

İLKOKUL VE
ORTAOKULLARDA
STEM EĞİTİMİ VE
ETKİNLİK ÖNERİLERİ

Oğuzcan DENİZ

ARTİKEL AKADEMİ: 380

İlkokul ve Ortaokullarda STEM Eğitimi ve Etkinlik Önerileri
Dr. Oğuzcan DENİZ

e- ISBN 978-625-5674-18-0

Ekim - 2025

Kapak uygulama: Artikel Akademi

Ofset Hazırlık: Artikel Akademi

Artikel Akademi bir Karadeniz Kitap Ltd. Şti. markasıdır.

Baskı ve Cilt: Uzunist Dijital Matbaa Anonim Şirketi
Akçaburgaz Mah.1584.Sk.No:21 / Esenyurt

Matbaa Sertifika No: 68922

©Karadeniz Kitap - 2025

Akademik etik kurallara
bağlı kalınarak yapılacak olan alıntılar ve tanıtım maksadıyla yapılacak
olan kısa alıntılar dışında, yazılı izni alınmadan, tümünün veya bir
kısımının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla, basımı, yayımı,
kopyalanması, çoğaltımı veya dağıtımı yapılamaz.

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
www.artikelakademi.com

İLKOKUL VE
ORTAOKULLARDA
STEM EĞİTİMİ VE
ETKİNLİK ÖNERİLERİ

Dr. Oğuzcan DENİZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	7
1. BÖLÜM: GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR.....	9
1.1. Kitabın Amacı ve Kapsamı	9
1.2. STEM Eğitiminin Önemi ve Güncel Gerekliliği	10
1.3. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ve STEM Eğitimi İlişkisi	11
1.4. Literatürde STEM: Kuramsal Yaklaşımlar ve Uygulama Modelleri ..	13
2. BÖLÜM: GELİŞİMSEL TEMELLER.....	19
2.1. İlkokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (6–10 Yaş)	19
2.2. Ortaokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (11–14 Yaş)	30
2.3. Bilişsel, Sosyal ve Duyuşsal Gelişim Açısından STEM Uygulamaları.....	44
2.4. Gelişimsel Uygunluk İlkeleriyle STEM Tasarımı	53
3. BÖLÜM: 21. YÜZYIL BECERİLERİ VE EĞİTİM.....	59
3.1. Eleştirel Düşünme ve Problem Çözme	61
3.2. Yaratıcılık ve İnovasyon	65
3.3. İletişim ve İş Birliği	68
3.4. Dijital Okuryazarlık ve Teknoloji Kullanımı.....	71
3.5. Disiplinlerarası Düşünme	74
3.6. 21. Yüzyıl Becerilerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi.....	77
4. BÖLÜM: STEM EĞİTİMİNE GİRİŞ.....	81
4.1. STEM Nedir? Bileşenleri ve Tanımları	82
4.2. STEM ve STEAM Arasındaki Farklar.....	83
4.3. STEM Eğitiminde Kullanılan Modeller: 5E, Tümevarım, Mühendislik Tasarım Süreci	85
4.4. Okul Tabanlı STEM Programları: Ulusal ve Uluslararası Örnekler ...	87

5. BÖLÜM: İLKOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ.....	93
5.1. İlkokul Düzeyinde STEM Yaklaşımının Temellendirilmesi	94
5.2. İlkokul Öğrencileri İçin Uygun STEM Etkinlik Özellikleri.....	96
5.3. STEM'in Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematikle Entegrasyonu	99
5.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları.....	101
6. BÖLÜM: ORTAOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ	107
6.1. Ortaokul Öğrencileri İçin STEM Planlamasında Dikkat Edilecek Noktalar.....	108
6.2. Fen, Matematik, Teknoloji ve Mühendislik Disiplinlerinin Bütünleşik Kullanımı.....	110
6.3. Proje Tabanlı Öğrenme ve STEM.....	113
6.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları.....	116
7. BÖLÜM: DERSLERE ENTEGRASYON STRATEJİLERİ.....	123
7.1. STEM ve Fen Bilimleri	124
7.2. STEM ve Matematik.....	126
7.3. STEM ve Türkçe Dersleri.....	129
7.4. STEM ve Görsel Sanatlar – Tasarım	131
7.5. STEM ve Bilişim Teknolojileri.....	134
7.6. STEM Entegrasyonunda Öğretim Programı Analizi	138
8. BÖLÜM: ETKİNLİKLER VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	143
8.1. Haftalık ve Dönemlik STEM Planları	144
8.2. Problem Temelli STEM Uygulamaları	146
8.3. Doğa ve Toplum Temelli STEM Senaryoları	149
8.4. Kodlama ve Robotik Tabanlı STEM Uygulamaları.....	153
8.5. STEM Atölyesi Örnekleri	156
8.6. Yerel Kalkınma ve STEM: Coğrafi ve Kültürel Temalarla Tasarım ..	159
9. BÖLÜM: DEĞERLENDİRME ve ÖLÇME	161
9.1. STEM Sürecinde Değerlendirme Yöntemleri.....	162
9.2. Rubrik ve Performans Görevleriyle Ölçme	165
9.3. Öğrenci Ürün Dosyaları (Portfolyo).....	169
9.4. Öğrenci Öz Değerlendirme ve Akran Değerlendirme Uygulamaları	172

10. BÖLÜM: ÖĞRETMENLER VE EĞİTİM ORTAMLARI	177
10.1. Öğretmen Yeterlilikleri ve STEM.....	178
10.2. STEM Öğretiminde Liderlik Rolü.....	181
10.3. STEM İçin Eğitim Ortamlarının Tasarımı	184
10.4. Aile Katılımı ve Toplum İş Birliği.....	187
 EKLER	 193
• STEM Etkinlik Şablonları.....	193
• Örnek Etkinlik Değerlendirme Formları	197
• STEM Uygulama Günlüğü Örneği	199
• STEM Alanında Yararlanılabilecek Dijital Araçlar.....	203
• Yararlanılan Kaynaklar ve Okuma Önerileri.....	206

ÖNSÖZ

21.yüzyılın hızlı teknolojik dönüşümleri ve bilgiye erişimin demokratikleşmesi, eğitimde köklü değişimleri beraberinde getirmiştir. Artık öğrencilerin sadece bilgiye ulaşması değil; bu bilgiyi analiz etmesi, yorumlaması, üretime dönüştürmesi ve disiplinler arası düşünebilmesi beklenmektedir. Bu ihtiyaçlar, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitiminin yalnızca bir seçenek değil, çağın gereği olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır.

Bu kitap, ilkokul ve ortaokul düzeyinde görev yapan öğretmenlere, eğitim yöneticilerine, program geliştiricilere ve akademisyenlere yönelik olarak hazırlanmıştır. Kitabın temel amacı; Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin ilkeleriyle uyumlu biçimde, gelişimsel açıdan uygun, pedagojik olarak temellendirilmiş ve uygulamaya dönük STEM etkinliklerini bütüncül bir çerçevede sunmaktır.

Kitabın ilk bölümleri, STEM kavramına kuramsal ve tarihsel bir zemin kazandırırken; sonraki bölümlerde öğrencilerin yaş gruplarına uygun gelişimsel özellikleri, 21. yüzyıl becerileri, öğretim modelleri ve disiplinler arası entegrasyon detaylı biçimde ele alınmıştır. Özellikle 5E modeli, mühendislik tasarım süreci ve proje tabanlı öğrenme gibi yaklaşımlar, teoriden uygulamaya geçişte rehberlik sunmak üzere sistemli bir biçimde yapılandırılmıştır.

Uygulama örnekleriyle zenginleştirilen bölümler, öğretmenlerin doğrudan sınıf içinde kullanabilecekleri planları, etkinlik şablonlarını, değerlendirme araçlarını ve disiplinler arası senaryoları kapsamaktadır. STEM'in yalnızca fen veya matematikle sınırlı kalmadığı; Türkçe, görsel sanatlar, bilişim teknolojileri gibi farklı derslerle de bütünleştirilerek etkili öğrenme ortamları oluşturulabileceği örneklerle gösterilmiştir.

Ayrıca kitapta, öğretmen yeterliliklerinden liderlik rolüne, aile katılımından STEM atölyesi tasarımına kadar uzanan geniş bir yelpazede öğretmenlerin ve eğitim ortamlarının rolüne de dikkat çekilmiştir. Bu yönüyle kitap, yalnızca bir etkinlik derlemesi değil; aynı zamanda eğitimde dönüşüm perspektifi sunan bir

başvuru kaynağı olmayı amaçlamaktadır.

STEM yaklaşımının, öğrencilerimizin problem çözme, üretkenlik, takım çalışması ve yaratıcılık gibi becerilerini geliştireceği; onları yalnızca sınavlara değil, hayata da hazırlayacağı inancıyla bu çalışmayı eğitim dünyasına sunuyoruz. Umuyoruz ki bu kitap, öğretmenlerin ellerinde bir uygulama rehberine; öğrencilerin zihinlerinde ise bir keşif yolculuğuna dönüşür.

Saygıyla,

Oğuzcan DENİZ
2025, Ardahan

1. BÖLÜM

GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

- 1.1. Kitabın Amacı ve Kapsamı
- 1.2. STEM Eğitiminin Önemi ve Güncel Gerekliliği
- 1.3. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ve STEM Eğitimi İlişkisi
- 1.4. Literatürde STEM: Kuramsal Yaklaşımlar ve Uygulama Modelleri

1.1. Kitabın Amacı ve Kapsamı

Bu kitabın temel amacı; ilkokul ve ortaokul düzeyindeki öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve eğitim alanında çalışan uzmanların, STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitiminin kuramsal temelleri ile uygulama biçimleri hakkında kapsamlı bir anlayış geliştirmelerine katkıda bulunmaktır. Günümüzde yalnızca bilimsel bilgiye sahip olmak yeterli görülmemekte, bunun yanında bireylerin yaratıcı düşünme, eleştirel sorgulama, üretkenlik ve disiplinlerarası ilişki kurma gibi yüksek düzeyde bilişsel becerilere de sahip olması beklenmektedir (Li vd., 2015). STEM eğitimi ise tam da bu nitelikleri geliştiren, uygulamaya dayalı ve bütüncül bir öğrenme yaklaşımı sunmaktadır.

Kitap, özellikle çocukların gelişimsel özelliklerini dikkate alarak yapılandırılmış bir içeriğe sahiptir. Erken çocukluk döneminden başlayarak orta ergenlik dönemine kadar uzanan yaş aralığında, öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişimlerine uygun olarak planlanmış STEM tabanlı öğrenme ortamlarının nasıl tasarlanabileceği açıklanmaktadır. Bu bağlamda kitap, pedagojik ilkelerle uyumlu, uygulaması mümkün, ölçülebilir ve sürdürülebilir öğrenme deneyimleri oluşturmaya yönelik kapsamlı rehberlik sunmayı hedeflemektedir.

Eserde ele alınan başlıca tematik alanlar arasında gelişimsel psikoloji, 21. yüzyıl becerileri, öğretim programlarının analizi, disiplinlerarası öğretim stra-

tejileri, mühendislik tasarım süreci, STEM etkinliklerinin yapılandırılması ve öğretmen rehberliği gibi başlıklar yer almaktadır. Bu çerçevede STEM eğitimi yalnızca bir öğretim yöntemi olarak değil; aynı zamanda öğrencilerin gerçek yaşam problemleriyle başa çıkabilmelerini sağlayacak yaşam becerileri kazandıran bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Bybee, 2013; English ve King, 2015).

Kitabın her bölümü; kavramsal çerçeve, kuramsal dayanaklar, öğretimsel uygulamalar ve sınıf içi etkinlik örnekleri olmak üzere dört temel yapıya sahiptir. Böylece okuyucular, sadece STEM'e ilişkin teorik bir altyapı kazanmakla kalmayacak, aynı zamanda kendi sınıf düzeylerine ve öğretim programlarına uygun etkinlikleri uyarlayarak somut uygulamalar gerçekleştirebileceklerdir.

Ayrıca, kitapta sunulan uygulamalar ve etkinlik şablonları Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde belirtilen öğrenme kazanımları ile ilişkilendirilmiş ve yerel bağlamla uyumlu şekilde yapılandırılmıştır. Bu yönüyle eser, hem millî eğitim politikaları hem de küresel STEM vizyonu ile bütünleşik bir kaynak niteliği taşımaktadır. Öğretmenler, STEM'i sadece bir proje çalışması olarak değil, öğretim programlarına entegre edilebilen sistematik bir yaklaşım olarak ele almayı öğrenerek sınıf içinde daha etkili öğretim stratejileri geliştirebileceklerdir (Bozkurt ve Özyurt, 2019).

1.2. STEM Eğitiminin Önemi ve Güncel Gerekliliği

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) eğitimi, çağdaş toplumların eğitim politikalarında merkezi bir konuma gelmiş ve sadece akademik başarıyı artırmakla sınırlı kalmayan çok yönlü bir öğrenme paradigması olarak kabul edilmiştir. 21. yüzyılın gereksinim duyduğu eleştirel düşünme, yaratıcı üretim, iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi becerilerin sistematik bir şekilde geliştirilmesinde STEM eğitimi önemli bir araç olarak görülmektedir (Yılmaz, 2019).

Teknolojik dönüşümün hız kazandığı dijital çağda, bireylerden yalnızca bilgiyi edinmeleri değil; bu bilgiyi analiz etmeleri, dönüştürmeleri ve yenilikçi çözümler üretmeleri beklenmektedir (Honey vd., 2014). STEM eğitimi bu bağlamda bireylerin bilgi temelli topluma entegrasyonunu kolaylaştırmakta, onları üretken bireyler olarak yetiştirmektedir. Özellikle yapay zekâ, veri bilimi, sürdürülebilir enerji, sağlık teknolojileri gibi sektörlerde büyüyen iş gücü ihtiyacı, STEM alanlarında eğitimin stratejik bir öncelik olmasını zorunlu kılmıştır (Wor-

Id Economic Forum [WEF], 2023).

COVID-19 pandemisi, eğitimde dijitalleşmenin zorunlu hâle gelmesini sağlamış ve STEM eğitiminin esneklik, uyarlanabilirlik ve teknolojiyle bütünleşik yapısının önemini artırmıştır. Uzaktan ve hibrit öğrenme ortamlarında bilimsel düşünme, deneysel süreçler ve teknoloji kullanımı becerilerinin desteklenmesi için STEM temelli öğrenme senaryoları daha da kritik hâle gelmiştir (Zhao, 2022). Pandemi süreci ayrıca öğrenmede eşitsizlikleri artırmış ve özellikle dezavantajlı grupların STEM'e erişiminde ciddi engeller oluşmasına neden olmuştur. Bu durum, STEM eğitiminin sadece pedagojik değil, aynı zamanda adalet ve fırsat eşitliği bağlamında da ele alınmasını zorunlu kılmıştır (Kaysılı, 2023).

STEM eğitimi aynı zamanda cinsiyet eşitliği açısından da özel bir öneme sahiptir. Dünya genelinde kadınların STEM mesleklerinde temsil oranı hâlâ düşük seviyelerdedir. Bu eşitsizliği gidermek amacıyla birçok ülke, özellikle kız öğrencilerin STEM'e yönelimini artıracak programlar geliştirmekte ve öğretim sürecine bütünleştirici yaklaşımlar kazandırmaktadır (Işık ve Bahat, 2021; Wang & Degol, 2017). Bu bağlamda STEM eğitimi, yalnızca bireysel değil, toplumsal düzeyde dönüşüm sağlayabilecek bir potansiyele sahiptir.

Ayrıca, STEM eğitimi sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan ilişkilidir. Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları arasında yer alan nitelikli eğitim, eşitsizliklerin azaltılması, sanayi-yenilik ve altyapı gibi başlıklar STEM alanlarıyla örtüşmektedir (Akkaya ve Gökçeli, 2024). Dolayısıyla STEM eğitimi yalnızca bir öğretim yaklaşımı değil, aynı zamanda toplumsal kalkınma ve bilimsel ilerlemenin anahtarı olarak değerlendirilmektedir.

1.3. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ve STEM Eğitimi İlişkisi

2024 yılında Türkiye Cumhuriyeti Millî Eğitim Bakanlığı tarafından kamuoyuna sunulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları (TYMM), yalnızca bir öğretim programı revizyonu değil, aynı zamanda eğitim sisteminin felsefi, pedagojik ve yapısal dönüşümünü esas alan bütüncül bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu model, 21. yüzyılın değişen sosyo-kültürel, teknolojik ve ekonomik dinamikleriyle uyumlu, çok katmanlı ve disiplinlerarası bir eğitim vizyonunu merkeze almaktadır (MEB, 2024).

1.3.1. Maarif Modeli'nin Temel Dayanakları

TYMM; sadece bilgiye ulaşan bireyler değil, bilgiyi anlamlandıran, dönüş-

türen, üreten ve değerlere dayalı biçimde kullanan bireyler yetiştirme amacı taşımaktadır. Bu bağlamda model, öğrenmeyi şu dört temel sütun üzerinden kurulamaktadır:

1. Bilgi: Bilginin yalnızca aktarımı değil, yapılandırılması, ilişkilendirilmesi ve hayata geçirilmesi.
2. Değer: Eğitimin merkezine insanı alan ve bireyin toplumsal, kültürel ve etik sorumluluklarını gözetken değer eğitimi.
3. Beceri: Akademik bilgi ile birlikte, bireyin yaşamla başa çıkabilmesini sağlayacak iletişim, iş birliği, problem çözme gibi 21. yüzyıl becerileri.
4. Tutum: Öğrencinin öğrenmeye karşı geliştirdiği motivasyon, sorumluluk alma bilinci ve sürekli gelişim arzusu (MEB, 2024).

