and The Control <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A720130434&format=PDF&language=EN>, Erişim Tarihi: 08.12.2019.
- Anonymous, 2019b. Agri Food Fraud, [https://ec.europa.eu/food/safety/food-fraud\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/food-fraud_en), Erişim Tarihi: 07.12.2019.
- Anonymous, 2019c. Food Fraud Types, [https://ec.europa.eu/info/departments/health-and-food-safety\\_en](https://ec.europa.eu/info/departments/health-and-food-safety_en), Erişim Tarihi: 08.12.2019.
- Anonim, 2020a. Gıda, Tarım ve Orman Alanında Bazı Düzenlemeler Yapılması Hakkında 7255 sayılı Kanun. 04.11.2020 tarih ve 31294 sayılı Resmî Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/11/20201104-5.pdf>, Erişim Tarihi:10.01.2020.
- Anonim, 2020b. Faaliyet Raporları, <https://www.tarimorman.gov.tr>, Erişim Tarihi:28.05.2020.
- Artık, N., 2000. Gıdalarda Taklit ve Tağşiş. Gıda Teknolojisi ve Tarım Dergisi, 1-14.
- Asseal, H., 1992. Consumer Behavior and Marketing Action. New York University, PSW-Kent Publishing Company, Boston, USA.
- Aydın, C., 2012. Tüketicilerin satın alma karar sürecinde gıda güvenliği: GDO'suz etiketli ürünler üzerine bir araştırma. İstanbul Üniv. Sosyal Blm. Enst. Uluslararası Ticaret A.B.D, Uluslararası Ticaret Yüksek Lisans Programı, Danışman: Yrd.Doç.Dr. Figen YILDIRIM
- Başer, U., Bozoğlu, M., Topuz, B.K. ve Eroğlu, N.A., 2018. Türkiye'de gıda güvenliği mevzuatı ve uygulamaları. The 2<sup>nd</sup> International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY, 266-274. 28-30 November, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey.
- Bozyiğit, S. ve Kılınç, G., 2019. Tüketicilerin Sağlıklı Gıda Algıları ve Tüketim Davranışları: Keşifsel Bir Çalışma. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 45, 201-229.
- Cutura, M., 2006. The impacts of ethnocentrism on consumer evaluation processes and willingness to buy domestic vs. imported good in the case of Bosnia and Herzegovina. South East European Journal of Economics and Business, 1(2): 54-63.
- Çiğ, E.,2008. Avrupa Birliği'nde Gıda Kontrolü Uygulamaları ve Türk Gıda Kontrol Sisteminin AB'ye Uyumu, Tarım ve Orman Bakanlığı, AB Uzmanlık Tezi, Ankara, s.148.
- Çopur, U., Yonak, S. ve Şenkoyuncu, A., 2010. Gıda Güvenliği ve Denetim Sistemi, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15.

- Demirağ, K. ve Yılmaz, H., 2014. Gıda güvenliği, sürdürülebilirliği ve yerel yönetimler. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, sayfa 647-656. <http://www.tmmobizmir.org/wp-content/uploads/2014/05/200859.pdf>, Erişim Tarihi: 18.02.2020.
- Demirel, Y. ve Yoldaş, M.A., 2005. Yeni Ekonomide Tüketici Satın Alma Davranışlarını Etkileyen Faktörler. Pazarlama Dünyası Dergisi. 3:60-64
- Doğan, O., 2019. Gıdada taşışın tarihi ve politik ekonomisi üzerine bir inceleme. Toplum ve Hekim, 34(4):39-55.
- GGD, 2014. Gıda Güvenliği Derneği, Türkiye Gıda Güvenliği Algı Araştırması Özet Rapor, [https://www.ggd.org.tr/resim2/turkiye\\_gida\\_guvenligi\\_algı\\_arastirması\\_ozet\\_rapor.pdf](https://www.ggd.org.tr/resim2/turkiye_gida_guvenligi_algı_arastirması_ozet_rapor.pdf), Erişim Tarihi: 10.01.2020.
- Haspolat, N.A., 2015. Gıda güvenliğinde sürdürülebilir gıda sistemleri. AB Uzmanlık Tezi. Danışman: Can Devın İÇEL. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kantaroğlu, M. ve Demirbaş, N., 2019. Türkiye’de Gıda Güvenliği Açısından Ürün Doğrulama ve Takip Sisteminin (ÜDTS) Değerlendirilmesi, XI. International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress, Tekirdağ/TURKEY, March 10-11, 498-509.
- Karaali., 2012. “Gıda Sektöründe Sürdürülebilirlik”, Yeditepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Manning, L. and Soon, J., 2016. Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature. Journal of Food Science. Volume: 81(4), 23-34.
- Okumuş, A. ve Bulduk, S., 2003. Tüketicilerin Süper Marketlerdeki Alışveriş Alışkanlıkları ve Ürün Seçimini Etkileyen Etmenler, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5 (4):70-83.
- Onurlubaş, E., 2015. Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi: Tokat İli Örneği. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Danışman: Prof. Dr. A. Zafer GÜRLER.
- Özen, D., 2016. Gıdada Sahtekârlık, Cezai ve Hukuki Sorumluluk. Ankara Barosu Dergisi. Cilt: 2016/2, s.332-341.
- Özgül, E. ve Aksulu, İ., 2006. Ambalajlı Gıda ürünlerinde Tüketicilerin Etiket Duyarlılığındaki Değişimler, Ege Akademik Bakış, 6(1): 1–10.
- Özçakmak S., 2016. İzlenebilirlik Kavramı ve Mevzuattaki Yeri. Türkiye 12. Gıda Kongresi, sayfa 175, 05-07 Ekim 2016, Edirne.
- Özçakmak S., 2017. Tüketicilerin Gıda Güvenilirliği Konusunda Bilgi Kaynaklarına Erişimi Üzerine Anket Çalışması. 10. Gıda Mühendisliği Kongresi, 9-11 Kasım Side, Antalya.
- Özçakmak S. ve Keşre C., 2018. Tüketiyoruz ama güveniyor muyuz?. 6. Gıda Güvenliği Kongresi, sayfa 167. 3-4 Mayıs 2018, Grand Cevahir Otel Kongre Merkezi, İstanbul.
- Sevilmiş, G., 2016. Gıda güvenliğinde neredeyiz mevcut durum-öneriler. **İzmir** Ticaret Odası, Ocak-Şubat Sektörel Ar&Ge **Bülteni**.
- Spink, J., Hegarty P.V., Fortin, N.D., Elliott, C.T. and Moyer, D.C., 2019. The application of public policy theory to the emerging food fraud risk: Nextsteps. Trends in FoodS-

cience and Technology, 85, 116-128.