Bu dört sütun, STEM eğitiminin doğasıyla yüksek ölçüde örtüşmektedir. STEM yaklaşımı da bilginin uygulamaya dönüştüğü, değer merkezli üretim süreçlerinin desteklendiği, becerilere dayalı öğrenmenin ön planda olduğu ve öğrencilerin öğrenme sürecine karşı olumlu tutumlar geliştirmesini hedefleyen bir yapıdır (Bybee, 2013; English & King, 2015).

1.3.2. Disiplinlerarası Kurgu ve STEM Bağlantısı

TYMM, disiplinlerarası bütünlük eğitimi eğitim sisteminin merkezine alarak öğrencilerin sadece kendi disiplinlerinde değil; disiplinler arası geçişlerle düşünmesini, ilişki kurmasını ve bütüncül öğrenme deneyimleri yaşamasını hedeflemektedir. STEM eğitiminin temel özelliği olan çoklu alan etkileşimi (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) de bu felsefeyle doğrudan örtüşmektedir (Kelley & Knowles, 2016).

Özellikle Fen Bilimleri, Matematik ve Bilişim Teknolojileri gibi derslerde modelin öngördüğü “problem temelli öğrenme”, “tasarım odaklı süreçler”, “proje temelli ürün geliştirme” ve “yaparak-yaşayarak öğrenme” gibi ilkeler; STEM öğretim stratejilerinin doğrudan karşılığıdır (MEB, 2024). Bu açıdan STEM uygulamaları, TYMM’nin öngördüğü “üretken zihin yapısı”, “ahlaki sorumluluk” ve “aktif vatandaşlık” kavramlarını uygulamalı bir zemine oturtmaktadır.

1.3.3. Etkileşimli Öğrenme, Katılım ve STEM

TYMM, eğitimi “pasif bilgi aktarımı” süreci olmaktan çıkararak öğrenci-

nin bilişsel, duyuşsal ve davranışsal olarak aktif olduğu “etkileşimli öğrenme” ortamlarıyla yeniden tanımlamaktadır. Öğrencilerin öğrenme sürecine etkin katılımı, hem bireysel hem de grup çalışmalarıyla desteklenmektedir. Bu anlayış, STEM eğitiminde sıkça kullanılan mühendislik tasarım süreçleri, deneysel uygulamalar, iş birlikli öğrenme ve akran değerlendirme teknikleriyle örtüşmektedir (Slavit vd., 2016).

Öğrencilerin aktif öğrenen pozisyonunda bulunması, özgün ürünler geliştirmesi ve deneyim yoluyla öğrenmesi; TYMM’nin öğrenci profiliyle doğrudan ilişkilidir. Bu profil; bilge, erdemli, üretken, estetik duyarlılığa sahip, çevreye duyarlı, eleştirel düşünebilen bireylerden oluşmalıdır (MEB, 2024). STEM eğitimi, bu profili somutlaştırabilecek pedagojik uygulamaların başında gelmektedir.

1.3.4. Küresel Rekabet ve Yerli Eğitim Vizyonu

TYMM, bir yandan küresel ölçekte rekabet edebilir bireyler yetiştirmeyi hedeflerken diğer yandan milli ve manevi değerleri önceleyen bir eğitim anlayışını da benimsemektedir. STEM eğitimi, küresel becerileri (critical thinking, collaboration, digital literacy) geliştirmenin yanı sıra; yerli üretimi, toplumsal sorunlara yönelik çözüm üretimini ve etik duyarlılığı da destekleyen bir zemin sunar (Işık ve Bahat, 2021; WEF, 2023).

Bu bağlamda STEM’in TYMM ile entegrasyonu, yalnızca öğretim programı düzeyinde değil, aynı zamanda eğitim felsefesi, müfredat yapısı, değer odaklı öğrenme, yurttaşlık bilinci ve geleceği şekillendirme iradesi açısından da anlamlı ve gereklidir.

1.4. Literatürde STEM: Kuramsal Yaklaşımlar ve Uygulama Modelleri (Detaylı)

STEM eğitimi, yalnızca disiplinlerarası içerik entegrasyonu ile sınırlı olmayan, aynı zamanda çok sayıda eğitim kuramının ilke ve varsayımlarını içeren derinlikli bir pedagojik çerçeveye sahiptir. Bu yönüyle STEM, öğrenme psikolojisi, bilişsel gelişim teorileri ve yapılandırmacı yaklaşımlar ile güçlü biçimde ilişkilidir. STEM’i pedagojik açıdan anlamlandırmak ve uygulamalı öğretime entegre etmek için, onu besleyen temel kuramsal yaklaşımları ayrıntılı biçimde incelemek gerekmektedir.

1.4.1. Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı (Constructivism)

STEM eğitiminin dayandığı en temel kuramlardan biri yapılandırmacılıktır (constructivism). Bu kurama göre öğrenme, bireyin deneyimleri aracılığıyla anlam oluşturma sürecidir ve bilgi, dışarıdan doğrudan aktarılamaz; birey tarafından aktif olarak inşa edilir (Piaget, 2000; Vygotsky, 1978). STEM uygulamalarında öğrenciler, deneyler yaparak, tasarımlar geliştirerek ve problem çözerek öğrenmeye katılır. Bu süreçte öğrenci pasif bir bilgi alıcısı değil, sürecin aktif bir üreticisidir (Fosnot & Perry, 2005). Yapılandırmacı öğretim, STEM etkinliklerinde sıkça görülen keşfetme, deneme-yanılma ve yansıtıcı düşünme süreçleriyle doğrudan ilişkilidir.

1.4.2. Deneyimsel Öğrenme Kuramı (Experiential Learning Theory – ELT)

David A. Kolb tarafından geliştirilen deneyimsel öğrenme kuramı, STEM eğitimi ile doğrudan örtüşmektedir. Kuram, öğrenmenin dört temel aşamada gerçekleştiğini öne sürer: somut deneyim (concrete experience), yansıtıcı gözlem (reflective observation), soyut kavramsallaştırma (abstract conceptualization) ve aktif deneyleme (active experimentation) (Kolb, 2013). STEM etkinlikleri bu aşamaların tamamını kapsayan bir öğrenme döngüsü sunar: Öğrenciler bir problemi deneyimleyerek tanır, gözlemler, çözüm üretir ve öğrendiklerini yeni durumlara uygular. Bu süreç, hem bilişsel hem duyuşsal gelişim üzerinde etkilidir (Matten ve Moon, 2004).

1.4.3. Çoklu Zekâ Kuramı (Multiple Intelligences Theory)

Howard Gardner tarafından ortaya konan **çoklu zekâ kuramı**, bireylerin farklı zekâ türlerine sahip olduğunu ve her öğrencinin aynı yöntemlerle öğrenemeyeceğini savunur (Altan,1999). STEM eğitimi; sayısal-mantıksal, görsel-uzamsal, bedensel-kinestetik, doğa zekâsı gibi birçok zekâ alanını harekete geçirebilecek öğrenme ortamları yaratır. Özellikle mühendislik tasarımı, modelleme, fiziksel ürün oluşturma gibi STEM uygulamaları farklı zekâ türlerini harmanlayan öğrenme süreçlerine imkân tanır (Armstrong, 2009).

1.4.4. Proje Tabanlı Öğrenme (Project-Based Learning – PBL)

STEM pedagojisinin uygulama boyutunda en sık başvurulanan yaklaşımlardan biri proje tabanlı öğrenmedir. Bu yöntemde öğrenciler, gerçek yaşamla bağlantılı bir problemi çözmek için araştırma yapar, iş birliği kurar, çözüm üretir ve sonuçları bir ürünle somutlaştırır (Thomas, 2009). PTÖ, öğrencilerin disiplinlerarası bağlantılar kurarak hem bilişsel hem sosyal beceriler geliştirmesine olanak sağlar (Bell, 2010). STEM temelli projeler, özellikle uzun vadeli düşünme, planlama, iletişim ve takım çalışması becerilerini geliştirerek öğrenciyi daha üst düzey düşünme basamaklarına taşır (Capraro & Slough, 2009).

1.4.5. Mühendislik Tasarım Süreci (Engineering Design Process – EDP)

STEM eğitiminin ayırt edici bileşenlerinden biri olan mühendislik tasarım süreci, öğrencilerin sistematik biçimde problem tanımlaması, çözüm fikirleri üretmesi, prototipler tasarlaması, test etmesi ve yeniden geliştirmesi gibi aşamalardan oluşur (Moore vd., 2014). Bu süreç, öğrencilerin hem bilimsel bilgiye hem de mühendisliksele düşünmeye aynı anda ihtiyaç duyduğu bir yapıdır. EDP, öğrencilerin yaratıcı düşünme, sistemsel analiz, hata toleransı geliştirme ve yenilikçi üretim gibi becerilerini güçlendirmektedir (Brophy., 2008).

1.4.6. 5E Öğretim Modeli

5E Modeli (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) özellikle fen bilimleri ve STEM öğretiminde sistematik bir yapı sunan pedagojik modeldir (Bybee vd., 2006). Bu modelde öğrenciler önce dikkat çekici bir sorunla karşılaşır (*engage*), problemi keşfeder (*explore*), bulgularını açıklar (*explain*), bilgilerini pekiştirir (*elaborate*) ve son olarak öğrenme süreci değerlendirilir (*evaluate*). 5E modeli, yapılandırmacılık ve deneyimsel öğrenme ilkeleriyle bütünleşik olarak çalışmakta ve STEM derslerinde öğretim tasarımına yön vermektedir (Bybee vd., 2006).

1.4.7. Kanıta Dayalı Etkililik Bulguları

Son yıllarda yapılan meta-analiz çalışmaları, STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı, bilimsel süreç becerileri, motivasyon, özyeterlilik ve problem çözme yetenekleri üzerinde anlamlı ve olumlu etkiler yarattığını göstermektedir (Paschen vd., 2020; Paschen vd., 2020). Bu bulgular, STEM'in yal-

nızcı içerik bilgisi değil, aynı zamanda üst düzey düşünme ve yaşam becerileri kazandıran etkili bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır.

Genel Değerlendirme: STEM Eğitiminin Kuramsal Temelleri ve Eğitim Politikalarıyla Uyumlu Konumlandırılması

Bu bölümde sunulan dört temel başlık – *kitabın amacı ve kapsamı, STEM eğitiminin önemi, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ile ilişkisi ve kuramsal temelleri* – STEM eğitiminin hem ulusal hem de uluslararası bağlamda nasıl konumlandırılması gerektiğine dair bütüncül bir kavrayış sunmaktadır.

Öncelikle, kitabın amaç ve kapsamına ilişkin bölüm, STEM yaklaşımının yalnızca bir öğretim yöntemi değil; aynı zamanda pedagojik bir paradigma olarak düşünülmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Kitap, öğretmenlerin yalnızca bilgi sağlayıcı değil; öğrenmeyi yapılandıran, yönlendiren ve destekleyen liderler olması gerektiği fikrinden hareketle hazırlanmıştır. Bu açıdan, STEM eğitime yönelik sistematik ve gelişimsel bir içerik tasarımı, öğretim uygulamalarını akademik temellere dayandırmak isteyen tüm eğitimciler için önemli bir kaynak değeri taşımaktadır.

İkinci başlık olan STEM eğitiminin önemi ve güncel gerekliliği, çağdaş toplumların karşı karşıya olduğu dijital dönüşüm, küresel rekabet, sürdürülebilir kalkınma ve toplumsal eşitsizliklerle mücadele gibi temel sorunlar karşısında STEM'in nasıl bir çözüm alternatifi sunduğunu güçlü biçimde yansıtmaktadır. STEM eğitimi, bireyleri yalnızca akademik açıdan değil; aynı zamanda etik, yaratıcı, üretken ve sosyal sorumluluk sahibi bireyler olarak yetiştirme iddiası taşımaktadır. Bu nedenle STEM; bireysel gelişimi, toplumsal kalkınmayı ve ekonomik sürdürülebilirliği eş zamanlı hedefleyen bir eğitim yaklaşımı olarak ele alınmalıdır.

Üçüncü başlık olan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ile STEM'in kesişim noktaları, bu kitabın yerel bağlamla güçlü biçimde örtüştüğünü göstermektedir. TYMM'nin öngördüğü bilgi, beceri, değer ve tutum eksenleri ile STEM eğitiminin temel bileşenleri arasında dikkat çekici bir paralellik bulunmaktadır. STEM uygulamalarının TYMM'nin vizyoner yapısıyla ilişkilendirilmesi, bu kitabın yalnızca teorik değil aynı zamanda ulusal eğitim politikalarına hizmet eden bir rehber olduğunu da kanıtlamaktadır. TYMM'nin yapılandırmacı, etkileşimli, değer odaklı ve üretim temelli eğitim felsefesi, STEM'in uygulama alan-

larını daha görünür ve etkili hâle getirmektedir.

Son olarak dördüncü başlıkta sunulan kuramsal yaklaşımlar ve uygulama modelleri, STEM eğitiminin pedagojik gücünü ve bilimsel geçerliliğini ortaya koymaktadır. Yapılandırmacılık, deneyimsel öğrenme, çoklu zekâ kuramı, proje tabanlı öğrenme ve mühendislik tasarım süreci gibi teoriler; STEM'in yalnızca “ne öğretildiğini” değil, “nasıl ve neden öğretildiğini” de anlamaya imkân tanır. Bu kuramsal temeller, STEM'i gününbirlik bir etkinlikler dizisi olmaktan çıkartıp, derinlikli, sistemli ve araştırma temelli bir öğretim yaklaşımı hâline getirir. Özellikle 5E modeli ve mühendislik tasarım süreci gibi uygulama modelleri, öğretmenlere somut planlama çerçeveleri sunarken; kanıta dayalı etkililik verileri, STEM'in akademik başarıya olan katkısını bilimsel olarak ortaya koymaktadır.

Bu dört başlık birlikte değerlendirildiğinde, STEM eğitiminin yalnızca bireysel düzeyde değil; okul, sistem ve politika düzeyinde de stratejik bir yaklaşım olduğu açıkça görülmektedir. Bu bağlamda kitap, hem akademik hem uygulamalı niteliğiyle alana özgün ve bütüncül bir katkı sunmaktadır. Öğretmenler, eğitim yöneticileri ve program geliştiriciler için bu bölüm, STEM'i teoriden uygulamaya, vizyondan sınıf içi pratiğe taşıyacak bir rehber niteliğindedir.

2. BÖLÜM

GELİŞİMSEL TEMELLER

- 2.1. İlkokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (6–10 Yaş)
- 2.2. Ortaokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (11–14 Yaş)
- 2.3. Bilişsel, Sosyal ve Duyuşsal Gelişim Açısından STEM Uygulamaları
- 2.4. Gelişimsel Uygunluk İlkeleriyle STEM Tasarımı

2.1. İlkokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (6–10 Yaş)

İlkokul dönemi (6–10 yaş arası), çocukların gelişimsel olarak büyük bir değişim ve dönüşüm yaşadığı kritik bir evre olarak kabul edilir. Bu dönemde bireyler yalnızca temel akademik becerileri (okuma, yazma, matematiksel işlemler gibi) kazanmakla kalmaz; aynı zamanda düşünme biçimlerinde, sosyal ilişkilerinde ve fiziksel yetkinliklerinde de önemli ilerlemeler kaydederler (Eccles, 1999; Papalia & Martorell, 2021). Özellikle bu yaş grubundaki çocuklar, doğrudan deneyimlere, somut yaşantılara ve görsel-işitsel uyarıcılara duyarlıdırlar. Bu özellikleri onları, aktif katılımlı ve uygulamalı öğrenmeye dayalı olan STEM eğitimine karşı son derece açık hâle getirir.

Gelişim psikolojisi literatürü, bu dönemin çocuğun bilişsel esnekliği geliştirmeye başladığı ve öğrenmeye yönelik olumlu tutumların yerleştiği bir evre olduğunu göstermektedir (Öztürk, 2019). Bu yaş grubu, merak duygusu yüksek, araştırmaya ve soru sormaya istekli bireylerden oluşur. STEM eğitimi, bu doğal merakı yapılandırılmış öğrenme süreçleriyle birleştirme potansiyeline sahiptir. Özellikle problem çözme, iş birliği, deneme-yanılma gibi yöntemlerle öğrenen çocuklar, STEM uygulamalarında bilişsel gelişimlerinin yanı sıra duyuşsal ve sosyal becerilerini de pekiştirir (Erden ve Yalçın, 2021).

Piaget’ye göre 6–10 yaş arası çocuklar, bilişsel gelişim açısından somut işlemler döneminde yer alırlar. Bu dönemde çocuklar sınıflama, sıralama, neden-

sel ilişki kurma gibi mantıksal işlemleri somut nesne ve olaylar üzerinden gerçekleştirebilirler, ancak soyut düşünme becerileri henüz sınırlıdır (Piaget, 2000; Erden ve Yalçın, 2021). Bu nedenle, öğrenme etkinliklerinin görsel-işitsel materyallerle, somut deneylerle ve keşfetmeye dayalı aktivitelerle desteklenmesi önemlidir.

Sosyal-duygusal açıdan bakıldığında, ilkokul çağındaki çocuklar benlik algısı, sorumluluk alma, kurallara uyum ve akran ilişkileri kurma konularında önemli gelişmeler gösterirler (Erikson, 1963; Denham et al., 2012). Grup çalışmalarına açık hâle gelen çocuklar, STEM süreçlerinde iş birliği, tartışma ve ortak ürün oluşturma gibi beceriler geliştirebilirler. STEM uygulamaları bu yaşta sosyal öğrenmeyi destekleyen, iş birlikli, demokratik ve merak uyandıran yapıyla duygusal gelişime de katkı sağlar.

Psikomotor gelişim açısından ise çocuklar, hem ince motor becerilerde (örneğin makas kullanma, çizim, yazı yazma) hem de kaba motor koordinasyonlarında (örneğin yön bulma, denge sağlama) belirgin ilerlemeler kaydeder. STEM etkinlikleri bu becerileri işlevsel biçimde harekete geçirebilir; özellikle mühendislik tasarımları, model kurma ve prototip oluşturma gibi alanlarda psikomotor gelişimi destekler (Case-Smith & O'Brien, 2015).

Sonuç olarak, 6–10 yaş arası çocukların gelişimsel profili, STEM temelli eğitime oldukça elverişli bir zemin sunmaktadır. Ancak bu zemin, gelişimsel düzeylere uygun biçimde pedagojik olarak planlanmalı, yaşa uygun materyaller ve süreçler dikkatle yapılandırılmalıdır. Aksi hâlde, çocukların yaşadıkları gelişimsel zorluklar öğrenmeyi desteklemek yerine engelleyici bir unsura dönüşebilir. Bu nedenle STEM öğretiminde, bu yaş grubuna özel gelişimsel farkındalıkla hareket etmek son derece kritiktir.

2.1.1. Bilişsel Gelişim Özellikleri (6–10 Yaş)

İlkokul çağındaki çocuklar bilişsel gelişim açısından Jean Piaget'nin tanımladığı somut işlemler döneminde yer alır. Bu dönemde çocuklar mantıksal düşünmenin temellerini atarlar, ancak bu mantık sadece somut nesne ve olaylar üzerinden işleyebilir. Yani çocuk, fiziksel olarak gözlemleyebildiği ve manipüle edebildiği bilgileri anlama ve kullanma konusunda gelişmiştir; buna karşın soyut kavramlarla işlem yapmakta zorlanır (Piaget, 2020; Slee., 2020).

Bu dönem çocukları, sıralama, sınıflama, tersine çevirebilme, korunum kavramı gibi temel bilişsel yetkinlikleri edinir. Bu yetkinlikler, STEM eğitiminde

temel olan gözlem yapma, verileri karşılaştırma, ilişkilendirme, neden-sonuç çıkarımı yapma gibi becerilerle doğrudan ilişkilidir (Erden ve Yalçın, 2021).

Piaget'nin Somut İşlemler Dönemi

Piaget'ye göre 7–11 yaş aralığında çocuklar:

- Somut nesnelerle kategorilendirme ve sınıflama yapabilir (örneğin farklı özellikteki yapboz parçalarını renklerine göre ayırmak),
- Sıralama (seriation) yapabilir (örneğin uzunluktan kısaya çubukları dizmek),
- Korunum (conservation) kavramını kazanırlar (örneğin aynı miktardaki sıvının farklı şekilli kaplarda eşit olduğunu anlayabilme),
- Tersine çevirebilme (reversibility) becerisi gelişir (bir olayın tersinden düşünülerek yorumlanması).

Bu becerilerin tamamı, STEM eğitiminde kullanılan problem çözme, modelleme ve deney tasarımı gibi süreçlerin bilişsel temelini oluşturur.

Piaget'nin Bilişsel Gelişim Evreleri Şeması

Yaş	Dönem	STEM Bağlantısı
2–7	İşlem Öncesi	Oyun yoluyla keşif, taklit, manipülatif materyaller
7–11	Somut İşlemler	Somut nesnelerle deney, sınıflama, deney tasarımı
12+	Soyut İşlemler	Varsayım kurma, hipotez test etme, analiz yapma

Vygotsky ve STEM: Yakınsak Gelişim Alanı (Zone of Proximal Development – ZPD)

STEM eğitiminin bilişsel gelişimle ilişkilendirilmesinde Piaget'nin yapılandırmacılığı kadar, Lev Vygotsky'nin sosyokültürel öğrenme kuramı da önemli bir teorik temel sunar. Vygotsky'e göre öğrenme, bireyin yalnızca kendi içsel süreçleriyle değil; sosyal ve kültürel etkileşimlerle gerçekleşir. Bu kuram, özellikle erken yaşlarda öğrenmenin çevreyle olan etkileşim yoluyla desteklenmesi gerektiğini savunur (Vygotsky, 1978).

Vygotsky'nin en temel kavramlarından biri olan Yakınsak Gelişim Alanı (Zone of Proximal Development – ZPD), çocuğun kendi başına yapamayacağı ancak bir yetişkinin rehberliği ya da yetkin bir akranın yardımıyla başarabileceği

görevleri kapsar. Vygotsky bu alanı, çocuğun mevcut gelişim düzeyi ile potansiyel gelişim düzeyi arasındaki boşluk olarak tanımlar.

STEM eğitiminde, özellikle mühendislik tasarımı, problem çözme, deneysel süreçler ve matematiksel modelleme gibi uygulamalar bu ZPD alanını aktif biçimde kullanır. Öğretmenin rehberliğiyle çocuk, kendi başına çözümleyemeyeceği karmaşık problemleri parçalayarak anlamlandırabilir ve çözüm üretmeye başlayabilir. Bu süreçte rehberlik eden kişi, Vygotsky'nin "scaffolding" (iskele kurma) olarak adlandırdığı destekleyici öğrenme stratejisini sağlar.

Sınıf İçi STEM Uygulamalarında ZPD Kullanımı

Örnek 1:

Bir 3. sınıf öğrencisi, basit bir elektrik devresi kurmayı bireysel olarak başaramayabilir. Ancak öğretmen, öğrenciye yönlendirme yaparak (örneğin: "önce pili kutuya tak, şimdi kabloyu tak" gibi) adım adım süreci yönetir. Bu destekle çocuk hem görevini tamamlar hem de problem çözme becerisini geliştirir. Sonraki uygulamada aynı görevi kendi başına yapabilir hâle gelir – işte bu öğrenme ZPD alanında gerçekleşmiştir.

Örnek 2:

Grup çalışmasında LEGO parçalarıyla köprü kuran bir ekipte, bir öğrenci yapının dengede durması için destek çubuğu gerektiğini fark ederken, bir diğeri bunu nasıl uygulayacağını bilmeyebilir. Deneyimli öğrencinin açıklaması ve birlikte uygulama süreci, diğer öğrenci için ZPD'ye dayalı bir öğrenme fırsatıdır.

ZPD ve STEM Mentorluğu

STEM öğrenme ortamlarında öğretmen artık yalnızca bilgi aktarıcı değil, öğrencinin gelişimsel sınırını analiz eden bir öğrenme koçu rolündedir. ZPD kavramı doğrultusunda öğretmenler:

- Öğrencinin mevcut bilgi ve beceri düzeyini gözlemler,
- Ona uygun düzeyde "bir üst basamak" görevler verir,
- Görevin tamamlanması sürecinde yapıcı geribildirimlerle yönlendirir,
- Süreç boyunca desteği giderek azaltır ve çocuğun bağımsızlığı artar.

Bu model, STEM bağlamında "mentorluk" veya "bilişsel çıraklık" (cognitive apprenticeship) olarak adlandırılan pedagojik yaklaşımlarla uyumludur (Collins, Brown & Holum, 1991).

Pedagojik Uygulama İlkeleri

İlke	Uygulama Önerisi
Öğrenciye gelişimsel uygun hedef ver	Devre tasarımı önce hazır şemayla, sonra kendisi oluşturmali
Destekle öğrenmeyi mümkün kıl	Yönlendirici sorular: “Pilin artı kutbu hangisi?”
Rehberlik kademeli olmalı	İlk seferde adım adım rehberlik, sonra bağımsız uygulama
Akran öğrenmesini teşvik et	Deneyimli öğrenci yeni başlayan arkadaşına malzeme listesini açıklasın

Bloom’un Bilişsel Alan Taksonomisi ve STEM**◆Kuramsal Temel ve Tarihsel Gelişim**

Bloom’un Bilişsel Alan Taksonomisi, ilk kez 1956 yılında Benjamin Bloom ve arkadaşları tarafından öğrenme hedeflerini sistematik bir biçimde sınıflandırmak amacıyla geliştirilmiştir (Bloom et al., 1956). Bu taksonomi, bireyin düşünme süreçlerini altı düzeyde hiyerarşik biçimde düzenler: *bilgi, kavrama, uygulama, analiz, sentez ve değerlendirme*. Bu yapı, öğretmenlerin öğrenme hedeflerini tanımlarken ve öğrencilerin bilişsel gelişim süreçlerini planlarken oldukça etkili bir rehber işlevi görmüştür.

2001 yılında Krathwohl ve Anderson tarafından yapılan revizyonla birlikte bu taksonomi, *fil temelli* bir yapıya dönüştürülmüş ve altı düzey şu şekilde yeniden adlandırılmıştır: Hatırlama → Anlama → Uygulama → Analiz → Değerlendirme → Yaratma (Krathwohl, 2002; Anderson & Krathwohl, 2001).

Bu güncel versiyon, öğrenmenin sadece bilgi edinme süreciyle sınırlı kalmadığını, bilgiyi kullanma, değerlendirme ve yeni anlamlar üretme gibi üst düzey bilişsel etkinlikleri de içerdiğini göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, STEM eğitimiyle birebir örtüşen bir yapı sunmaktadır.

☞ “Bloom’un taksonomisi, STEM’in uygulama ve üretim temelli doğası ile güçlü bir uyum içerisinde; çünkü her iki yaklaşım da öğrencinin sadece ne bildiğiyle değil, bu bilgiyi nasıl kullandığıyla ilgilenir.” (Marzano & Kendall, 2007)

STEM Öğretiminde Bloom'un Taksonomisi Nasıl Kullanılır?

İlkokul düzeyinde öğrencilerin gelişimsel özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, genellikle “anlama”, “uygulama” ve “analiz” düzeylerinde başarılı oldukları görülür (Erden ve Yalçın,2021; Papalia & Martorell, 2021). Bu düzeyler, STEM uygulamaları için kritik olan problem çözme, neden-sonuç ilişkisi kurma ve bilgiyi işlevsel hâle getirme süreçleriyle doğrudan ilişkilidir.

Bilişsel Düzey	Tanım	STEM Görevi Örneği
Anlama	Bilgiyi yorumlama, açıklama	Bir elektrik devresinin nasıl çalıştığını anlatma
Uygulama	Bilgiyi yeni bir duruma uyarlama	Kendi elektrik devresini kurma
Analiz	Parçaları çözümleme, ilişki kurma	Devre neden çalışmadı? Sorunu analiz etme
Değerlendirme	Karar verme, kıyaslama, ölçüt kullanma	En verimli devre tasarımını seçme
Yaratma	Yeni bir ürün tasarlama, yapı kurma	Işığın açısını değiştiren hareketli projektör tasarımı

Not: İlkokul öğrencileri henüz “yaratma” ve “değerlendirme” düzeylerine tam yetkinlikle ulaşamayabilir, ancak bu düzeylere geçiş için fırsat tanımak önemlidir.

STEM'e Uygun Bilişsel Etkinlikler: Yaş Düzeyine Uygun Örnekler

◆ *Etkinlik 1: LEGO ile Sayısal Yapılar*

- **Amaç:** Sayı, hacim ve denge kavramlarının somutlaştırılması
- **Görev:** Öğrenciler, 10 LEGO parçası ile en yüksek yapıyı inşa eder. Yapının devrilmemesi için nasıl bir temel gerekir?
- **Bilişsel Düzey:** *Uygulama → Analiz*

◆ *Etkinlik 2: “Bitkiler Işık Olmadan Büyür mü?” Deneyi*

- **Amaç:** Gözlem ve hipotez oluşturma becerilerinin geliştirilmesi
- **Malzemeler:** 2 saksı bitki (biri karanlıkta, biri ışıktaki tutulur)

- **Süreç:** Günlük gözlemler kaydedilir, haftalık karşılaştırma yapılır
- **Bilişsel Düzey:** *Anlama → Analiz*

◆ **Etkinlik 3: Mıknatıslarla Keşif**

- **Amaç:** Nesneleri fiziksel özelliklerine göre sınıflandırma
- **Görev:** Öğrenciler mıknatısla çekilen ve çekilmeyen nesneleri gruplar
- **Bilişsel Düzey:** *Hatırlama → Anlama*

İlkokul Düzeyinde Bloom Temelli STEM Planlaması

İlke	Açıklama
Somut materyal kullanımı	Kavramlar fiziksel nesnelerle deneyimletilerek öğretilmeli
Basamaklı yönergeler	Görevler adım adım ilerlemeli: gözlem → tahmin → uygulama → yorumlama
Hikâyeleştirme	Kavramlar anlatı yoluyla içselleştirilmeli (örneğin “devre kuran robot”)
Süreç odaklı değerlendirme	Sadece sonuç değil süreç de değerlendirilerek öğrenme güçlendirilmelidir

STEM Etkinlik Planlama Şablonu (Bloom Temelli)

Adım	İçerik
1. Hedef Düzeyi	<i>Bloom düzeyini seç: Anlama/Uygulama/Analiz</i>
2. Kavram	<i>Elektrik devresi, hacim, ışık, mıknatıs vb.</i>
3. Materyal	<i>LEGO, pil, tel, ampul, su, toprak, saksı vb.</i>
4. Görev	<i>Devreyi kur, çalıştır, sorun varsa nedeni bul</i>
5. Değerlendirme	<i>Öğrenci günlükleri, süreç karneleri, akran geribildirimi</i>

2.1.3. Sosyal ve Duygusal Gelişim Özellikleri (6–10 Yaş)

◆ **Gelişimsel Temel: Psikososyal Kuramlar Işığında Değerlendirme**

İlkokul çağı çocukları, Erikson’un psikososyal gelişim evrelerinden “çalışkanlığa karşı aşağılık duygusu” (industry vs. inferiority) döneminde (Erikson, 1963). Bu evre, çocuğun başarı deneyimleri yoluyla yetkinlik duygusu geliştirmeye çalıştığı bir geçiş sürecidir. Çocuk; öğretmen, aile ve arkadaşlarından

aldığı geribildirimlerle “başarabildiğini” görmek ister. Eğer sürekli başarısızlık, yetersizlik ya da kıyaslanma ile karşılaşırsa aşağılık duygusu gelişebilir (Sokol, 2009).

STEM eğitiminde öğrencinin bir ürün ortaya koyması, sürece aktif katılımı ve süreç içinde iş birliği kurması, bu psikososyal gelişimi desteklemek için önemli fırsatlar sunar. Öğrenci, grup içinde görev alarak hem akademik hem sosyal başarı deneyimi yaşar. Örneğin; “köprü kurma” ya da “robot tasarımı” gibi görevler, öğrenciye somut başarılar sağlar. Ürünün görünür ve ölçülebilir olması, özgüven gelişimini doğrudan besler (Denham., 2012).

Sosyal-Duygusal Yeterlikler: CASEL Çerçevesi

Sosyal-duygusal öğrenme (SEL), bireyin duygularını tanıma, düzenleme, sağlıklı ilişkiler kurma ve sorumlu karar alma becerilerini içerir. CASEL (2020) bu yeterlikleri 5 temel alanda tanımlar. Aşağıda, her bir alan ilkökul çağındaki çocukların gelişimsel özellikleriyle ilişkilendirilmiş ve STEM uygulamalarıyla örneklendirilmiştir (Özhan vd., 2024):

CASEL Yeterliği	Açıklama	STEM Uygulamasıyla Entegrasyon
1. Öz farkındalık	Duygularını ve güçlü yönlerini tanıma	“Bu projede neyi iyi yaptım?” değerlendirme formu
2. Öz yönetim	Duygularını, dürtülerini ve davranışlarını kontrol etme	“Projede sabırlı davrandım mı?”, “Planıma sadık kaldım mı?”
3. Sosyal farkındalık	Empati kurma, farklı bakış açılarını anlama	Grup çalışmasında arkadaşın fikrine saygı duyma
4. İlişki kurma becerisi	Etkili iletişim, iş birliği, çatışma çözme	Takım içi görev paylaşımı, fikir sunma, destekleme
5. Sorumlu karar alma	Etik ve mantıklı karar verme, sonuçları değerlendirme	“Bu malzemeyi kullanmak ne kadar doğru?”, “Zamanımı iyi yönettim mi?”

Bu beş boyutun STEM etkinlikleri aracılığıyla gelişmesi, sadece akademik

değil, sosyal dayanıklılığı ve topluluk içinde etkili birey olma kapasitesini de desteklemektedir (Jones & Kahn, 2017; Immordino-Yang vd., 2019).

STEM ve Sosyal-Duygusal Gelişim Arasındaki Etkileşim

STEM eğitiminde grup çalışmaları, proje temelli etkinlikler ve prototip üretimi gibi uygulamalar, öğrenciler arası etkileşimi artırarak sosyal-duygusal gelişimi destekleyen özgün öğrenme fırsatları sunar. STEM sınıfı, sadece teknik becerilerin değil, aynı zamanda:

- **Empati kurma** (örneğin: bir grup üyesinin fikrine saygı duyma),
- **İletişim becerisi** (görev sırasında tartışma yürütme),
- **Duygusal dayanıklılık** (prototip başarısız olduğunda yeniden deneme),
- **Öz güven** (ürününü sunma ve açıklama) gibi becerilerin geliştiği bir öğrenme alanına dönüşebilir (Mahoney vd., 2021).