Türkmen S. ve Ataseven, Y., 2020. Türkiye’de Taklit ve Tağış Yapılan Gıdalara İlişkin Yasal

Düzenlemelerin ve Uygulamaların Değerlendirilmesi. TEAD, 6(1):65-75.

Şimşek, H. ve Yıldırım, A. (2011). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Ankara: SeçkinYayıncılık.

Yılmaz, E., Oraman, Y. ve İnan, İ.H., 2009. Gıda Ürünlerine İlişkin Tüketici Davranışı Dinamiklerinin Belirlenmesi: “Trakya Örneği”. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 1-10.

Wilkie, W., 1986. Consumer Behaviour. University of Florida, New York, USA.



## 18. BÖLÜM

# DENİZYOLU TAŞIMACILIĞINDA DÜŞÜK KÜKÜRTLÜ YAKIT UYGULAMASININ STRATEJİK ÖNEMİ VE TÜRKİYE'YE YANSIMASI

**Murat KORÇAK**

*Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara, Türkiye*  
[muratkorcak@gmail.com](mailto:muratkorcak@gmail.com)

**Ali Rıza DAL**

*Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara, Türkiye*  
[ardal1969@gmail.com](mailto:ardal1969@gmail.com)

### ÖZET

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından belirlenen gemilerde düşük kükürtlü yakıt kullanımı uygulaması 01 Ocak 2020 tarihi itibarıyla küresel olarak uygulanmaya başlanmıştır. İnsan sağlığı ve çevrenin korunması bakımından büyük öneme sahip bu uygulamanın hayat bulması denizcilik sektöründe köklü değişikliklere yol açmıştır. Gemi yakıtı (bunker) pazarındaki değişiklikler, gemi makinelerindeki revizyon ihtiyacı, yeni ortaya çıkan gemi denetimi gereklilikleri ve gemilere takılması gereken yeni cihazların pazara çıkması gibi birçok farklı konuda küresel fırsatlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada ortaya çıkan yeni uygulamaların oluşturduğu stratejik gelişmeler ve bu gelişmelerin Türkiye'ye olan yansımaları incelenmektedir. Türkiye'nin denizci ülke olma hedefi doğrultusunda düşük kükürtlü yakıt uygulamasının etkileri doğrultusunda öneriler sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gemi kaynaklı emisyon, düşük kükürt, gemi yakıtları, emisyon salınımı, emisyon kontrol alanı.

## **STRATEGIC IMPORTANCE AND REFLECTION TO TURKEY OF LOW SULPHUR FUEL APPLICATIONS IN MARITIME TRANSPORT**

### **ABSTRACT**

The low sulphur fuel implementation defined by the International Maritime Organization (IMO) for ships has started on 01 January 2020 globally. This implementation which has great importance for human health and environment protection would have significant changes in the maritime sector. Low sulphur fuel implementation would have global challenges like changes in bunker market, revision needs on ship engines, new regulations on ship inspection and new equipment that appeared in the market which is needed to be installed to the ships. This study evaluates the strategic developments and the effects of the low sulphur fuel implementation to Turkey. Also, some suggestions are put forward in the light of the Turkish aim as being a maritime nation.

**Keywords:** Ship Sourced emission, low sulphur, ships fuel, emission, emission control area

## I. GİRİŞ

Uluslararası Ticaretin %80'i gemiler ile yapılmaktadır. Bu kapsamda denizcilik sektörü, taşınan yük ve alınan mesafe göz önüne alındığında en çevre dostu taşıma modudur. Buna rağmen, denizciliğin çevreye daha az zarar vererek sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesi için daha sıkı standartlar düzenli olarak ortaya konmaktadır (IMO, 2020).

Denizcilik kuralları bir Birleşmiş Milletler (BM) Kuruluşu olan Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) çatısı altında üye olan 172 ülke tarafından ortak olarak alınan kararlar çerçevesinde verilir. Bu kurallar uluslararası sözleşmeler kapsamında hukuki zemin bularak, dünyanın her yerinde aynı standartlarda uygulanır. Bu yapı hem çevrenin korunması konusunda en üst standartların uygulanmasını sağlar hem de denizcilik sektörünü haksız ve eşit olmayan uygulamaları önleyerek korur.

Bu uygulamaya en güzel örneklerden biri de gemilerde düşük kükürtlü yakıt uygulamasıdır. Bu uygulama MARPOL olarak adlandırılan uluslararası sözleşmenin 6. Eki kapsamında düzenlenmektedir. Bu kapsamda IMO çatısı altında çevre ve insan sağlığına büyük zararı olan kükürt emisyonlarının gemi yakıtı içindeki miktarının azaltılması için kurallar koyulmuştur. Ayrıca; yakıttaki kükürt miktarı azaltılırken, gemilerin limanlardaki maruz kalacakları denetimler ve uygulamayı kurallara göre yapmayanlara verilecek müeyyideler de yine aynı sözleşme kapsamında standart olarak düzenlenmiştir. Kural ve kuralın uygulanması standart olarak ortaya konularak ticaret korunmaktadır. Örneğin; “gemilerin denetimler sırasında gereksiz yere bekletilmemesi” sözleşmede belirlenen esas uygulamalardan birisidir. Böylece hem deniz çevresi korunması için ciddi bir kural belirlenmiş, hem de gemilerin bu kurala uyum sağlarken haksız veya eşit olmayan denetim ve cezalara maruz kalmasının önüne geçilmiştir.