“*Sosyal-duygusal öğrenme ile STEM becerilerinin entegrasyonu, yalnızca bilimsel düşünmeyi değil; aynı zamanda toplumsal iş birliğini, empatiyi ve direnci de geliştirir.*”

— Gershon & Pellitteri, 2018

Uygulamalı Öneriler: Sosyal-Duygusal Gelişime Duyarlı STEM Ortamları

Strateji	Uygulama Örneği
Grup içi rol dağılımı	Malzeme sorumlusu, yapı lideri, gözlemci, test kontrolcüsü
Öz değerlendirme formu	“Bugün kendimi ne kadar faydalı hissettim?”, “Zorlandığım yer neydi?”
Yapıcı geribildirim ortamı	“Hata yaptım” → “Denemen çok değerliydi, birlikte tekrar deneyebiliriz”
Görünür başarı ve teşvik	Sergi köşesi, ürün poster, öğrenci sunumu
Empati ve iş birliği vurgusu	“Farklı fikirleri birleştirip nasıl daha iyi bir sonuç çıkarabiliriz?”

2.1.4. Psikomotor Gelişim Özellikleri (6–10 Yaş)

◆ Gelişimsel Temel: Psikomotor Alanın Gelişim Özellikleri

İlkokul dönemi çocukları, hem **ince motor** (küçük kaslar – parmak, bilek, el) hem de **kaba motor** (büyük kaslar – kol, bacak, gövde) beceriler açısından hızla gelişim gösterir. Bu dönemde el-göz koordinasyonu, kas kuvveti, motor planlama ve koordinasyon becerileri giderek güçlenir (Gallahue, Ozmun, & Goodway, 2012).

- ◆ **6–7 yaş:** Temel ince motor beceriler kazanılır. Çocuklar kalem tutma, makasla kesme, çizgi takip etme gibi görevlerde daha başarılıdır
- ◆ **8 yaş:** Parmak kaslarının gelişmesiyle birlikte daha ayrıntılı işlerde el becerisi gösterirler (örneğin LEGO parçası birleştirme, şekil çizimi).
- ◆ **9–10 yaş:** Daha koordineli ve dikkat isteyen görevlerde başarı artar. Alet kullanımı, hassas montaj ve prototipleme gibi görevlerde yeterlilik gelişir.

☞ “Psikomotor gelişim sadece fiziksel yeterlik değil; problem çözme, planlama ve görsel-kinestetik bütünleşme süreçlerinin de gelişimini içerir.” (Haywood & Getchell, 2020)

Bu gelişimsel ilerlemeler, STEM uygulamalarında doğrudan devreye girer. Özellikle mühendislik tasarım sürecinde kullanılan inşa etme, bağlama, test etme, düzeltme gibi eylemler, çocukların hem kas gelişimini hem de bilişsel-motor entegrasyonunu destekler.

Kuramsal Temel: Simpson’ın Psikomotor Alan Taksonomisi

Benjamin Bloom’un taksonomisinin tamamlayıcısı olan Elizabeth Simpson’ın psikomotor taksonomisi, öğrenmenin hareket temelli yönünü altı düzeyde tanımlar (Simpson, 1972):

Düzey	Açıklama	STEM Örneği
Algılama	Hareketi fark etme, uyarıcıları tanıma	LEGO parçasını yerleştirirken yön algısı
Hazırlık	Davranışa hazırlanma	Deney başlamadan ellerini malzemeye göre konumlama
Rehberli tepki	Yönergeyle uygulama	Öğretmenin gösterdiği gibi pil-tel bağlantısı kurma
Mekanikleştirme	Otomatikleşmiş uygulama	Devreyi tekrar tekrar hatasız kurabilme
Kompleks tepki	Zor ve karmaşık hareketler	Çarklı düzenek yapma
Uyum	Hareketi ortama uyarlayabilme	Malzeme değişince tasarımını revize etme

Bu taksonomi, STEM'in sadece zihinsel değil, bedensel katılımı da zorunlu kılan doğasını destekleyen güçlü bir çerçeve sunar.

STEM Uygulamalarında Psikomotor Gelişimi Destekleyen Etkinlikler

Yaş	Beceri Odaklı Görev	STEM Etkinlik Örneği
6 – 7 yaş	Kesme, yapıştırma, katlama	Kağıttan 3D geometrik şekil yapma
8 yaş	Malzeme birleştirme, küçük parça montajı	LEGO ile köprü kurma
9 – 10 yaş	Araç-gereç kullanımı, kurlum-test uyumu	Basit elektrik devresi kurma, rüzgar gücüyle çalışan araç tasarımı



Etkinlik 1: Köprü Tasarımı (7–9 yaş)

Amaç: Taşıma kapasitesi en yüksek köprüyü tasarlamak

Materyaller: Karton, tahta çubuk, ip, cetvel, makas

Motor beceriler: Kesme, çizim yapma, bağlama, montaj, test etme

STEM çıktısı: Mühendislik tasarımı ve yük taşıma test döngüsü

Etkinlik 2: Devreyi Kur ve Test Et (8–10 yaş)

Amaç: Devre şeması oluşturma ve fiziksel devreyi kurma

Motor beceriler: Tel bükme, küçük parçaları yerleştirme

STEM çıktısı: Ampul yanmadığında sorun tespiti yapabilme (analiz)

Etkinlik 3: Hava Tahrikli Araç (9–10 yaş)

Amaç: Balonla itilen araç tasarlama

Motor beceriler: Denge oluşturma, tekerlek montajı, test ortamı kurma

STEM çıktısı: Kuvvet ve hareket ilişkisini deneyimleme

STEM’de Psikomotor Gelişimi Destekleyen Pedagojik İlkeler

İlke	Açıklama
Somut araçlarla çalışma	Gerçek malzemelerle prototipleme (karton, tel, ip, plastik çubuk)
Süreç odaklı uygulama	Sadece sonuç değil; tasarım, test ve düzeltme aşamaları da önemlidir
Deneme-yanılma teşviki	Başarısız prototip sonrası yeniden düzenleme şansı
İki elin aktif kullanımı	Malzeme birleştirme, makas, yapıştırıcı, tornavida gibi araç kullanımı
Gözlem yoluyla öğrenme	Öğretmen örnekle yapar, çocuk model alır → ardından kendisi uygular

2.2. Ortaokul Öğrencilerinin Gelişimsel Özellikleri (11–14 Yaş)

Ortaokul dönemi (yaklaşık 11–14 yaş arası), çocukluktan ergenliğe geçişin başladığı ve gelişim alanlarının birbirine daha karmaşık biçimde etki etmeye başladığı çok yönlü bir evredir. Bu dönemde birey, bilişsel, sosyal-duygusal ve fizyolojik gelişim alanlarında aynı anda birçok dönüşüm yaşar. Aynı zamanda bu dönem, bireyin dünyaya dair daha karmaşık sorular sormaya, toplumsal roller üzerine düşünmeye ve kişisel kimliğini oluşturmaya başladığı kritik bir gelişimsel pencereyi temsil eder (Mahoney vd., 2021; Steinberg, 2017).

Fizyolojik olarak bu yaş grubu ergenliğe biyolojik geçiş sürecindedir. Beynin özellikle prefrontal korteks ve limbik sistem bölgelerinde yoğun değişim ve yeniden yapılanma yaşanır. Bu değişim, dürtü kontrolü, duygusal tepkiler,

karar verme, ileri düzey düşünme ve sosyal etkileşim becerilerinin gelişimiyle doğrudan ilişkilidir (Blakemore & Mills, 2014; Giedd vd., 2009).

Bilişsel açıdan bakıldığında, bu yaş grubundaki bireyler artık yalnızca somut düşünceyle sınırlı kalmayıp soyut kavramları anlamaya, hipotez üretmeye, nedensellik ilişkisi kurmaya ve çok boyutlu problem çözmeye başlarlar. Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre bu dönem, “soyut işlemler evresi”nin başlangıcına denk gelir (Piaget, 2000). Öğrenciler bu süreçte varsayımsal-dedüktif düşünme yeteneği geliştirebilir ve olayları yalnızca görünürdeki nedenleriyle değil, altında yatan sistemsel ilişkilerle birlikte değerlendirebilirler (Inhelder & Piaget, 1958).

Sosyal-duygusal gelişim açısından, Erikson'un psikososyal kuramına göre bu yaş grubu, “kimliğe karşı rol karmaşası” evresiyle örtüşmektedir (Erikson, 1968). Birey, benlik algısını inşa etmeye çalışırken, toplumsal çevresinden aldığı geri bildirimlere son derece duyarlıdır. Akran ilişkileri önem kazanır, aidiyet hissi ve sosyal kabul ihtiyacı belirginleşir. Ayrıca bireyin başarıya ilişkin öz yeterlik inancı ve öğrenmeye dair duyuşsal motivasyonu bu dönemde gelişmeye başlar (Bandura, 1997; Wigfield & Eccles, 2000).

Bu gelişimsel özelliklerin tamamı, STEM eğitiminin dinamik ve çok boyutlu doğasıyla yüksek düzeyde örtüşmektedir. Çünkü STEM uygulamaları yalnızca akademik bilgi aktarımına odaklanmaz; aynı zamanda öğrencinin kendi düşüncelerini ifade etmesini, grup içinde görev almasını, yaratıcı çözümler üretmesini ve ürün ortaya koymasını gerektirir. Bu da hem bireysel kimlik oluşumunu destekler hem de öğrencinin öz yeterlik inancını ve öğrenmeye yönelik olumlu tutumunu pekiştirir (Ekici, 2022).

Nitekim son yıllarda yapılan araştırmalar, bu yaş grubundaki öğrencilerin STEM uygulamalarına dahil edilmesinin, hem eleştirel düşünme ve sistemsel analiz becerilerini geliştirdiğini hem de kariyer yönelimi ve **öz güven** gibi sosyo-duygusal kazanımları desteklediğini ortaya koymaktadır (Evcim ve Umdu-Topsakal, 2019; Şahin vd., 2014).

Sonuç olarak, 11–14 yaş arası bireylerin eğitim süreçleri yalnızca içerik değil, aynı zamanda gelişimsel yapı ile de uyumlu biçimde planlanmalıdır. STEM eğitimi, bu dengeyi sağlayabilecek güçlü bir öğretim stratejisi sunar. Ancak bu stratejinin etkili olabilmesi için, öğrencilerin gelişimsel ihtiyaçlarına duyarlı, esnek, etkileşimli ve öğrenci merkezli öğrenme ortamları tasarlanmalıdır.

Bu bölümde, ortaokul çağındaki öğrencilerin gelişimsel özellikleri bilişsel,

sosyal-duygusal ve psikomotor boyutlarıyla ele alınacak; her bir gelişim alanının STEM uygulamalarıyla nasıl bütünleştirilebileceği örneklerle gösterilecektir

2.2.1. Bilişsel Gelişim Özellikleri (11–14 Yaş)

◆ Kuramsal Temel: Piaget ve Soyut İşlemler Dönemi

Ortaokul dönemi öğrencileri, Jean Piaget’nin bilişsel gelişim kuramına göre soyut işlemler dönemine (formal operational stage) geçiş yapmaya başlarlar. Bu evre, yaklaşık olarak 11 yaş civarında başlar ve bireyin zihinsel işlemlerinde önemli bir sıçrama ile karakterize edilir (Piaget, 2000; Inhelder & Piaget, 1958).

Önceki gelişim evresi olan somut işlemler döneminde (7–11 yaş), çocuklar yalnızca doğrudan gözlemleyebildikleri, fiziksel olarak manipüle edebildikleri nesneler ve olaylar üzerine akıl yürütebilirken; soyut işlemler döneminde artık görünmeyen, hayal edilen, varsayılan durumlar üzerinde düşünebilecek bilişsel esnekliğe ulaşırlar (Flavell, 1963; Papalia & Martorell, 2021).

Bu zihinsel dönüşüm, öğrencilerin STEM temelli öğrenme ortamlarına daha derinlemesine katılım göstermelerine imkân tanır. Zira STEM eğitimi, yalnızca doğru-yanlış cevaplar etrafında değil, aynı zamanda hipotez kurma, tahmin etme, çok yönlü analiz, seçenekler arasında karşılaştırma yapma gibi yüksek düzey bilişsel süreçler etrafında şekillenir.

Soyut İşlemler Döneminin Temel Özellikleri

◆ Hipotez Kurma Yeteneği

Bu dönemde öğrenci, yalnızca mevcut durumu değil; henüz gerçekleşmemiş ya da farklı senaryoları da akıl yoluyla yapılandırabilir. Bu, özellikle bilimsel sorgulama süreçlerinde (örneğin “bitkiler karanlık ortamda büyür mü?” gibi deneylerde) kullanılabilecek çok değerli bir bilişsel beceridir.

📌 *STEM Uygulaması:* Öğrenciden, bir problemi çözmeden önce “eğer ... olsaydı, ne olurdu?” sorusunu temel alarak hipotez üretmesi istenebilir. Örneğin, “Aracın aerodinamiği değişirse hız artar mı?”

◆ Varsayımsal-Dedüktif Akıl Yürütme

Soyut işlemler döneminin en ayırt edici özelliği olan varsayımsal-dedüktif akıl yürütme, öğrencilere bilimsel yöntemleri uygulama imkânı verir. Bu beceri, STEM'in yapılandırıcı doğasıyla yüksek oranda örtüşür (Lawson, 2001).

✚ *STEM Uygulaması:* Öğrenci, farklı değişkenleri (örneğin ısı, nem, ışık) kontrollü biçimde değiştirerek bir hipotezin testini yapar ve sonuçları çıkarımsal yollarla değerlendirir.

◆ Çoklu Değişkenleri Aynı Anda Değerlendirebilme

Bu yaş dönemindeki bireyler, artık birden fazla değişkenin bir olay üzerindeki etkisini aynı anda düşünebilir. Bu beceri, özellikle mühendislik tasarım sürecinde kritik önem taşır. Örneğin bir köprü tasarımı yaparken hem malzemenin dayanıklılığı hem de yapının dengesi birlikte düşünülmelidir.

✚ *STEM Uygulaması:* “Köprünün taşıma kapasitesini etkileyen üç farklı değişkeni (malzeme türü, uzunluk, şekil) belirle ve test et” gibi görevler bu beceriyi doğrudan destekler.

◆ Sistematik Problem Çözme Gelişimi

Soyut düşüncenin gelişmesiyle birlikte çocuklar, sistematik yollarla problem çözme adımlarını planlamayı ve uygulamayı öğrenir. Deneme-yanılma artık bilinçli ve amaçlı olarak gerçekleşmeye başlar.

✚ *STEM Uygulaması:* Mühendislik tasarım döngüsüne dayalı olarak (Tanımla → Fikir üret → Planla → Yap → Test et → Geliştir) yapılandırılmış etkinliklerde öğrenci, problem çözme süreçlerini sistematik olarak içselleştirir.

STEM Eğitimi Açısından Bilişsel Gelişimin Kritik Rolü

Bilişsel Beceriler	STEM'de Karşılığı
Soyutlama	Fiziksel olmayan süreçleri modelleme (örneğin enerji dönüşümü)
Nedensellik	“Bir değişken değiştiğinde sistem nasıl etkilenir?”

Bilişsel Beceriler	STEM’de Karşılığı
Sebep-sonuç ilişkisi kurma	Deneylerde bağımlı ve bağımsız değişkenleri ayırt etme
Sistemsel düşünme	Ekosistem simülasyonları, robot yazılım döngüleri
Grafik ve veri yorumlama	İstatistiksel görselleştirme, STEM raporları hazırlama

Eğitsel Uygulama İlkeleri

Öğretmenlerin bu dönemdeki öğrencilere yönelik STEM etkinliklerini tasarlarırken aşağıdaki bilişsel gelişim ilkelerine dikkat etmeleri önerilir:

İlke	Uygulama Örneği
Soyut düşünmeyi destekleme	Bilimsel senaryolar ve varsayım temelli görevler
Deney temelli öğrenmeyi teşvik etme	Laboratuvar çalışmaları, veri toplama ve hipotez test etme
Açık uçlu görevler verme	Birden fazla doğruya/çözüme izin veren tasarım problemleri
Sistematik düşünmeyi yapılandırma	Tasarım döngüsüne dayalı proje planlama (örneğin mühendislik süreç modeli)
Grafik okuryazarlığını geliştirme	Verileri grafiklere dönüştürme, görsel yorumlama görevleri

Sosyal Bilişsel Gelişim: Vygotsky ve ZPD’nin Genişlemesi (11–14 Yaş)

Ortaokul döneminde öğrenciler, sosyal ve bilişsel gelişim süreçlerinin bütüncül ve dinamik etkileşimi içerisinde öğrenirler. Bu çağ, sadece bireysel zihinsel kapasitenin değil; aynı zamanda sosyal etkileşimler yoluyla öğrenmenin de ivme kazandığı bir dönemdir. Vygotsky’nin öğrenme kuramı bu bağlamda, bireyin bilişsel gelişimini sosyokültürel bağlam içerisinde açıklaması bakımından STEM uygulamalarına doğrudan katkı sunar.