Düşük kükürtlü yakıt uygulaması özet olarak yanma kaynaklı SOx emisyonlarını azaltmak için aşamalı olarak yakıt içerisindeki kükürt içeriğini kısıtlanmıştır. Bu kapsamda 01 Ocak 2020 tarihi itibarıyla gemilerde kullanılan yakıtların kükürt içeriği %3,5'ten %0,5'e indirilmiş olup, 01 Mart 2020 itibarıyla %0,5'ten fazla kükürt içeren yakıtların taşınması dahi yasak olacaktır. Ancak bu kurala

alternatif olarak gemilerin “Scrubber” adı verilen baca gazı arıtma cihazlarının kullanımına izin verilmektedir. Scrubber kullanan gemiler düşük kükürtlü yakıt ile ilgili kurallardan muaf olacaktır. “IMO 2020” uygulaması olarak adlandırılan bu uygulama ile gemi kaynaklı SOx emisyonlarında %77 oranında ve miktar olarak 8,5 milyon ton/yıl düşüş hedeflenmektedir. Ayrıca, dünya üzerinde ilan edilmiş Emisyon Kontrol Alanlarında (ECA) ise bu uygulama %0,1 kükürt içeren yakıt kullanılarak uygulanmaktadır. Dünya da Baltık, Kuzey ve Karayip denizi ile Kuzey Amerika olmak üzere 4 yerde ECA ilan edilmiştir (IMO, 2020).

Bu çalışmada Türkiye’nin düşük kükürtlü yakıt uygulamasına uyum durumu değerlendirilmiş olup, küresel uygulamanın ülkemiz için oluşturduğu fırsatlar ve darboğazlar detaylı olarak incelenmiştir.

## II. DÜŞÜK KÜKÜRTLÜ YAKIT UYGULAMASININ NEDENİ

Gemiler genel olarak fuel oil olarak adlandırılan bir petrol türevini yakıt olarak kullanırlar. Ham petrolde yaklaşık %5’e kadar doğal olarak kükürt (S) bulunmaktadır. Fuel oil içerisinde ise bu oran küresel olarak %3,5 civarında ürüne ve satılan pazara göre değişim göstermektedir. Kükürt, yakıtta yağlayıcı özelliği katarak makine parçalarının daha az aşınmasında rol oynar. Ancak, kükürt yandığında kükürt oksitler (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> gibi) oluşur. Kükürt oksitler ortamdaki su buharı ile reaksiyona girdiği takdirde H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gibi oldukça asidik bileşenlere dönüşerek asit yağmuru olarak adlandırılan çevreye ve insan sağlığına zarar verici ürünlere dönüşürler (IMO, 2020).

SOx emisyonları asit yağmurlarının temel kaynağıdır. Kıyı alanlarında yoğun hava kirliliğine, kalp, ciğer rahatsızlıklarına ve düşüklere neden olur (IMO, 2020). Asit yağmurlarının insan, çevre ve doğal hayata zararları büyüktür. Bu yağmurların toprağa ya da göl yataklarına etkisiyle; civa, kadmiyum ya da alüminyum gibi zehirli maddelerle tepkimeye girebilmektedir. Normal şartlarda çözünmeyen bu maddeler, asidik nemle tepkime sonucunda, besin zincirine etki ederek bitki, hayvan ve insanlarda toksik etkiler oluşturmaktadır (İlhan ve diğ., 2000). Özellikle yoğun olarak hava kirliliği yaşanan İstanbul gibi büyük illeri-

mizde son dönemlerde asit yağmurları ilgili meteorolojik verilerin ortaya konması konunun önemini ortaya çıkarmaktadır.

### III. TÜRKİYE’NİN UYGULAMAYA UYUMU

Türkiye, denizci bir millet olma ülküsü kapsamında denizciliğe önem veren bir ülkedir. Bu kapsamda gerek IMO çatısı altında gerekse denizcilik ile ilgili uluslararası platformlarda aktif çalışmalar yürütmektedir.

Denizcilik Sektör Raporuna göre; Türkiye’de dış ticaretin 2018 yılı itibariyle %88,7 si deniz yolu ile yapılmaktadır. Dünyada aynı yıl ortalaması ise %83 civarındadır. 2018 Yılında Türkiye’nin denizyoluyla yapılan ithalatı 218.544.820 ton, ihracatı ise 110.424.635 ton olarak gerçekleşmiştir. Limanlarımıza 2018 yılında 72,360 gemi gelmiş olup, bu gemilerin tonaj olarak %18’i İzmit limanına, %13’ü Ambarlı limanına, %11’i Aliğa limanına, %10’u ise Mersin limanına gelmektedir. Ayrıca Türk Boğazlarından 41,103 adet gemi geçmiştir. Dünyada 12,5 milyar ton yük, Türkiye’de ise 328,9 milyon ton yük gemiler ile taşınmaktadır. 544 adet 1000 GT ve üzeri Türk Bayraklı ticaret gemimiz bulunmaktadır. Türk Armatörlerin yabancı bayraktaki gemileri ise 1.027 adettir (İMEAK DTO, 2019).

Ayrıca ülkemiz denizci bir ülke olma kapsamında yoğun çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda aktif çalışan 133,000 gemi adamı ve uluslararası faaliyet gösteren 181 liman tesisimiz bulunmaktadır (DGM, 2021).

Türkiye’de deniz yakıtları satışları bir önceki yıla göre %5,4 artarak 2018 yılı için 2.036.934 tona yükselmiştir. Satılan deniz yakıtlarının 1,7 milyon tonu ülkemiz rafinerilerinde üretilmektedir. Bu üretimi Tüpraş İzmit ve İzmir rafinerileri yapmaktadır. Diğer rafinerilerimiz deniz yakıtı üretimi yapmamaktadır (EPDK, 2019). Ancak 2015 yılında tamamlanan Fuel oil dönüşüm projesi kapsamında Tüpraş fuel oil üretim miktarını azaltma ve daha karlı olan distile ürün üretim miktarlarını arttırmaya karar vermiştir (TÜPRAŞ, 2015). Bu durum deniz yakıtlarının ithalat oranını arttıracak önemli bir gelişmedir.