Yakınsak Gelişim Alanı (ZPD) ve Öğrenme Sıçramaları

Vygotsky’ye göre öğrenme, bireyin mevcut yeterlilik düzeyi ile sosyal çevresinin desteğiyle ulaşabileceği potansiyel düzey arasındaki “yakınsak gelişim alanı”nda gerçekleşir (Vygotsky, 1978). Bu alan, öğrencinin tek başına henüz

başaramadığı ama rehberlikle gerçekleştirebileceği görevleri kapsar.

İlkokulda ZPD, daha çok öğretmen ya da yetkin akran yönlendirmesi ile işlerken; ortaokulda öğrenci, bilişsel olgunluk kazandıkça bu rehberliği içselleştirmeye başlar. Vygotsky'nin tanımıyla bu evrede öğrenciler, “dışsal düzenleyicileri içselleştirme” sürecine girerler (Türkmenoğlu ve Baştuğ, 2017). Bu, STEM bağlamında öğrencinin artık sadece yönlendirilen değil; kendi öğrenmesini planlayan, değerlendiren ve organize eden bir birey olabileceği anlamına gelir.

Sosyal Bilişsel Kuramın Genelleşmiş Yansımaları

Ortaokul çağındaki öğrenciler için bilişsel gelişim, yalnızca zihinsel faaliyetlerin bir sonucu değil; aynı zamanda sosyal etkileşim, benlik algısı ve çevresel geri bildirimlerin bütünleşmesiyle gerçekleşir (Bandura, 1997). Bu nedenle, STEM uygulamalarının yalnızca bireysel öğrenmeye değil, aynı zamanda iş birliği, akran iletişimi ve sosyal sorumluluk boyutlarına da hitap etmesi gerekir.

“Öğrenci, çevresinden aldığı sosyal geri bildirimleri zihinsel düzenlemelerle işleyerek öğrenmeyi sürdürür. Bu süreç, sadece ‘ne öğrendiğini’ değil, ‘öğrenme eyleminin kendisini’ de geliştirir.”

— Bandura, 1997

ZPD'nin STEM Ortamlarında Genişleyen İşlevi

STEM sınıfları, ZPD'nin aktif biçimde çalıştığı ortamlardır. Özellikle problem çözme, deney tasarımı, mühendislik döngüsü gibi aşamalarda öğrenciler;

- Kendi bilişsel sınırlarını keşfeder,
- Grup üyelerinden destek alır,
- Öğretmenlerden stratejik geribildirim alarak becerilerini geliştirir,
- Ve sonunda bağımsız uygulayıcı konumuna gelirler.

Bu süreç, scaffolding (bilişsel iskele kurma) yaklaşımı ile desteklenir. Öğretmen önce yüksek düzeyde destek verir, daha sonra adım adım bu desteği geri çeker (Wood, Bruner & Ross, 1976). Ortaokul öğrencileri artık bu “iskeleleri” kaldırabildikleri ölçüde bağımsız düşünme ve uygulama becerileri geliştirirler.

🔗 STEM örneği:

- 5. sınıfta devreyi kurarken öğretmenin adım adım yönlendirmesi gerekirken,

- 7.sınıfta öğrenci artık kendi şemasını çizerek birden fazla bağlantı biçimini test edebilir.

STEM’de Öğrenci Özerkliği Destekleyen Uygulama Prensipleri

İlke	Uygulama Örneği
Gelişimsel rehberlik sağla	“Sorunun bir kısmını sen çöz, gerekirse birlikte diğer kısmına bakalım.”
Görevleri kademelendir	Önce örnekle çözüm → sonra benzer problemi birlikte çöz → sonra bağımsız görev
Akran desteğini aktif kullan	“En son deneyi anlatabilecek bir grup arkadaşınla fikir alışverişi yap.”
Özerkliğe geçişi kolaylaştır	Plan yapma formları, bireysel STEM günlükleri, öz değerlendirme araçları kullan

Bloom’un Revize Edilmiş Taksonomisi ile Entegrasyon (11–14 Yaş)

◆ Kuramsal Arka Plan

Benjamin Bloom’un 1956’da tanıttığı bilişsel alan taksonomisi, 2001 yılında Anderson ve Krathwohl tarafından yeniden düzenlenmiş ve daha işlevsel bir hâle getirilmiştir. Bu revizyonla birlikte, bilişsel süreçler artık eylem odaklı (fiil temelli) olarak tanımlanmakta ve hiyerarşik biçimde altı düzeyde sıralanmaktadır (Anderson & Krathwohl, 2001):

Hatırlama → Anlama → Uygulama → Analiz → Değerlendirme → Yaratma

Revize taksonomi, yalnızca bilgi edinimini değil; bilgiyi işleme, kullanma, analiz etme, karar verme ve yeni bir ürün ortaya koyma gibi üst düzey bilişsel becerileri de hedeflemektedir. Bu yapı, STEM eğitiminde öğrenme hedeflerinin planlanması, etkinlik tasarımı ve değerlendirme süreçlerinin yapılandırılması açısından güçlü bir yol haritası sunar (Forehand, 2010; Şeker, 2010).

Ortaokul Öğrencilerinin Bilişsel Düzeyi ve Bloom

Ortaokul öğrencileri, gelişimsel olarak artık yalnızca “anlama” ve “uygulama” düzeylerinde değil; “analiz”, “değerlendirme” ve “yaratma” düzeylerinde de performans gösterebilecek zihinsel esnekliğe sahiptirler (Papalia & Martorell, 2021; Kuhn, 2009). Bu nedenle STEM etkinlikleri, öğrencinin düşünme

derinliğini artıracak şekilde farklı düzeylerde yapılandırılmalıdır.

Aşağıdaki tablo, her düzeyin tanımını ve ortaokul düzeyi için uygun STEM örneklerini özetlemektedir:

Bloom Düzeyleri ve Uygun STEM Görevleri

Bloom Düzeyi	Tanım	STEM Uygulaması Örneği
Hatırlama	Bilgiyi geri çağırma, tanıma	Elektrik devresi sembollerini yazma, temel ölçü birimlerini ezberleme
Anlama	Bilgiyi yorumlama, özetleme	Bir deneyde kullanılan malzemeleri ve işlevlerini açıklama
Uygulama	Bilgiyi yeni durumlarda kullanma	Devre şeması çizerek kendi devresini kurma
Analiz	Bilgiyi parçalara ayırma, ilişkileri tanıma	Devrede ampul yanmıyorsa hatayı tespit etme ve nedeni açıklama
Değerlendirme	Kriterlere göre karar verme, savunma yapma	İki farklı enerji kaynağını (güneş-rüzgar) verimlilik açısından karşılaştırma ve uygun olanı seçme
Yaratma	Yeni bir ürün veya özgün çözüm oluşturma	Su israfını önlemek için sensörlü otomatik sulama sistemi tasarlama

STEM Dersleriyle Taksonomi Eşleşmesi: Uygulamalı Senaryolar

Fen Bilimleri – “Yalıtım Deneyi”

- **Anlama:** Isı yalıtımı nedir?
- **Uygulama:** 3 farklı malzeme ile sıcaklığı muhafaza etme deneyi yap
- **Analiz:** Hangi malzeme daha iyi yalıtım sağladı?
- **Değerlendirme:** En verimli/ekonomik olan malzeme hangisidir?
- **Yaratma:** Kendi yalıtım sistemini tasarla ve sunum hazırla

♥ Matematik – “Oran-Orantı ve Robotik”

- **Anlama:** Dişli oranlarını açıkla
- **Uygulama:** Dişli oranına göre motor hızını ayarla
- **Analiz:** Farklı oranların çıktıya etkisini test et
- **Yaratma:** Belirli görevi olan bir robot tasarla

Pedagojik Tasarım İlkeleri: Bloom Tabanlı STEM Planlama

İlke	Uygulama Önerisi
Bilişsel derinliği kademeli artır	Önce kavramı açıkla, sonra uygula, ardından analiz et ve yeniden tasarla
Çoklu düzeylere aynı etkinlikte yer ver	Bir deney hem uygulama hem analiz hem de yaratma aşamalarını içerebilir
Görevleri çeşitlendir	“Hatırlama” düzeyine sıkışmadan öğrencileri üst düzey düşünmeye yönlendir
Bireysel ve grup çalışmalarını dengele	Yüksek düzey görevlerde takım tabanlı proje çalışmaları etkili olur
Süreç değerlendirme araçları kullan	Her düzey için öz değerlendirme ve rubrikler hazırlanarak düşünme derinliği izlenebilir

2.2.2. Sosyal ve Duygusal Gelişim Özellikleri (11–14 Yaş)

Ortaokul dönemi, bireyin çocukluk rollerinden uzaklaşarak toplumsal kimliğini yeniden inşa etmeye başladığı, duygularını tanımayı ve yönetmeyi öğrenmeye çalıştığı bir geçiş sürecidir. Biyolojik olarak ergenliğe girilmesiyle birlikte hormonal değişiklikler, beynin özellikle prefrontal korteks ve limbik sistem bölgelerinde gelişim ve yeniden yapılanma gibi fizyolojik temelli değişimlerin duygular üzerinde etkisi artar (Blakemore & Mills, 2014; Dahl vd., 2018). Bu değişiklikler, davranışsal dürtülerde artış, duygusal dalgalanmalar, kimlik arayışı ve sosyal kaygılarda artış gibi belirtilerle kendini gösterebilir.

Öğrenciler bu dönemde:

- Akranlarının düşüncelerine ve onayına daha fazla önem verir,
- Grup içindeki sosyal roller konusunda daha duyarlıdır,
- Eleştiriye karşı daha hassas ama yapılandırıcı geri bildirimde daha açıktır,

- Empati yetenekleri gelişmeye başlamış, ancak hâlâ kendi benlik merkezli bakış açısıyla sınırlı olabilirler (Eisenberg vd., 2005).

Dolayısıyla, bu yaş aralığında öğrencilere güvenli, destekleyici, sosyal etkileşimi teşvik eden ve duygusal ifadeye açık öğrenme ortamları sunmak hayati önem taşır. STEM eğitimi bu noktada yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duygusal ve sosyal becerileri geliştirmek için güçlü bir araçtır.

Erikson’un Kuramına Genişletilmiş Yaklaşım: Kimlik ve Rol Karmaşası

Erikson’un sekiz evreli psikososyal gelişim kuramında 12–18 yaş aralığı, “kimliğe karşı rol karmaşası” (identity vs. role confusion) dönemi olarak tanımlanır (Erikson, 1968). Öğrenciler bu evrede kişisel değerlerini sorgulamaya, kendilerini başkalarıyla kıyaslamaya ve “ben kimim?” sorusunu daha sık sormaya başlar.

Bu bağlamda öğrenciler, yalnızca ders başarısı ile değil; başarıya dair duygusal tepkilerle, kendilik algısı, grup içi ilişkilerdeki deneyimleri **ve özerklik ihtiyacı** ile de kimliklerini şekillendirirler (Kroger, 2007).

STEM ile destekleme yolları:

- Kendi ürününü tasarlamak → “Ben bunu yapabildim!” ifadesi → öz yeterlik
- Rol almak ve gruba katkı sağlamak → “Ben grup içinde işe yararım.” → sosyal aidiyet
- Problemleri çözmek → “Ben yaratıcı biriyim.” → akademik benlik inşası

CASEL Modeli Bağlamında Derinlemesine Sosyal-Duygusal Yeterlikler

CASEL (2020) tarafından tanımlanan beş temel sosyal-duygusal yeterlik, ortaokul çağındaki öğrenciler için somut, uygulanabilir STEM bağlamlarına entegre edilebilir:

CASEL Alanı	Derinlemesine Tanım	STEM Etkinliğiyle Entegrasyon
Öz Farkındalık	Kendi güçlü ve zayıf yönlerini tanıma, duygularını tanımlama	“Bu projede en çok neyi başarabildim? Neyi geliştirmeliyim?” refleksiyon formu
Öz Yönetim	Hedef belirleme, dikkatini sürdürme, öz disiplin gösterme	Proje zaman çizelgesi oluşturma ve uygulama sürecinde kişisel plan yapma
Sosyal Farkındalık	Empati kurma, farklılıkları anlama, adalet duygusu geliştirme	“Toplumsal sorunlara çözüm üreten bir STEM projesi” (örneğin dezavantajlı bireyler için tasarım)
İlişki Kurma	Etkili iletişim kurma, aktif dinleme, iş birliği geliştirme	Grup üyeleriyle ortak karar alma, tartışma yürütme, akran mentörlüğü
Sorumlu Karar Alma	Ahlaki ilkeler çerçevesinde karar verme, sonuçlarını öngörerek seçim yapma	“Bu malzeme doğa dostu mu?” gibi etik kararlar içeren STEM görevleri

STEM Uygulamaları ile Sosyal-Duygusal Gelişim Nasıl Güçlendirilir?

STEM uygulamaları, özellikle proje temelli öğrenme yapılarıyla öğrencilerin benlik algısını geliştirmesine, başarı deneyimi yaşamasına, duygusal dayanıklılığını artırmasına ve toplumsal sorumluluk bilinci kazanmasına olanak tanır (Zins vd., 2004; Mahoney, 2021).

Sosyal-Duygusal Beceri	STEM Uygulamasıyla Gelişimi
Empati ve sosyal farkındalık	Engelli bireyler için çözümler içeren proje tasarımı
Öz güven	Ürününü sınıfa sunarak takdir görme, öğretmen geribildirimini alma
Akran iletişimi	Grup tartışmaları, iş bölümü yapma, liderlik ve ekip yönetimi deneyimi

Sosyal-Duygusal Beceri	STEM Uygulamasıyla Gelişimi
Duygusal düzenleme	Prototip başarısız olduğunda duygusal kontrol, yeniden deneme için motivasyon oluşturma
Aidiyet hissi	Bilim şenliklerinde ekip üyeliği, proje gruplarında ortak kimlik kazanımı

Örnek STEM Etkinliği: “Toplum İçin Tasarım”

- **Yaş grubu:** 12–14
- **Amaç:** Sosyal fayda gözetken bir mühendislik çözümü üretmek
- **Görev:** “Okulda sessizce konuşmak isteyen öğrenciler için portatif ses geçirmez çalışma alanı tasarla.”
- **Beceri geliştirme alanları:** Empati, iş birliği, liderlik, karar alma, öz değerlendirme

2.2.3. Psikomotor Gelişim Özellikleri (11–14 Yaş)

◆ Gelişimsel Temel: Ergenlikte Motor Becerilerin Evrimi

11–14 yaş arası dönem, bireyin psikomotor gelişiminde çocukluk düzeyinden ergenlik düzeyine geçişin gerçekleştiği, bu geçişin ise yalnızca fiziksel değil aynı zamanda nörolojik, bilişsel ve duyuşsal bileşenlerle bütünleşik olarak işlediği bir evredir. Bu süreçte bireyin motor becerileri daha planlı, koordineli, çok aşamalı ve hedef odaklı hâle gelmeye başlar (Gallahue, Ozmun, & Goodway, 2012).

Birey bu yaş aralığında sadece bir hareketi gerçekleştirmekle kalmaz, aynı zamanda:

- Hareket öncesi zihinsel planlama yapabilir,
- Hedefe yönelik adımlar oluşturabilir,
- Gözlem yoluyla öğrenilen hareketleri daha isabetli ve detaylı şekilde taklit edebilir,
- Araç, cihaz ve dijital yazılım gibi **çok bileşenli sistemleri** eş zamanlı kontrol edebilir (Payne & Isaacs, 2020; Pekel, 2023).

Bu dönemde beyindeki motor korteks, serebellum ve prefrontal korteks ara-

sında kurulan sinaptik bağlantılar gelişir; bu da hem motor hızı ve isabet oranı hem de zihinsel kontrolle hareket koordinasyonu arasında güçlü bir ilişki kurar (Diamond, 2013).

“Ergenlik dönemi motor gelişimi, yalnızca kasların değil; karar alma, dikkat, planlama ve değerlendirme becerilerinin koordinasyon içinde geliştiği çoklu sistemli bir yapıdır.”

— Diamond (2013)

Motor Becerilerin Bilişsel Gelişimle Entegrasyonu

Ortaokul öğrencilerinin psikomotor becerileri artık yalnızca refleksif ya da deneyimsel temelli değil, kognitif süreçlerle bütünleşmiş şekilde ortaya çıkar. Bu yaş grubundaki öğrenciler, bir görev öncesinde:

- Gözlem yapar,
- Alternatif yolları zihninde canlandırır,
- En uygun çözüm adımını planlar,
- Motor becerisini bu planla uyumlu şekilde kullanır (Gabbard, 2021).

Bu bilişsel-motor entegrasyon STEM ortamlarında kendini şu şekilde gösterir:

- El-göz koordinasyonu kullanılarak ölçüm yapmak,
- Kodlama platformu kullanarak fiziksel bir sistem kurmak (Arduino, LEGO Mindstorms),
- Malzeme seçimini problemin niteliğine göre belirleyerek mekanik bir prototip üretmek.

“Planla–Uygula–Test et–Düzeltil” döngüsü, psikomotor gelişimin yüksek düzey bilişsel destekle optimize edildiği bir STEM öğrenme modelidir.

— Schmidt & Wrisberg (2008)

Yaşa Özgü Motor Yetkinlikler ve Gelişimsel Sıçramalar

Yaş	Temel Psikomotor Özellikler	Gözlenebilir STEM Davranışı
11	Basit montaj becerileri, geometrik çizimlerde daha fazla isabet	Karton köprü veya iskelet yapı tasarımı
12	İki elde senkronize hareket, dikkatli montaj	Devre elemanlarını yerleştirme, sensör takma

Yaş	Temel Psikomotor Özellikler	Gözlenebilir STEM Davranışı
13	Dönüşüm hareketleri, yazılım ve donanım eşgüdümü	Arduino motor kodlaması ve fiziksel test entegrasyonu
14	Karmaşık yapı inşası, araç-gereç kullanımında hassasiyet	Hidrolik düzenek tasarımı, 3D yazıcıyla ürün baskısı ve kalibrasyonu

Kuramsal Temel ve Psikomotor Alan Taksonomisi

Simpson'un (1972) psikomotor taksonomisi, motor becerilerin öğrenilme sürecini 6 düzeyde açıklar. Bu düzeyler, özellikle ortaokul çağında STEM öğrenme süreçleriyle doğrudan örtüşmektedir:

Düzyey	Tanım	STEM Karşılığı
Algılama	Uyarıcıları ayırt etme	Malzemeleri tanıma, devre parçalarını sınıflama
Hazırlık	Harekete geçmeden önce bilişsel hazırlık	Proje planı çizme, alet yerleşimini yapma
Yönlendirilmiş tepki	Deneme-yanılma ile hareket etme	İlk prototipi kurma, öğretmen destekli uygulama
Mekanikleştirme	Otomatikleştirme	Bağımsız olarak devre kurma, test etme
Kompleks tepki	Zor hareketleri koordinasyonla gerçekleştirme	Kod–devre–sensör entegrasyonunu hatasız tamamlayabilme
Uyum	Beceriye yeni bağlamlara transfer etme	Malzeme değiştiğinde yeni strateji ile prototipi yeniden oluşturma

STEM Eğitimiyle Psikomotor Becerilerin Geliştirilmesi

Uygulama Örneği 1: Makey Makey ile Dijital Enstrüman Yapımı

- **Motor Beceriler:** Tel bağlama, iletken yüzey hazırlama, sıralı devre bağlantısı
- **Zihinsel Süreç:** Müzikal frekanslarla bağlantılı matematiksel

hesaplama

- **Üst Kazanım:** Motor koordinasyon + sistem mantığı

Uygulama Örneği 2: Geri Dönüştürülebilir Malzemeden Su Arıtma Prototipi

- **Motor Beceriler:** Kesme, delme, sızdırmazlık testleri
- **Zihinsel Süreç:** Filtreleme mantığının simülasyonu
- **Üst Kazanım:** Doğa dostu çözüm üretme + uygulamalı mühendislik

Uygulama Örneği 3: 3D Yazıcı ile Nesne Basımı ve Kalibrasyon

- **Motor Beceriler:** Yazıcı tablası hizalama, filament yükleme
- **Zihinsel Süreç:** 3D model oluşturma, yazılım-hardware eşgüdümü
- **Üst Kazanım:** Planlama + ürün geliştirme + mekanik okuryazarlık

2.3. Bilişsel, Sosyal ve Duyuşsal Gelişim Açısından STEM Uygulamaları

Genişletilmiş Giriş: Gelişimsel Temelli Entegre Öğrenme Yaklaşımı Olarak STEM

STEM eğitimi, yalnızca dört disiplini (Science, Technology, Engineering, Mathematics) bir araya getiren bir içerik entegrasyonu değil; aynı zamanda öğrencinin zihinsel, sosyal ve duyuşsal gelişim alanlarını eş zamanlı olarak harekete geçiren ve bu alanlar arasında karşılıklı etkileşim yaratan çok katmanlı bir öğrenme yaklaşımıdır (Beers, 2011; Honey vd., 2014)).

Özellikle ilköğretim çağındaki çocuklar için yapılandırılan STEM etkinlikleri, gelişimsel olarak bu yaş grubunun sahip olduğu yüksek merak, keşfetme isteği, sosyal etkileşim ihtiyacı ve başarıya yönelik içsel motivasyon gibi özelliklerle doğal bir uyum içindedir (Papalia & Martorell, 2021). Bu sayede, STEM ortamları yalnızca bilişsel becerilerin değil; ilişki kurma, iş birliği, empati, öz düzenleme, öz güven ve öğrenmeye yönelik tutum gibi kritik gelişim alanlarının da destekleyici bir aracı hâline gelir (Immordino-Yang vd., 2019).

“Öğrenme; yalnızca nedendiğümüzü değil, nasıl düşündüğümüzü, kiminle düşündüğümüzü ve bu süreçte nasıl hissettiğimizi de içerir. Bu nedenle etkili öğrenme ortamları, bireyin duygusal ve sosyal varlığını da hesaba katmalıdır.”
—Immordino-Yang vd., 2019

Ayrıca bilişsel bilimler ve nöropedagoji alanındaki araştırmalar, bilişsel, sosyal ve duyuşsal süreçlerin birbirinden ayrıştıramaz olduğunu, hatta öğrenmenin etkinliğinin bu üç bileşenin entegrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Zins et al., 2004; Durlak et al., 2011). STEM etkinlikleri, bu çoklu alanları aynı anda aktive eden problemler, görevler ve sosyal öğrenme durumlarıyla öğrenci gelişiminin bütüncül biçimde desteklenmesini sağlar.

🔗 STEM Etkinliklerinin Çok Boyutlu Doğası

STEM tabanlı öğrenme ortamları, genellikle şu gelişim alanlarını eş zamanlı olarak uyarır:

Gelişim Alanı	Destekleyici Öğrenme Süreci
Bilişsel	Problem çözme, model kurma, deney tasarımı, veri analizi
Sosyal	Grup içi iş birliği, iletişim, karar verme, ortak hedef oluşturma
Duyuşsal	Öz güven, öz yeterlik, duygusal dayanıklılık, içsel motivasyon, empati

Her etkili STEM uygulaması, bu üç gelişim alanının birbirini tetiklediği ve bütünsel olarak işlediği bir öğrenme deneyimi sunar. Bu yönüyle STEM, yalnızca bir akademik içerik değil; aynı zamanda öğrenciyi hayata ve geleceğe hazırlayan çok yönlü bir gelişim aracıdır (NRC, 2012; Mahoney vd., 2021).

1. Bilişsel Gelişim Açısından STEM

STEM eğitimi, öğrencilerin bilişsel gelişim süreçlerini sadece yüzeysel bilgi kazanımıyla sınırlamaz; aksine onları problem çözme, neden-sonuç ilişkisi kurma, modelleme, strateji geliştirme ve yeni bilgi üretme gibi yüksek düzey düşünme becerilerinin merkezine yerleştirir. Bu yönüyle STEM, Piaget'nin yapılandırmacı yaklaşımına uygun olarak bireyin bilgiyi pasif biçimde almadığı, aktif olarak inşa ettiği bir öğrenme modeli sunar (Piaget, 2000).

Aynı zamanda STEM, Bloom'un revize edilmiş taksonomisi (Anderson & Krathwohl, 2001) temelinde, bilişsel gelişimi altı düzeyde destekleyecek biçimde yapılandırılabilir:

Hatırlama → Anlama → Uygulama → Analiz → Değerlendirme → Yaratma

Bu yapı, öğrencilerin sadece ne öğrendiğini değil, aynı zamanda **öğrendiklerini nasıl kullandıklarını** ve bu bilgilerle nasıl yeni çözümler ürettiklerini de içeren bir bilişsel gelişim yolculuğuna katkı sağlar.

STEM ile Geliştirilen Bilişsel Beceriler

1. Hipotez Kurma ve Test Etme

Öğrenciler bilimsel yöntem temelli görevlerde, bir olayın olası nedenlerini belirler, bunlara dayalı hipotez kurar ve deneysel yollarla test eder.

✂ *Örnek:* “Farklı zemin malzemeleri ışık geçirgenliğini nasıl etkiler?”

2. Algoritmik Düşünme

Özellikle kodlama, robotik ve veri akışıyla ilgili STEM uygulamalarında öğrenciler belirli bir problemi adım adım çözümleyerek algoritmalar geliştirir.

✂ *Örnek:* Scratch kullanarak trafik ışığı simülasyonu oluşturmak.

3. Veri Okuryazarlığı ve Yorumlama

Öğrenciler, deney sonuçlarını tabloya döker, grafik çizer, değişkenler arasındaki ilişkiyi yorumlar. Bu, STEM'in ölçme ve değerlendirme yönünü de içerir.

✂ *Örnek:* Sıcaklık değişiminin bitki büyümesine etkisini grafiklerle yorumlama.

4. Sistemsel Düşünme

Bir problemin bileşenlerini anlamakla kalmaz, bu bileşenler arasındaki etkileşimleri kavrayarak sistemi bir bütün olarak analiz ederler.

✂ *Örnek:* Geri dönüşüm döngüsünün bir simülasyonunu oluşturmak.

5. Eleştirel Düşünme ve Karar Verme

Öğrenciler birden fazla çözüm yolu üretir, her seçeneğin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırır, etik ve işlevsel değerlendirmeler yapar.

✂ *Örnek:* Su arıtma sistemi tasarlarlarken hangi filtre sisteminin daha etkili olduğuna karar verme.

Uygulamalı Senaryo: Isı Yalıtımı Projesi

Görev Tanımı: Öğrenciden ısıyı en iyi yalıtın malzemeyi bulup bir yalıtım sistemi tasarlaması istenir.

Bilişsel Süreç	Öğrenci Etkinliği
Hatırlama	Isı iletkenliği, yalıtkan malzemeler gibi kavramları geri çağırma
Anlama	Malzemelerin ısıyı nasıl ilettiğini açıklama
Uygulama	Malzemelerle yalıtım deneyi kurma ve ölçüm yapma
Analiz	Hangi malzemenin daha etkili olduğunu belirlemek için sıcaklık değişimlerini analiz etme
Değerlendirme	Ekonomiklik, erişilebilirlik gibi faktörleri göz önünde bulundurarak en uygun malzemeyi seçme
Yaratma	Yalıtımı en verimli şekilde sağlayan bir ürün tasarlama ve sunumunu gerçekleştirme

Bu etkinlik, yalnızca bilgi kullanımı değil, aynı zamanda bilişsel süreçlerin planlama, gözlem, değerlendirme ve yenilik üretimi gibi daha karmaşık düzeylerini içerir.

Nörobilimsel Perspektif: STEM ve Beyin Aktivasyonu

Araştırmalar, STEM uygulamalarının öğrencilerin ön lob (problem çözme), parietal lob (uzamsal düşünme), temporal lob (veri yorumlama) ve motor korteks (prototipleme) gibi farklı beyin bölgelerini eş zamanlı olarak aktive ettiğini ortaya koymaktadır (Sousa, 2016). Bu etkileşim, hem bilişsel plastisiteyi artırmakta hem de uzun vadeli öğrenmeyi desteklemektedir.

Pedagojik Öneriler: Bilişsel Olarak Zengin STEM Ortamları İçin

Uygulama İlkesi	Açıklama
Açık uçlu sorular sorun	“Başka nasıl bir çözüm üretilebilir?” gibi soru türleriyle analiz ve yaratıcılığı teşvik edin
Süreci görselleştirin	Zihinsel şema çizmeyi, deney akış grafikleri oluşturmayı özendirin
Farklılaştırılmış görevler sunun	Öğrencilerin bilişsel hazırbulunuşluk düzeylerine göre farklı zorlukta görevler hazırlayın
Problem bağlamını çeşitlendirin	Gerçek yaşam problemlerini dersle ilişkilendirerek daha derin düşünmeyi teşvik edin

Sosyal Gelişim Açısından STEM

Sosyal gelişim, bireyin başkalarıyla etkili, sorumlu ve iş birliğine dayalı ilişkiler kurma kapasitesini kapsar. Ortaokul dönemi, bu kapasitenin hızla geliştiği ve akran ilişkilerinin kimlik gelişiminde merkezi rol oynadığı bir dönemdir (Erikson, 1968; Steinberg, 2017). Bu bağlamda STEM uygulamaları, bireyin sosyal gelişimini sadece destekleyen değil, doğrudan gelişimsel bağlamda şekillendiren bir öğrenme ortamı sunar.

◆Kuramsal Temeller

Vygotsky’nin sosyokültürel kuramı, öğrenmenin sosyal etkileşim içinde, özellikle daha yetkin bireylerle iletişim kurularak geliştiğini savunur. Bu, STEM’in iş birlikli öğrenme modeliyle birebir örtüşür. Öğrenciler grup içinde birlikte tasarlar, üretir, test eder ve değerlendirir.

Slavin’in iş birlikli öğrenme kuramı ise, öğrencilerin bir gruba ait olarak sorumluluk aldıkları ve karşılıklı bağımlılıkla çalıştıkları durumlarda hem akademik hem sosyal gelişimin arttığını göstermiştir (Slavin, 2010).

“STEM sınıfı, öğrencilerin bilgi paylaşımı, görev paylaşımı ve birlikte problem çözme yoluyla yalnızca akademik değil; aynı zamanda sosyal becerilerini de geliştirdikleri bir etkileşim alanıdır.”

— Wentzel, 2015

STEM Yoluyla Geliştirilen Sosyal Beceriler

Sosyal Beceri	STEM Uygulamasındaki Karşılığı
Akran etkileşimi	Grup projelerinde görev paylaşımı, ürün planlama aşamasında fikir alışverişi
Etkili iletişim	Teknik rapor oluşturma, ürün sunumu, grup tartışması
Ortak karar alma ve uzlaşma	Malzeme seçimi, tasarım değişikliği kararları, zaman planlaması
Çatışma yönetimi ve liderlik	Fikir ayrılığı durumunda çözüm üretme, ekip lideri rolü üstlenme
Toplumsal fayda düşüncesi	Engelli bireylere, çevreye veya topluma hizmet eden projeler geliştirme

Uygulamalı Senaryo: “Görme Engelliler İçin Yönlendirme Sistemi”

Görev: Öğrencilerden, okulda görme engelli bireylerin bağımsız hareket edebilmesi için sesli ve dokunsal bir yönlendirme sistemi tasarlamaları istenir.

Süreç Adımları:

1. **Grup oluşturma ve görev dağılımı:** Her öğrenci teknik, iletişim veya prototip geliştirme rollerinden birini üstlenir.
2. **Empati geliştirme:** Öğrenciler, engelli bireylerin günlük yaşam zorlukları hakkında belgesel izler, araştırma yapar veya okuldaki özel gereksinimli bireylerle röportaj gerçekleştirir.
3. **Tasarım süreci:** Fikir geliştirme → prototip üretme → test etme → iyileştirme
4. **Sunum ve toplulukla paylaşım:** Okul panosunda veya bilim şenliğinde tanıtım yapılır.

Kazanımlar:

- Grup içinde eşit sorumluluk alma

- Gerçek bir sosyal sorun üzerine empatik çözüm üretme
- Liderlik, fikir alışverişi ve sunum becerisi geliştirme

STEM Sosyal Gelişim Sürecinde Öğretmenin Rolü

Öğretmen Uygulama Stratejisi	Açıklama
Rol tanımlama	Her grupta lider, araştırmacı, tasarımcı, zaman yöneticisi gibi roller belirlenmeli
Sosyal etkileşimi izleme ve destekleme	Akran çatışmalarında yapıcı müdahale, iş birliğine teşvik
Yansıtıcı değerlendirme uygulama	“Grubumuz bugün nasıl çalıştı?”, “Ben grup çalışmasına ne kattım?” soruları
Akran değerlendirmesi süreci yürütme	Öğrenciler birbirlerinin katkılarını tanımlar ve geribildirim verir

Toplumsal Sorumluluk ve Empati Odaklı STEM Temaları

Tema	Sosyal Gelişim Katkısı
Çevre Koruma	Sorumluluk alma, doğal kaynak bilinci
Erişilebilirlik	Empati geliştirme, eşitlik duyarlılığı
Afet Bilinci ve Hazırlık	Kriz durumlarında çözüm geliştirme, dayanışma bilinci
Sağlık Teknolojileri	Başkalarının ihtiyaçlarını tanıma ve çözüm üretme

2.3.3. Duyuşsal Gelişim Açısından STEM

Duyuşsal gelişim, bireyin hem içsel hem de çevresel etkenlerle başa çıkabilmesini sağlayan **öz farkındalık, öz düzenleme, motivasyon, öz yeterlik ve duygusal dayanıklılık** gibi becerilerin gelişimini ifade eder (Arseven, 2016; Papalia & Martorell, 2021). Ortaokul çağındaki bireyler, duygularını anlamaya, ifade etmeye ve düzenlemeye yönelik gelişimsel bir geçiş evresindedir. Bu nedenle öğrenme ortamlarının yalnızca akademik değil, aynı zamanda duygusal ihtiyaçlara da duyarlı şekilde planlanması gerekir.

STEM eğitimi, öğrencilerin hem bilişsel hem de duyuşsal düzeyde aktif ol-

masını gerektiren bir yapıya sahiptir. Bu yapı sayesinde öğrenciler sadece problem çözme öğrenmez, aynı zamanda **başarma duygusu, kendine güven, hata sonrası öğrenme, kararlılık, sabır ve azim** gibi önemli duygusal yeterlikleri de deneyimleme şansı bulurlar (Bandura, 1997; Immordino-Yang, 2019).

“Öğrenciler, mantıklı düşünmenin yanında ne hissettiklerini ve duygularını nasıl yönettiklerini de öğrenme sürecine dâhil ettiğinde, öğrenme daha kalıcı ve anlamlı hâle gelir.”