Düşük kükürtlü yakıt uygulaması 01 Ocak 2020 itibariyle başlamış olup, bu durum deniz yakıtları fiyatlarında önemli artışlara neden olmuştur. Bu kapsamda

düşük kükürtlü yakıt uygulaması başlamadan önce gemilerin yaygın olarak kullandığı %3,5 kükürt içeren ve HF0 380 olarak adlandırılan deniz yakıtının fiyatı 258 \$/ton olarak satılmaktadır. Scrubber kullanan gemiler halen bu yakıtı kullanabileceklerdir. Düşük kükürtlü yakıt uygulaması başladıktan sonra kullanımı zorunlu olan %0,5 kükürt içeren ve VLSF0 olarak adlandırılan deniz yakıtının fiyatı 512 \$/ton olarak satılmaktadır. Ayrıca Emisyon Kontrol alanları (ECA) içinde kullanılması zorunlu olan ve %0,1 kükürt içeren ve ULSF0 veya MGO olarak adlandırılan deniz yakıtının fiyatı ise 570 \$/ton olarak satılmaktadır (PBT, 2020). Bu durum gemilerin küresel olarak %98 daha pahalı ve ECA alanları içinde ise %120 daha pahalı yakıt yakacakları anlamına gelmektedir.

Gemilerin kurallara uygun yakıt kullanımının denetlenmesi Liman devleti kontrolü sistemi kapsamında limanlarımıza gelen gemilerin tabi olduğu rutin denetimler dahilinde yapılacaktır. Bu denetimler kapsamında gemilerin yakıt aldıkları firmalardan aldıkları belgeler, sertifikalar denetlenecek olup, ihtiyaç duyulması halinde ise gemilerden yakıt numunesi alınarak kükürt içeriği analiz edilecektir. Bu kapsamda yılda yaklaşık 1.900 geminin yakıtındaki kükürt içeriğinin denetlenmesi gerekecektir (DGM, 2021).

#### **IV. AKDENİZ'İN EMİSYON KONTROL ALANI İLAN EDİLMESİ**

Emisyon Kontrol Alanları (ECA), ülkemizin taraf olduğu MARPOL sözleşmesinin 6 ncı eki kapsamında belirlenmektedir. ECA uygulaması hava kirliliğine daha hassas bölgelerin kıyıdaş ülkeler tarafından teklif edilerek mevcut emisyon standartlarının daha sıkı uygulandığı bölgeler olarak ilan edilmesidir. Emisyon Kontrol Alanlarında yakıttaki kükürt miktarı %0,1 olacak şekilde uygulanmaktadır. Akdeniz'in ECA ilan edilmesi ile ilgili uluslararası bir inisiyatif oluşmuş olup, en geç 1 Mart 2024 tarihine kadar Akdeniz'in ECA ilanını kabul eden MARPOL Ek-6 değişikliğinin yürürlüğe girmesi hedeflenmektedir (BC, 2020).

Akdeniz'in ECA ilan edilmesi durumunda düşük kükürtlü yakıt uygulaması

kapsamında %3,5 tan %0,5'e düşecek yakıttaki kükürt içeriği oranı ilave olarak %0,1'e düşecektir. Karadeniz ile Akdeniz arasında seyir yapan bir gemi, Akdeniz sınırları dahilinde Çanakkale Boğazı'nın güneyine kadar emisyon kontrol alanı uygulaması gereği %0,1 kükürt içeriği yakıt yakacak olup, Çanakkale Boğazı girişinden itibaren daha ekonomik olan %0,5 kükürt içeren yakıt tüketimine yeniden başlayabilecektir. Bu durum Marmara Denizi ve İstanbul Boğazında yaptığı seyir süresince ve Karadeniz seyri boyunca küresel bir kural olan %0,5 kükürt içeren yakıtı yakması anlamına gelmektedir. 2018 yılında 41.103 geminin geçtiği bu bölgede 5 kat daha fazla kükürt içeren yakıtın kullanılması daha fazla SOx emisyonu salınımına yol açarak bölgede yaşayan yaklaşık 23 milyonluk nüfusa (İB, 2020) ciddi etkileri olacaktır.

Akdeniz'in ECA ilan edilmesine paralel olarak Marmara ve Boğazlar bölgesinin de ECA ilanı yapılması durumunda SOx emisyonlarında yaklaşık %95,5 azalma meydana gelebileceği IMO Sera Gazları Raporu (IMO, 2020) metodolojisi kullanılarak hesaplanmıştır.

## V. FIRSATLAR VE DARBOĞAZLAR

Fırsatlar ve darboğazlar iki ayrı senaryo kapsamında değerlendirilmektedir. Birincisi; 1 Ocak 2020 itibariyle başlamış küresel düşük kükürtlü yakıt uygulaması ve 2024 yılında ilan edilmesi planlanan Akdeniz ECA uygulaması kapsamında olacaktır. İkinci senaryo ise Marmara ve Boğazlar bölgesinin ilan edilecek olan Akdeniz ECA alanına dahil edilmesi kapsamındadır.

Küresel kükürt uygulaması ve Akdeniz ECA uygulamasının ülkemize getireceği darboğazlar, kurallara uygun yakıt temini ve bu yakıtların gemiler tarafından kullanılmasının etkin olarak denetlenmesidir. Yakıt temini konusunda ülkemizdeki rafinerilerin düşük kükürtlü yakıt olan ve VLSFO olarak adlandırılan yakıtı üretmemekte olması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda gemiler tarafından kullanılacak 2 milyon ton civarındaki yakıtın yurtdışından ithal olarak gelmesi gerekecektir. Ancak, ülkemiz mevzuatına göre denizcilik yakıtlarının harmanlanarak kullanılması yapılabilmektedir. Bu kapsamda çok düşük kükürtlü

MGO olarak adlandırılan dizel yakıt ile HFO 380 olarak adlandırılan %3,5 kükürt içeren yakıt harmanlanarak düşük kükürtlü yakıt gerekliliği olan %0,5 değerlerine ulaşabilmektedir. Bu kapsamda ülkemiz rafinerilerinde üretilen HFO 380 adlı yakıt harmanlanmak yolu ile değerlendirilebilecektir. Ancak Akdeniz'in ECA ilanından sonra bu harmanlama uygulaması yeterli olmayacaktır. Çünkü gemiler tarafından %0,1 kükürt içeren yakıtın Ege ve Akdeniz bölgesinde kullanılması gerekecektir.

Marmara ve Boğazlar bölgesinin ECA ilan edilmesi durumunda ise her ne kadar tarif edilen yakıt temini problemleri devam etse de en azından Marmara Bölgesinde SOx emisyonlarında %95,5 azalma meydana gelebileceğinden insan sağlığı açısından ve asit yağmurlarının oluşturacağı çevre tahribatı açısından büyük bir iyileşme meydana gelecektir.

Ayrıca, ilk senaryo kapsamında Akdeniz ECA ilan edildikten sonra Boğazdan geçerek Akdeniz ve Karadeniz arasında seyir yapan gemilerin düşük kükürtlü yakıt (%0,1) teminini Ege denizindeki limanlarda yapacakları bilinmektedir. Çünkü düşük kükürtlü yakıt Marmara ve Karadeniz seyri sırasında ihtiyaç duymayacakları için gereksiz yere taşımaktan kaçınacaklardır. Bu kapsamda eğer Marmara Denizi ECA ilan edilir ise özellikle Karadeniz'den gelerek Akdeniz'e seyir yapacak gemilerin İstanbul Boğazına girmeden önce düşük kükürtlü (%0,1) yakıt temin etmeleri gerekecektir. Bu yakıtı temin etmek için İstanbul Boğazı girişindeki demir bölgelerini kullanacakları bilinmektedir. Bu durumda ülkemizin bunker satışı kapsamında önünde büyük bir pazar oluşacağı değerlendirilmektedir.

İkinci bir husus olarak gemilerin düşük kükürtlü yakıt yerine scrubber kullanması durumudur. Bir gemiye scrubber takılabilmesi için büyük çaplı bir tadilat ihtiyacı bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalar kapsamında bir scrubber'ın gemiye takıldıktan sonra geminin boyutuna göre yaklaşık 3-4 yıl içinde kendi yatırım masraflarını karşılayacak miktarda yakıt ücreti tasarrufu sağlayacağı tespit edilmiştir. Bu kapsamda birçok geminin hem denetimlerde yakıttan numune alma ve tutulma gibi risklerin ortadan kalkması hem de düşük kükürtlü yakıt temini sıkıntılarının yaşanmaması amacı ile scrubber takacağı tahmin edilmektedir. Bu çerçevede ülkemiz tersaneleri için yapılacak büyük tadilatlar kapsamında fırsatlar ortaya çıkmaktadır.

Düşük kükürtlü yakıt uygulamasına bir diğer alternatif olan gemi makinalarının LNG (Doğal gaz) yakacak şekilde tadil edilme konusu bulunmaktadır. Bu



kapsamda ülkemizdeki birçok ana limanımızın bulunduğu şehirlerimizde yaygın olarak LNG kullanılmasından dolayı mevcut alt yapı kapsamında LNG bunker ring hizmeti verebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca gemilerin akaryakıttan LNG'ye dönüşümü için yapılacak tadilatlar kapsamında tersanelerimize büyük fırsatlar ortaya çıkmaktadır.

## VI. SONUÇLAR

İnsan sağlığına büyük etki ve oluşturduğu asit yağmurları kapsamında çevre tahribatına yol açan kükürt emisyonlarının emisyon kontrol alanları kapsamında azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamanın denizcilik sektörüne mali bir külfet getireceği aşıkardır. Ancak Marmara bölgesinde meydana gelebilecek %95,5 oranında bir azalma sağlık ve çevre açısından büyük bir problemin ortadan kalkması anlamına gelecektir.

Deniz yolu taşımacılığında kaynaklanan emisyonların yaklaşık %70'inin kıyı şehirlerinde ve liman bölgelerinde gözlemlendiği belirlenmiştir (EU, 2020).

Hem Marmara bölgesinde yaşayan yaklaşık 23 milyon insanın hayat kalitesinde önemli bir gelişme sağlamak hem de bu bölge de yoğun olarak yapılan tarım faaliyetlerinin, ekolojik kaynakların ve hatta tarihi binaların asit yağmurlarından korunması sağlamak büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, Marmara bölgesinde ilan edilecek bir emisyon kontrol alanının gemilere satılacak bunker pazarında ülkemize bir avantaj sağlayacağı ve özellikle gemiler için yapılacak tadilatlar için tersanelerimize iş alanı sağlayacağı düşünüldüğünde birçok fırsatın ortaya çıkacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] International Maritime Organization (IMO). (2020). *Marine Environment*. <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Default.aspx>. (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [2] İlhan, A.İ., Dündar, C., Öz, N. ve Kılınç, H. (2011). “Hava kirliliği ve asit yağmurlarının çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri”. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*. Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/havakirliligi.pdf>
- [3] İMEAK Deniz Ticaret Odası (İMEAK DTO). (2019). *Denizcilik Sektör Raporu*. [https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/sektorraporu/2019\\_sektor\\_tr.pdf](https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/sektorraporu/2019_sektor_tr.pdf) (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [4] Denizcilik Genel Müdürlüğü (DGM). (2021). *Kıyı Tesisleri ve ISPS Uygulamaları*. <https://denizcilik.uab.gov.tr/isps-uygulamaları> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [5] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2019). 2018 Yılı Petrol Piyasası Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [6] TÜPRAŞ (2015). *2015 Faaliyet Raporu*. [https://www.tupras.com.tr/uploads/faaliyet-raporlari/TUP\\_FRAT\\_2015.pdf](https://www.tupras.com.tr/uploads/faaliyet-raporlari/TUP_FRAT_2015.pdf) (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [7] Petrol Bunkering & Trading (PBT). (2020). *Oil Price Information*. <https://www.petrolbunkering.com/price-information/> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [8] Barcelona Convention (BC). (2020). *Mediterranean Action Plan*. <http://web.unep.org/unepmap/barcelona-convention-cop21-naples-2-5-december-2019> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [9] T.C. İçişleri Bakanlığı (İB). (2020). *Türkiye'nin Nüfus Haritası*. <https://www.icisleri.gov.tr/turkiyenin-nufus-haritasi> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [10] International Maritime Organization (IMO). (2020). *Marine Environment*. <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [11] European Commission (EU). (2020). *Emissions from maritime transport*. <http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=7 & articleID=185>, (Erişim Tarihi: 21.01.2020).