— Immordino-Yang vd., 2019

STEM Yoluyla Geliştirilen Duyuşsal Yeterlikler

Duyuşsal Yetkinlik	STEM Uygulamasındaki Görünümleri
Öz güven ve öz yeterlik	Ürününü başarıyla sunma, çözüm önerisinde bulunma, grup içinde görev alma
Duygusal esneklik	Başarısız prototip sonrası yeniden deneme kararlılığı
İçsel motivasyon	Projeye gönüllü katılım, fazladan zaman ayırma, sorumluluğu üstlenme
Merak ve öğrenmeye açıklık	Yeni teknolojileri deneme, farklı çözüm yolları üretme isteği
Kendini ifade etme	Proje sunumu yapma, fikirlerini savunma, akran geribildirim alma ve verme

Uygulama Örneği: STEM Sergisi – “Kendi Ürününü Sun”

Senaryo: Öğrencilerden küçük gruplar hâlinde özgün bir STEM projesi geliştirmeleri ve bu projeyi bir okul STEM sergisinde sunmaları istenir.

Süreç:

1. **Fikir geliştirme:** Kendi yaşamlarından anlamlı bir problemi belirlerler.
2. **Tasarım ve üretim:** Projeyi planlar, test eder ve sonuçları değerlendirirler.

3. **Sunum:** Hazırladıkları posterini ya da ürünü sınıfa, okul müdürüne veya ailelerine tanıtırlar.
4. **Geribildirim:** Ziyaretçilerden geribildirim alırlar.

Duyuşsal Kazanımlar:

- Kendi düşüncesini temsil etme ve savunma
- **Ürününe sahip çıkma ve takdir edilme duygusuyla öz güvenin artması**
- Geribildirim alma, geliştirme motivasyonunun uyanması
- Topluluk önünde konuşma cesareti ve sosyal görünürlük

Kuramsal Temeller

◆ Bandura'nın Öz Yeterlik Kuramı

Bandura'ya göre öz yeterlik, bireyin belirli bir görevi başarıyla gerçekleştirme kapasitesine olan inancıdır (Bandura, 1997). Öğrenciler, STEM etkinliklerinde başarı deneyimi yaşadıkça öz yeterlikleri gelişir. Bu da gelecekteki öğrenme ve görev almaya yönelik motivasyonlarını artırır.

◆ Damasio & Immordino-Yang: Duygu-Biliş Etkileşimi

Nöropedagoji alanında yapılan araştırmalarda, duygusal durumların bilişsel işlemleri doğrudan etkilediği; özellikle **ön lob ve limbik sistem** etkileşimiyle öğrenmenin duygusal içerikli deneyimlerle pekiştiği belirtilmiştir (Immordino-Yang, 2019). STEM uygulamaları, öğrencinin sürece duygu katmasına izin vererek öğrenmenin kalıcılığını ve anlamını artırır.

STEM Öğretiminde Duyuşsal Alanı Destekleyici Pedagojik Stratejiler

Strateji	Açıklama / Uygulama Örneği
Süreç odaklı değerlendirme	Sadece sonuç değil, gelişim ve deneme çabaları da takdir edilmelidir
Duygusal güven ortamı oluşturma	Hataların öğrenmenin parçası olduğu mesajı açıkça verilmeli

Strateji	Açıklama / Uygulama Örneği
Öğrenci sesine alan açma	Öğrencinin proje planına dair fikirlerini paylaşabileceği bir platform sağlanmalı
Yansıtıcı günlük uygulamaları	“Bu hafta STEM çalışmasında en çok neyle gurur duydum?” gibi sorularla öz farkındalık geliştirme
Görünür başarıyı teşvik etme	Ürün sergisi, afiş, sınıf içi takdir köşeleri ile görünürlük sağlama

2.4. Gelişimsel Uygunluk İlkeleriyle STEM Tasarımı

STEM eğitiminin etkili ve anlamlı olabilmesi, yalnızca disiplinler arası içeriğin bütünleşmesiyle değil; aynı zamanda öğrencilerin gelişimsel özelliklerine duyarlı biçimde yapılandırılmasıyla mümkündür. Öğrencinin içinde bulunduğu yaş ve gelişim dönemine uygun olmayan STEM uygulamaları, öğrencide yetersizlik hissi, motivasyon kaybı ve öğrenme isteksizliği yaratabilir (Tomlinson, 2014).

Bu nedenle STEM öğretiminin planlanmasında, öğrencilerin bilişsel hazır bulunuşluğu, duygusal yeterliliği, sosyal katılım düzeyi ve motor becerileri göz önünde bulundurulmalı; her etkinlik gelişimsel olarak “uygun zorlukta” olmalıdır (Bredekamp & Copple, 2009).

“Gelişimsel uygunluk, öğrenciyi zorlayan ama aşırı zorlamayan, destekleyen ama bağımlı bırakmayan bir öğrenme dengesi sunar.”

— Bredekamp (2011)

Gelişimsel Uygunluk İlkeleri: Kuramsal Temel

- 1. Piaget’ye göre** öğrenme, bireyin mevcut bilişsel şemalarını zorlayarak ve yeni yaşantılarla dengeleyerek gerçekleşir. STEM etkinlikleri, öğrencinin mevcut bilgi düzeyine “yakın ama biraz üstünde” olmalıdır.
- 2. Vygotsky’ye göre** öğrenme, bireyin yakınsak gelişim alanında gerçekleşir. Öğrenci, rehberlikle yapabildiği görevleri zamanla bağımsız olarak yapabilir. Bu da STEM’de öğretmen rehberliğinin önemini ortaya koyar.
- 3. Erikson’un kuramı**, duygusal gelişim açısından her yaşın gelişimsel gö-

revinin farklı olduğunu vurgular. Örneğin ortaokul öğrencileri için “yetkinlik gösterme” ve “kimlik oluşturma” çok önemlidir. STEM görevlerinin bu ihtiyaçları karşılayacak biçimde yapılandırılması gerekir (Erikson, 1968).

STEM Etkinliklerinin Gelişimsel Uygunluk Açısından Planlanması

Bilişsel uygunluk

Yaş Grubu	Uygun Bilişsel Beceriler	STEM Görev Önerisi
6–8 yaş	Somut işlem, sınıflama, gözlem	Sıvıların hacmini karşılaştırma, mıknatısla keşif
9–11 yaş	Problem çözme, temel veri okuma	Sıcaklık ölçümleri, grafiğe dökme
12–14 yaş	Soyut düşünme, analiz, değerlendirme	Isı yalıtımı testi yapıp tasarımı optimize etme

Sosyal-duygusal uygunluk

Yaş Grubu	Sosyal İhtiyaçlar	STEM Etkinlik Stratejisi
6–8 yaş	Akran onayı, iş birliği	Basit grup çalışmaları, eşle çalışma
9–11 yaş	Sorumluluk alma, fikir sunma	Grup içi rol paylaşımı, ortak ürün üretme
12–14 yaş	Kimlik arayışı, liderlik becerileri	Takım liderliği, sunum yapma, toplumsal problem çözümü

Psikomotor uygunluk

Yaş Grubu	Gelişmiş Psikomotor Beceriler	STEM Görev Önerisi
6–8 yaş	Kesme, yapıştırma, çizim	3D şekil oluşturma, origami köprü tasarımı
9–11 yaş	Küçük parça montajı, ölçüm yapma	Basit devre kurma, hareketli maket üretimi

Yaş Grubu	Gelişmiş Psikomotor Beceriler	STEM Görev Önerisi
12–14 yaş	Karmaşık düzenek, cihaz kullanımı	Arduino entegrasyonu, sensörle çalışan cihaz üretimi

Uygulama Örneği: Gelişimsel Uygunluk İlkesine Göre Farklılaştırılmış STEM Görevleri

Öğretim Konusu: “Enerji Dönüşümü”

Yaş Düzeyi	Görev
7 yaş	El değirmeni yapımıyla kinetik enerjiyi deneyimleme
10 yaş	Basit devreyle pil enerjisini ısı/ışığa çevirme
13 yaş	Güneş enerjili su ısıtıcı tasarımı ve verimlilik analizi

Her görev:

- **Motor beceriye uygun,**
- **Bilişsel olarak zorlayıcı ama erişilebilir,**
- **Sosyal olarak destekleyici,**
- **Duyusal açıdan teşvik edici biçimde yapılandırılmıştır.**

Gelişimsel Uygunluk İçin Pedagojik Uygulama İlkeleri

İlke	Açıklama
Öğrenciyi tanı, etkinliği ona göre planla	Öğrencinin yaşına, hazırbulunuşluk düzeyine, ilgi alanına göre farklılaştırma
Açık uçlu ama yönlendirilmiş görev ver	Çocuğa araştırma ve ifade alanı tanıırken, süreci yapılandırıcı sorularla destekle
Görevleri kademelendir	Önce örnek üzerinden çalışma → ardından bağımsız görev
Gerçek hayatla ilişkilendir	Öğrencinin yaşantısıyla bağ kurabileceği problemlerden yola çık
Süreç odaklı geri bildirim ver	Sadece sonucu değil; çaba, ilerleme ve stratejiyi değerlendir

Genel Değerlendirme

Ortaokul dönemi, bireyin hem akademik hem de kişisel gelişim açısından kritik bir geçiş sürecini temsil eder. 11–14 yaş aralığı, çocukluktan ergenliğe geçişin başladığı ve bu geçişin bireyin tüm gelişim alanlarını eş zamanlı olarak etkilediği bir dönemdir. Bu süreçte öğrenciler yalnızca bilgi edinmekle kalmaz; düşünce yapıları dönüşür, kimlik gelişimleri ivme kazanır ve dünyaya ilişkin farkındalıkları artar.

Bu bağlamda, STEM eğitimi ortaokul çağındaki öğrencilerin gelişimsel ihtiyaçlarıyla doğal bir uyum içerisinde. STEM uygulamaları öğrencilerin bilişsel kapasitesini zorlayan, sosyal ve duygusal yönlerini harekete geçiren, aynı zamanda hareket ve üretim yoluyla öğrenmeyi pekiştiren bütüncül öğrenme ortamları sunar.

Bilişsel Gelişim Açısından Değerlendirme

Bu yaş grubundaki öğrenciler Piaget'nin “soyut işlemler dönemi”ne geçiş yapmakta; bu geçişle birlikte hipotez kurma, soyut düşünme, analiz yapma ve sistemsel ilişkileri değerlendirme gibi beceriler kazanabilmektedir. STEM uygulamaları, bu becerilerin gelişimini doğrudan destekler:

- Bilimsel sorgulama ve deney tasarımı,
- Problem çözme ve mühendislik döngüsü uygulamaları,
- Algoritmik düşünme ve dijital okuryazarlık.

Öğrenciler, STEM etkinliklerinde yalnızca bilgi aktarmakla kalmaz, bilgiyi dönüştürür, uygular ve yeniden üretir. Bu durum, onların düşünsel esnekliğini ve bilişsel derinliğini artırır.

Sosyal Gelişim Açısından Değerlendirme

Erikson'un “kimliğe karşı rol karmaşası” evresiyle örtüşen bu dönemde öğrenciler, akran etkileşimi, grup çalışması, toplumsal rol alma gibi sosyal deneyimlere son derece duyarlıdır. STEM etkinlikleri:

- Takım çalışması,
- Empati kurma,
- Ortak karar alma ve problem çözme gibi beceriler için ideal bir ortam sunar.

Özellikle iş birliğine dayalı projeler, öğrencilere hem akranlarıyla sağlıklı iletişim kurmayı **hem de** toplumsal fayda için üretmeyi öğretir. Bu süreç, öğrencilerin aidiyet, sorumluluk ve iş birliği değerlerini içselleştirmelerine katkı sağlar.

Duyuşsal Gelişim Açısından Değerlendirme

Ortaokul dönemi, aynı zamanda öğrencilerin **öz güven, öz yeterlik ve duygusal esneklik** gibi duyuşsal becerilerinin de şekillendiği bir dönemdir. STEM projeleri, bu becerilerin gelişmesini şu yollarla destekler:

- Ürün ortaya koyma ve başarıyı deneyimleme → **öz güven**,
- Deneme-yanılma sürecinde ısrarcı olma → **duygusal dayanıklılık**,
- Gönüllü katılım ve problem çözmede liderlik alma → **işsel motivasyon**.

Duygu-biliş etkileşimine dayalı bu öğrenme ortamları, öğrencinin yalnızca “ne öğrendiğini” değil, “nasıl öğrendiğini ve nasıl hissettiğini” de dönüştürür.

Psikomotor Gelişim Açısından Değerlendirme

11–14 yaş grubu, gelişmiş motor kontrolün zihinsel planlama ile birleştiği bir dönemdir. STEM uygulamalarında bu gelişim alanı:

- Devre kurma, model oluşturma, 3D yazıcı kullanma gibi ince motor becerileri,
- Sensör, araç-gereç ve tasarım uygulamalarıyla koordinasyon ve kontrol becerilerini geliştirir.

Simpson’ın psikomotor taksonomisine göre bu yaş grubundaki öğrenciler, artık sadece temel hareketleri değil, karmaşık, çok adımlı üretim süreçlerini de başarıyla yönetebilirler.

Gelişimsel Özelliklerle Uyumlu STEM

Gelişim Alanı	STEM Öğrenmesindeki Rolü
Bilişsel	Soyutlama, sistemsel analiz, yaratıcı problem çözme
Sosyal	İş birliği, akran etkileşimi, toplumsal sorumluluk
Duyuşsal	Öz yeterlik, motivasyon, başarıma isteği
Psikomotor	Fiziksel üretim, prototipleme, modelleme, dijital–mekanik entegrasyon

Ortaokul öğrencileri için yapılandırılan STEM etkinlikleri, bu dört gelişim alanını eş zamanlı ve bütüncül biçimde destekleyerek akademik başarının ötesinde bir gelişimsel zemin oluşturur.

Uygulayıcılara Yönelik Öneriler

- Etkinlikler, öğrencinin gelişim düzeyine göre yapılandırılmalı, ne çok kolay ne de aşırı zorlayıcı olmalıdır.
- Her görev hem bilişsel, hem duyuşsal, hem de sosyal olarak hedefler içermelidir.
- Süreç boyunca **öz değerlendirme**, akran geribildirimi, gözlem formları gibi çok yönlü ölçme araçları kullanılmalıdır.
- Başarısızlık, öğrenmenin parçası olarak sunulmalı ve öğrenme süreci duyuşsal açıdan güvenli bir bağlamda yönetilmelidir.

3. BÖLÜM

21. YÜZYIL BECERİLERİ VE EĞİTİM

- 3.1. Eleştirel Düşünme ve Problem Çözme
- 3.2. Yaratıcılık ve İnovasyon
- 3.3. İletişim ve İş Birliği
- 3.4. Dijital Okuryazarlık ve Teknoloji Kullanımı
- 3.5. Disiplinlerarası Düşünme
- 3.6. 21. Yüzyıl Becerilerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

21. Yüzyıl Becerileri ve Eğitim

Değişen Dünyada Eğitim ve Yeni Beceriler İhtiyacı

21.yüzyıl, teknolojik dönüşümün, dijitalleşmenin, küreselleşmenin ve toplumsal yapının hızlı biçimde değiştiği; buna bağlı olarak da bireylerden beklenen bilgi, beceri ve yetkinliklerin köklü şekilde farklılaştığı bir çağdır. Artık bireylerden yalnızca akademik bilgiye sahip olmaları değil; aynı zamanda bu bilgiyi yaratıcı biçimde kullanabilmeleri, yeni durumlara uyarlayabilmeleri, dijital teknolojileri etkin biçimde entegre edebilmeleri ve çok kültürlü sosyal yapılarda iş birliği kurabilmeleri beklenmektedir (Trilling & Fadel, 2009; OECD, 2018).

Bu beceri setleri, günümüzde “21. yüzyıl becerileri” olarak adlandırılmakta ve eğitimin temel amaçlarından biri hâline gelmiş bulunmaktadır. Özellikle K–12 eğitim sisteminde, öğrencilerin yalnızca sınavlara değil; hayatın karmaşık problemlerine hazırlanması, esneklik, adaptasyon, dijital yetkinlik ve iletişim becerileri kazanması bir gereklilik olarak görülmektedir (Aşlamacı, 2023; World Economic Forum [WEF], 2020).

21. Yüzyıl Becerileri Nedir?

21.yüzyıl becerileri; bireyin karmaşık sorunlarla baş edebilmesi, bilgiye ulaşma ve üretme süreçlerini yönetebilmesi, farklı disiplinler arasında ilişki kurabilmesi ve yaşam boyu öğrenme sürecine etkin katılım sağlayabilmesi için gereken bilişsel, sosyal, dijital ve duyuşsal yetkinlikler bütünüdür (Binkley vd., 2011).

Bu beceriler genellikle şu ana başlıklar altında toplanmaktadır:

- **Bilişsel beceriler:** Eleştirel düşünme, problem çözme, analiz ve sentez, sistemsel düşünme
- **Yaratıcı beceriler:** Yaratıcılık, yenilikçilik, esneklik
- **Sosyal-duygusal beceriler:** İletişim, iş birliği, empati, sorumluluk, liderlik
- **Dijital beceriler:** Dijital okuryazarlık, medya okuryazarlığı, bilgi teknolojisi kullanımı
- **Disiplinlerarası düşünme:** Farklı alanlar arasında geçiş yapma ve bütüncül çözüm üretme

“Artık bireylerin sadece bilgiyi bilmesideğil, bilgiyi yeniden yapılandırması, çok yönlü düşünmesi ve dijitalleşen dünyaya uyum sağlaması beklenmektedir.”
— Trilling & Fadel (2009)

21. Yüzyıl Becerileri ve Eğitim İlişkisi

21.yüzyıl becerileri, klasik öğretim yöntemlerinin sınırlarını zorlamış ve eğitimde yeni yaklaşımların doğmasına neden olmuştur. Öğrenci merkezli, aktif katılımı, sorgulama ve üretim odaklı öğrenme modelleri ön plana çıkarken; öğretmenlerin rolü de içerik aktarıcı olmaktan çıkarak rehber, kolaylaştırıcı ve mentör olmaya evrilmiştir (Saavedra & Opfer, 2012).