**19. BÖLÜM****ACCURACY ANALYSIS OF DETERMINATION  
OF LAND SURFACE TEMPERATURES  
IN GEOTHERMAL REGIONS USING  
SENTINEL SATELLITE IMAGERY****Hatice Edanur Çınar***Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Science,  
Division of Geomatics, Çanakkale, Turkey***R. Cüneyt ERENOĞLU***Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering,  
Department of Geomatics Engineering, Çanakkale, Turkey***ABSTRACT**

Ground heat of geothermal energy is defined as hot water, steam or gas under pressure accumulated in the depths of the earth's crust. At the same time, geothermal energy is a sustainable, renewable, inexhaustible, natural energy source. Geothermal areas are reservoirs formed by the warming of the water in the rocks. Depending on the depth of the reservoirs, the temperature of the waters can vary with the ground surface temperature. Our country is very rich in geothermal energy and uses geothermal energy in many areas. For example, electrical power generation, heating of houses and greenhouses, thermal facilities (health tourism) and the like. Land surface temperature is a very important data for many studies. Especially in regions where the surface temperature is higher than the average surface temperature, the surface temperature of the land is analyzed with the help of thermal images obtained from satellites and surface temperature models of these regions are produced. Terrain surface temperature

models are generated from the thermal bands of Sentinel satellite images. The Sentinel 3A satellite launched by the European Space Agency (ESA) into orbit makes it possible to directly determine the temperature change of the ocean and land surface thanks to the LST band. The surface temperature increase of Sentinel 3 images obtained at certain time intervals between the periods determined by using the Sentinel Application Platform (SNAP) was examined and the data obtained were analyzed. In this study, thermal bands of Sentinel satellite images were used to determine the land surface temperature of the geothermal area located near Kestanbol village of Ezine district of Çanakkale province. The obtained satellite images were analyzed using the Sentinel Application Platform (SNAP) software, and the temperature changes of the land surface at certain time periods were analyzed and the data obtained were analyzed. Land surface temperature maps of the geothermal area were created with ArcGIS software.

**Keywords:** Geothermal Area, Land Surface Temperature, Sentinel, ArcGIS

## GİRİŞ

Jeotermal kelimesi yer ısısı/yer enerjisi olarak ifade edilebilir. Jeotermal enerji, yerin derinliklerindeki kayaçlarda biriken ısı enerjisiyle taşınarak rezervuarlarda depolanan, doğal kimyasallar, mineraller içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal alanlar ise kayaçlardaki suyun ısınarak oluşturduğu rezervuarlardır. Suların sıcaklığı, derinliğe bağlı olarak yer yüzeyinin sıcaklığında değişiklikler gösterebilir.

Arazi yüzey sıcaklığı verisi arazinin sahip olduğu sıcaklık hakkında bilgi vermektedir. Jeotermal alanlarda normal alanlara göre su sıcaklığının etkileri ve arazi yüzeyinde hissedilen sıcaklık artışı arazi yüzey sıcaklığı değerlerini doğrudan etkilemektedir.

## ÇALIŞMA ALANI

Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan kaplıca suyu içerdiği kalsiyum ve demir sayesinde birçok hastalığa iyi gelmenin yanı sıra sağlık turizmi açısından da oldukça önemlidir.

İsa peygamberin havarilerinden Saint Paul'un ölmek üzere olan bir hastayı bu sulara sokarak dirilttiği ve İsa peygamberin mucizesini gösterdiği rivayet edilir. Bu yüzden halk arasında ölü dirilten su olarak bilinmektedir. Eski tarihlerden beri insanlara şifa dağıtmaya devam eden Kestanbol kaplıca suyunun 1 litresi yaklaşık 22 gr yoğun mineral içermektedir. Kaplıca suyunun sıcaklığı 54 derece ile 80 derece arasında değişiklik göstermektedir. Bu jeotermal alan günümüzde halen insanlara şifa dağıtmaya devam etmektedir.

Çalışmanın amacı Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alanın sağlık turizm açısından Sentinel uydu görüntülerinin termal bantları kullanılarak belirli zaman periyotlarında arazi yüzey

sıcaklığının incelenmesi, işlenmesi ve analiz edilmesidir.



Şekil 1. Çalışma Bölgesi Lokasyon Haritası

## MATERYAL METHOD

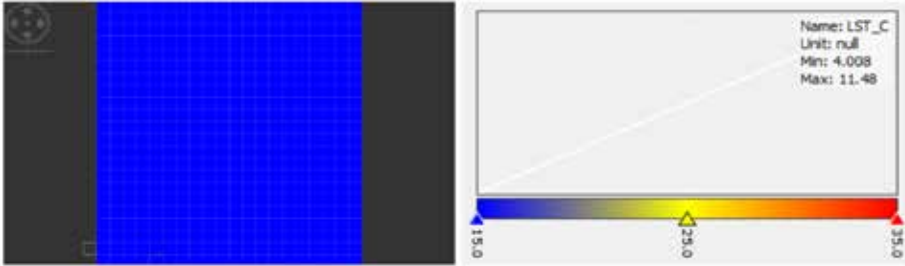
Avrupa Komisyonu (EC) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Sentinel uydularının gönderilmesiyle Copernicus Earth programı başlatılmıştır. Copernicus Earth programı Avrupa Birliğinin, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından uydu görüntüleri kullanılarak devamlı, yüksek çözünürlükte ve geniş kapsamlı olarak yeryüzünü inceleme amacıyla başlatılmıştır. Tüm Copernicus uydularına, uydular hakkındaki verilere ve uydu sensörleri ile oluşturulan verilere Copernicus Açık Erişim Merkezi ile ücretsiz bir şekilde erişim sağlanmaktadır.

16 Şubat 2016 tarihinde yörüngeye fırlatılan Sentinel 3 (S3) uydusu deniz yüzeyi topoğrafyası, deniz suyu kalitesi ve kirlilik takibi, hava durumu tahmini ve LST bandı sayesinde doğrudan okyanus ve kara yüzeyinin sıcaklık değişiminin belirlenmesini mümkün kılmıştır. Sentinel-3 uyduları Sea and Land Sur-

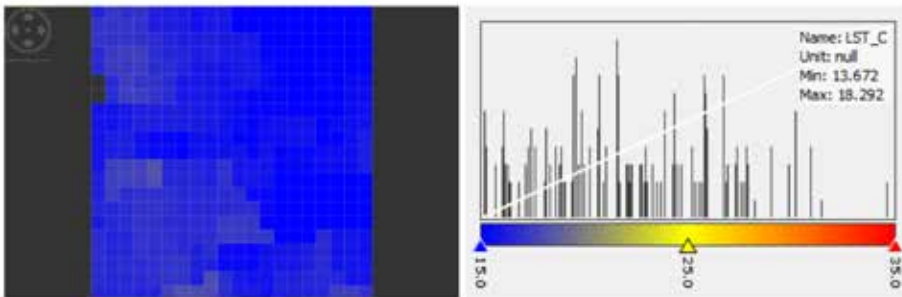
face Temperature Radiometer (SLSTR) ve Ocean and Land Colour Instrument (OLCI) içermektedir. SLSTR termal bantları kullanılarak Land Surface Temperature (LST) verileri elde edilebilecektir. Belirli zaman aralıkları ile elde edilen Sentinel 3 uydu görüntülerinin görüntü işleme programı aracılığı ile işlenerek zamana bağlı sıcaklık değişimleri takip edilebilmektedir.

Bu işlem tüm Sentinel görüntü verisi için ortak bir mimari olan Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) programı kullanılarak belirli zaman periyotlarında seçilen çalışma alanına ait yer yüzeyinde ki sıcaklık değişimlerinin işlenmiş ve analiz edilmiştir.

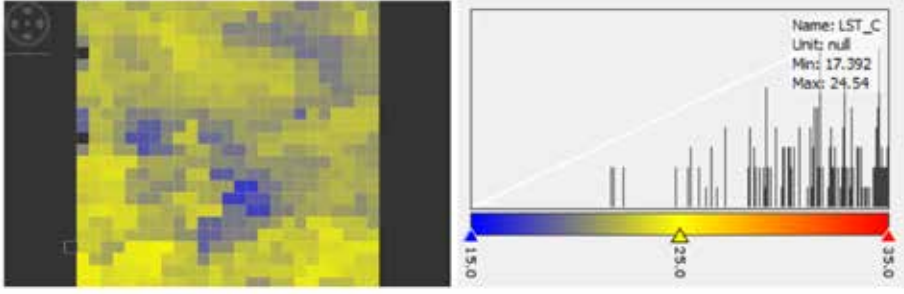
Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alandan ayda bir olacak şekilde 2020 yılına ait uydu görüntü verileri temin edilmiştir. Daha sonra temin edilen uydu görüntüleri SNAP programı kullanılarak işlenmiştir. İşlenen uydu görüntülerinin maksimum ve minimum sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Uydu görüntüleri eşit değer aralıklarında renklendirilmiştir.



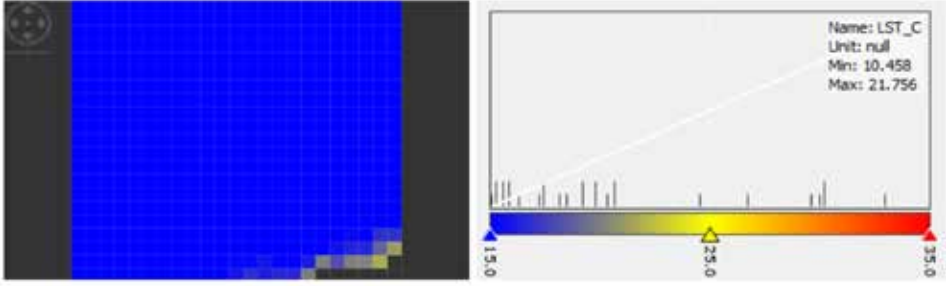
Şekil 2. Ocak Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



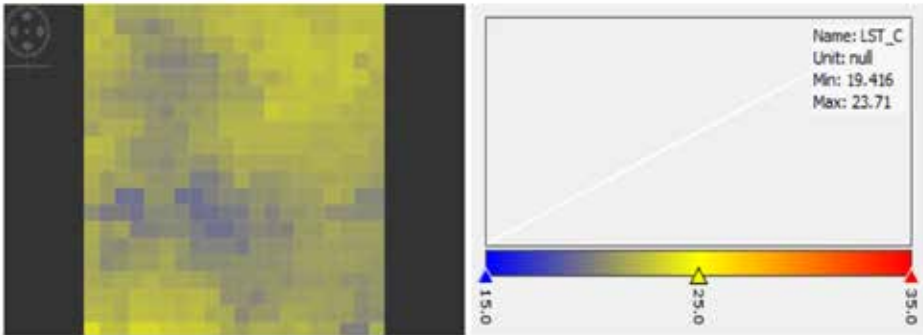
Şekil 3. Şubat Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



Şekil 4. Mart Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

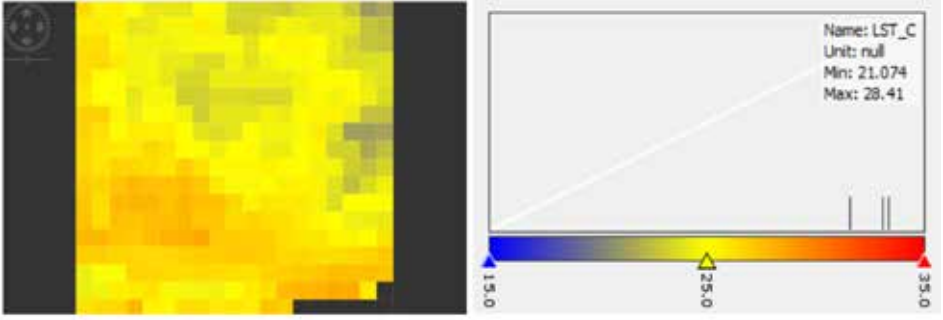


Şekil 5. Mayıs Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

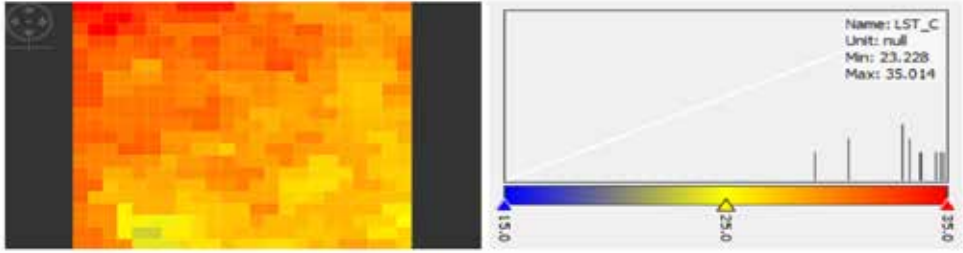


Şekil 6. Haziran Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

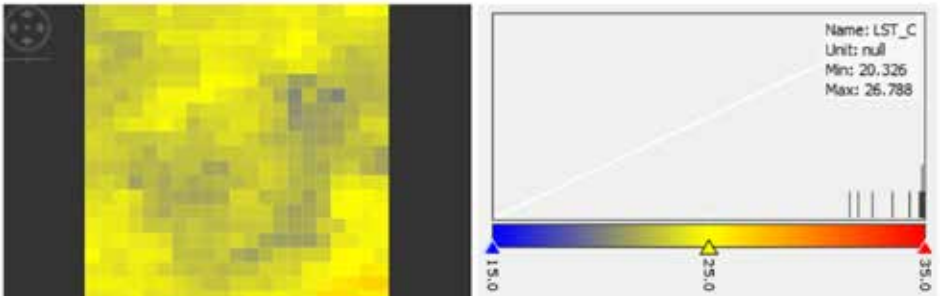




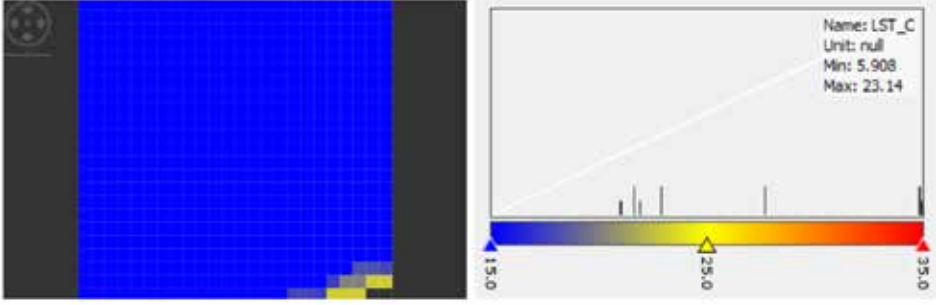
Şekil 7. Temmuz Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



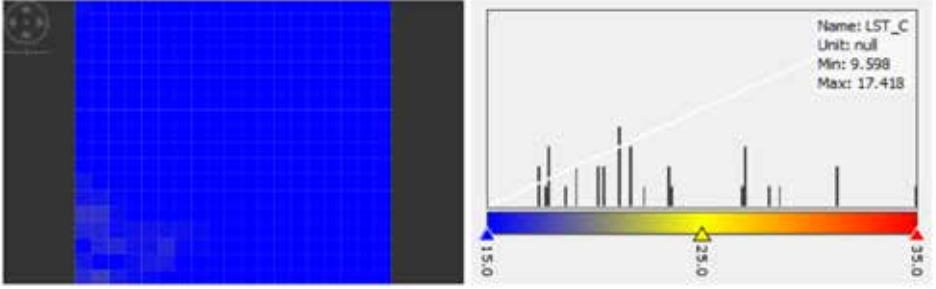
Şekil 8. Ağustos Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



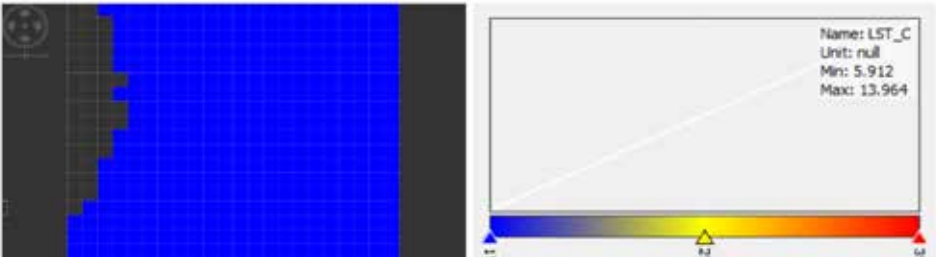
Şekil 9. Eylül Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



Şekil 10. Ekim Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



Şekil 11. Kasım Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi



Şekil 12. Aralık Ayı Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

## SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

Çalışmanın sonucunda 2020 yılına ait ayda bir olacak şekilde temin edilen 12 adet uydu görüntü verileri işlenmiştir. Nisan ayına ait uydu görüntüsü yüksek bulutluluk sebebi ile çalışmaya eklenememiştir.

Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alanın arazi yüzey sıcaklığının en düşük Ocak ayında en yüksek Ağustos ayında olduğu belirlenmiştir.

2020 yılının ilk ayında arazinin yüzey sıcaklığı en düşük seviyededir. Şubat ayında arazi yüzey sıcaklığı artmaya başlamıştır. Mart ayında sıcaklık artmaya devam etmiştir. Fakat Mayıs ayında arazi yüzeyinin sıcaklığı düşmüştür. Haziran ayında arazi yüzeyinin sıcaklığı tekrardan artmaya başlamıştır. Temmuz ve Ağustos aylarında mevsiminde etkisi ile arazi yüzeyinin sıcaklığı oldukça artmıştır. Ağustos ayında 2020 yılına ait en yüksek yüzey sıcaklığına ulaşılmıştır. Eylül ayından itibaren yüzey sıcaklığı düşmeye başlamıştır ve Aralık ayına kadar düşüş olmuştur.

**Acknowledgement:** This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: FYL-2020-3401.

## KAYNAKÇA

- Demirören, M., 1971. Çanakkale - Ayvacık - Tuzla Jeotennik Enerji Sahası Resistivite Etüdü. 1. Jeotermal Enerji Sempozyumu - Ankara.
- ESA STEP(Science Toolbox Exploitation Platform),<http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>
- Güvenç, C., 2007. Türkiye'deki Termal Turizm Tesislerinin Planlama ve Tasarım İlkelere İlişkin Bir Model Önerisi (Çanakkale Örneği). Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 268 sayfa.
- Oğuz, H., 2015, A Software Tool for Retrieving LandSurface Temperature from ASTER Imagery, Tarım Bilimleri Dergisi, 21, 471-482
- Şekertekin, A. 2013b. Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs, Ankara
- Termal Turizm Master Planı, 2007-2023. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara. 188 sayfa.