STEM eğitimi başta olmak üzere proje temelli öğrenme, tasarım odaklı düşünme, oyunlaştırma, girişimcilik eğitimi gibi çağdaş yaklaşımlar, 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesine olanak tanıyan yöntemler olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle eğitim programları artık sadece “ne öğretilceği”ne değil, “nasıl öğretilceği”ne ve “hangi becerileri geliştireceği”ne de odaklanmak zorundadır.

21. Yüzyıl Becerileri: STEM ile Neden Bütünleşmeli?

STEM eğitimi, yapısı gereği 21. yüzyıl becerilerini destekleyen bir öğrenme ortamı sunar:

- **Eleştirel düşünme** → veri analizi, hipotez test etme
- **Yaratıcılık** → özgün ürün ve prototip tasarımı
- **İletişim** → grup sunumları, fikir tartışmaları
- **İş birliği** → takım hâlinde problem çözme
- **Dijital okuryazarlık** → robotik, kodlama, yazılım araçları
- **Disiplinlerarası düşünme** → bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik birleşimi

Bu nedenle, STEM uygulamaları yalnızca bilimsel okuryazarlık değil; aynı zamanda geleceğe hazır birey yetiştirmenin anahtarıdır.

3.1. Eleştirel Düşünme ve Problem Çözme

◆ Tanım ve Önemi

Eleştirel düşünme, bireyin bilgiyi yalnızca olduğu gibi kabul etmeden; onu analiz etmesi, sorgulaması, gerekçelendirmesi ve mantıklı sonuçlara ulaşması sürecidir (Facione, 1990). Problem çözme ise tanımlanmış veya yeni ortaya çıkan problemleri, bilişsel stratejiler ve sistematik düşünme ile çözmeye yönelik aktif bir zihinsel süreçtir (Jonassen, 2000).

21.yüzyılda yaşanan bilgi patlaması, dijitalleşme, iklim krizi, toplumsal dönüşüm ve yapay zekâ teknolojilerindeki ilerlemeler; bireylerin düşünsel esneklik, analiz becerisi ve karar verme yetkinlikleriyle donatılmasını zorunlu hâle getirmiştir (Trilling & Fadel, 2009). Bu bağlamda, eleştirel düşünme ve problem çözme yalnızca eğitim hedefi değil, hayatla başa çıkma aracı hâline gelmiştir.

“*Eleştirel düşünme, yalnızca düşünmek değil; düşünmeyi düşünmektir. Problem çözme ise bu düşüncenin eyleme dökülmüş biçimidir.*”
— Paul & Elder (2014)

Kuramsal Temel

Eleştirel düşünme ve problem çözme süreçleri, bilişsel psikoloji, yapılandırmacı öğrenme ve öğrenme bilimleri çerçevesinde şekillenir:

- **Bloom'un Revize Edilmiş Taksonomisi** (Anderson & Krathwohl, 2001) bu becerileri özellikle *analiz, değerlendirme* ve *yaratma* düzeyleriyle ilişkilendirir.
- **Vygotsky'nin ZPD Kuramı**, öğrencinin kendi başına başaramadığı bilişsel görevleri sosyal etkileşimle başarabileceğini belirtir. Eleştirel düşünme ve problem çözme süreci, *öğretmen ve akran desteğiyle* gelişebilir.
- **Dewey'in Yansıtıcı Düşünme Kuramı**, eğitimin merkezine problem çözme koyar ve öğrenmenin aktif, sorgulayıcı ve deneyim temelli olması gerektiğini vurgular.

Eleştirel Düşünmenin Alt Bileşenleri

(Facione, 1990)

1. **Yorumlama (Interpretation)** – Bilgiyi anlamlandırma
2. **Analiz (Analysis)** – Bilginin bileşenlerini inceleme
3. **Değerlendirme (Evaluation)** – Bilginin doğruluğunu ve değerini sorgulama
4. **Çıkarım (Inference)** – Verilerden akıl yürütmeye sonuç çıkarma
5. **Açıklama (Explanation)** – Düşünme sürecini gerekçeleştirme
6. **Öz düzenleme (Self-regulation)** – Düşüncelerini sorgulama, hatayı fark etme, düzeltme

Uygulama Örneği:

Öğrenci, üç farklı güneş paneli modeli hakkında bilgi toplar.

- Yorumlar: Her modelin açıklamasını yapar.
- Analiz eder: Farklılıklarını karşılaştırır.
- Değerlendirir: Hangisinin okula uygun olduğuna karar verir.
- Gerekçelendirir: “Çünkü okul çatısı küçük, bu model daha verimli...”
- Çözümünü sunar ve eleştiriye açık olur

STEM Uygulamalarında Eleştirel Düşünme ve Problem Çözme

Beceri	STEM Uygulaması Örneği
Problem tanımlama	“Okulda elektrik tasarrufu nasıl sağlanabilir?” gibi açık uçlu sorular
Veriye dayalı analiz	Isı yalıtım malzemelerinin sıcaklık değişimini ölçerek karşılaştırma
Alternatif çözüm üretme	Su israfını önlemek için sensörlü sistem, vana, uyarı sistemi gibi farklı seçenekler üretme
Sonuçları yorumlama	Prototipin test sonuçlarını grafiklerle gösterip performans analizi yapma
Eleştirel karar alma	Hangi malzemenin hem ucuz hem çevreci olduğuna verilerle dayalı karar verme

Etkinlik Senaryosu: “Geleceğin Enerji Kaynağı”

Etkinliğin Adı: Yenilenebilir Enerji Tasarım Atölyesi

Sınıf Düzeyi: 6.–8. sınıf

Süre: 2 hafta (10 ders saati)

Etkinlik Türü: Grup çalışması + araştırma + prototip üretimi + sunum

Senaryo:

Okul yönetimi, enerji giderlerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan bir sistem kurmak istiyor. Sizden, “**okula en uygun yenilenebilir enerji sistemini belirleyip küçük ölçekli bir modelini tasarlamanız**” isteniyor.

Süreç Aşamaları:

1. **Problem tanımlama:**

- Mevcut durum analizi: “Okulun enerji tüketimi ne kadar?”, “En fazla nerede tüketim var?”

2. **Araştırma yapma:**

- Güneş, rüzgar, biyokütle, hidroelektrik sistemlerinin avantajları–deza-

vantajları.

3. **Hipotez kurma:**

- “Rüzgar enerjisi okulumuzun konumuna daha uygundur çünkü...”

4. **Prototip üretme:**

- Seçilen enerji kaynağına uygun küçük ölçekli model üretimi (örneğin: mini rüzgar türbini)

5. **Test etme ve veri toplama:**

- Modelin verimliliğini test etme (örneğin, pervane dönüş hızı, üretilen gerilim)

6. **Analiz ve değerlendirme:**

- Verilerin grafiklerle gösterimi, çevresel etki, maliyet karşılaştırmaları

7. **Sunum ve savunma:**

- Modelin tanıtımı, neden bu çözümü tercih ettiklerini ifade etme
- Sorulara yanıt vererek eleştirel savunma yapma



Beceriler:

- Eleştirel düşünme (analiz, değerlendirme, yorumlama)
- Problem çözme (sentez, uygulama, karar verme)
- Sistemsel düşünme
- Takım çalışması ve karar paylaşımı



Duyuşsal ve Sosyal Kazanımlar:

- Öz güven
- Akran öğrenmesi
- Öğrenci sesinin güçlenmesi
- Topluma duyarlı ürün geliştirme (enerji tasarrufu bilinci)

Pedagojik Öneriler: Bu Becerilerin Sınıfa Entegrasyonu

Strateji	Uygulama Açıklaması
Açık uçlu görevler verin	Birden fazla çözüm yolu olan problemler sunun
Problem çözme günlükleri tutturun	Öğrencilerden süreci yazılı olarak analiz etmelerini isteyin (Neyi denedim? Neden olmadı?)
Akıl yürütmeye alan tanıyın	“Bu seçeneği neden tercih ettin?”, “Başka nasıl yapabiliirdin?” sorularıyla düşünme süreçlerini görünür kılın
Akran geri bildirimini sistemleştirin	Projeler sonunda diğer gruplardan yapılandırıcı geri bildirim alın
Gerçek bağlam kullanın	Öğrencinin okul yaşamından, yaşadığı şehirden veya gündemden alınan problemler sunun

3.2. Yaratıcılık ve İnovasyon

Yaratıcılık, bireyin özgün, işe yarar ve anlamlı fikirler üretebilme kapasitesidir. Yalnızca sanatsal üretimle değil; problem çözme, yeni fikir geliştirme, alternatif yollar arama ve farklı bakış açıları oluşturma süreçleriyle ilişkilidir (Torrance, 1974). İnovasyon ise bu yaratıcı fikirlerin gerçek yaşamda uygulanabilir ve sürdürülebilir ürün, süreç ya da çözümlere dönüştürülmesi sürecidir (Dyer, Gregersen & Christensen, 2009). Kısaca inovasyon, yaratıcılığın somutlaşmış ve değer üreten hâlidir.

21.yüzyılın hızla değişen ve karmaşık problemlerle örülü yapısı, sadece bilgiye sahip bireyler değil; yaratıcı düşünebilen ve yenilik üretebilen bireyleri zorunlu kılmaktadır. Günümüzde eğitim sistemlerinin en önemli amaçlarından biri, bu potansiyele sahip bireylerin yetişmesini desteklemektir (Robinson, 2011).



“Yaratıcılık, gelecekte var olmayanı hayal edebilme; inovasyon ise bu hayali gerçeğe dönüştürebilme becerisidir.”

— Binkley vd., 2011

◆ Kuramsal Temel

Yaratıcılık ve inovasyonun gelişimini açıklamak için farklı kuramlar öne çıkmıştır:

- **Guilford’un Zekâ Yapı Modeli (Structure of Intellect Model)**, yaratıcılığı zihinsel bir işlev olarak görür ve özellikle **akıcılık, esneklik, özgünlük ve elaborasyon** gibi alt boyutları vurgular.
- **Sternberg & Lubart’ın “Yatırım Teorisi”**, yaratıcılığın zekâ, bilgi, motivasyon, kişilik, çevre ve düşünme stilleri arasındaki etkileşimle oluştuğunu savunur.
- **Bloom’un Taksonomisi’nde** yaratma (create), en üst düzey bilişsel süreç olarak kabul edilir. Öğrenci, yeni bir ürün, tasarım veya çözüm geliştirerek yaratıcı düşünmeyi ortaya koyar (Anderson & Krathwohl, 2001).
- **Amabile’nin Bileşenler Modeli**, yaratıcılığın alan bilgisi, yaratıcı düşünme yetenekleri ve içsel motivasyonun etkileşimiyle geliştiğini öne sürer.

🧠 STEM Bağlamında Yaratıcılık ve İnovasyonun Rolü

STEM eğitimi, doğası gereği öğrencileri tasarım yapmaya, ürün geliştirmeye, alternatif çözümler düşünmeye ve prototip üretmeye yönlendirir. Bu yönlendirme sayesinde yaratıcılık, yalnızca teorik bir kavram olmaktan çıkar; gerçek problemlere yönelik işlevsel çözümlere dönüşür.

Yaratıcılık Bileşeni	STEM Uygulaması Örneği
Akıcılık (çok sayıda fikir üretme)	Bir problemi çözmek için 5 farklı yöntem önerme
Esneklik (farklı bakış açıları geliştirme)	Malzeme türü değişince tasarımı yeniden yapılandırma
Özgünlük (benzersiz çözüm üretme)	Çevre dostu, geri dönüştürülebilir bir ürün fikri geliştirme
Elaborasyon (detaylandırma)	Ürünü işlevsel kılacak ek parçaları, sensörleri ve modülleri tanımlama

Etkinlik Senaryosu: “Su Krizine Çözüm Arıyoruz!”

Etkinliğin Adı: Su Koruma Tasarım Yarışması

Yaş Grubu: 11–14 yaş

Süre: 1 hafta (6 ders saati)

Öğrenme Alanları: Fen Bilimleri, Mühendislik, Teknoloji, Matematik

Senaryo:

Gelecekte yaşanabilecek su krizine karşı çözüm üretmeniz bekleniyor. Proje kapsamında yenilikçi, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir su tasarrufu sistemi tasarlayacaksınız.

Aşamalar:

1. **Problem analizi:** Dünya çapında su tüketimi ve Türkiye’de su kaynaklarının durumu
2. **Beyin fırtınası:** “Suyu en çok nerede tüketiyoruz?”, “Evde su kaybı nasıl olur?”
3. **Yaratıcı fikir üretimi:**
 - Musluk sensörü
 - Damlayan suyu toplayan geri dönüşüm borusu
 - Duş süresini otomatik sınırlayan zamanlayıcı
4. **Prototip oluşturma:** Maket karton, devre elemanları, sensörler, Arduino modülü
5. **Test – Sunum – İyileştirme:** Deneme çalışmaları, sınıf içi sunumlar ve akran geribildirimleri

Kazanımlar:

- Yaratıcı fikir üretme
- Malzeme kullanımında esneklik
- İnovatif prototip tasarımı
- Toplumsal fayda bilinci
- Takım çalışması ve sunum becerisi

Yaratıcılığı Teşvik Eden Pedagojik Stratejiler

Strateji	Açıklama / Uygulama
Açık uçlu sorular sorun	“Bu sorunu başka nasıl çözebiliriz?”, “Daha farklı bir yol var mı?”
“Tasarım düşüncesi” süreçlerini uygulayın	Empati → Tanımlama → Fikir üretme → Prototip → Test → İyileştirme
Öğrenci sesine alan tanıyın	Kendi fikrini açıklama, grup içinde yaratıcı öneri sunma
Yeniden yapılandırmaya teşvik edin	“Plan işe yaramadıysa yeniden tasarla” yaklaşımı
Farklı disiplinleri entegre edin	Mühendislik + sanat (STEAM) → Estetik tasarımlar, işlevsel ve güzel ürünler

3.3. İletişim ve İş Birliği

İletişim, bireyin düşüncelerini, duygularını, bilgilerini ve çözümlerini açık, doğru, uygun ve etkili bir şekilde karşı tarafa aktarabilmesidir (Aşlamacı, 2023], 2009). İş birliği (collaboration) ise bireylerin ortak bir hedef doğrultusunda bilgi, beceri ve sorumlulukları paylaşarak birlikte çalışma sürecidir.

21.yüzyılda, bireylerin yalnızca bilgi sahibi olması değil; bu bilgiyi başkalarıyla paylaşabilmesi, ekip içinde verimli çalışabilmesi, farklı fikirleri dinleyebilmesi ve ortak ürünler ortaya koyabilmesi beklenmektedir (OECD, 2018). Bu nedenle iletişim ve iş birliği, tüm meslek grupları için gelecek becerisi olarak tanımlanmaktadır.

“Bilgi çağı, yalnızca bireysel düşünceye değil; kolektif zekânın birlikte üretebildiği çözümlere dayanır.”

— Trilling & Fadel (2009)

Kuramsal Temel

- **Bandura’nın sosyal bilişsel kuramı**, bireyin öğrenmesini çevresel etkilerle şekillendirdiğini ve sosyal etkileşimin öğrenmede belirleyici olduğunu vurgular (Bandura, 1997).

- **Vygotsky’nin sosyokültürel yaklaşımı**, bireyin bilişsel gelişimini, sosyal ortamda kurduğu iletişim yoluyla gerçekleştirdiğini savunur.
- **Johnson & Johnson’ın iş birliğine dayalı öğrenme modeli**, bireylerin birlikte çalıştıklarında hem **akademik başarılarının** hem de **sosyal yeterliklerinin** arttığını göstermiştir (Johnson & Johnson, 1999).

İletişim ve İş Birliği ile Geliştirilen Temel Beceriler

Beceri Alanı	STEM Uygulamasındaki Görünümleri
Sözlü iletişim	Proje sürecini sınıfa anlatma, grup tartışmalarına katılma
Yazılı iletişim	Teknik rapor hazırlama, sunum slaytı oluşturma
Etkili dinleme	Grup içinde başkalarının fikirlerini anlama ve geri bildirim verme
Ortak karar alma	Tasarım kararlarında uzlaşma sağlama
Görev paylaşımı	Grup içinde görevlerin eşit ve anlamlı şekilde dağıtılması
Akran desteği ve etkileşimi	Zorlanan arkadaşına yardımcı olma, mentorluk yapma

Etkinlik Senaryosu: “Depreme Dayanıklı Okul Modeli”

Etkinliğin Adı: Dayanıklı Yapılar Atölyesi

Yaş Grubu: 11–14 yaş

Ders Alanı: STEM (Fen – Matematik – Teknoloji – Mühendislik)

Süre: 4 oturum × 2 ders saati

Senaryo:

Bir grup öğrenci, olası bir depremde okul binasının nasıl daha güvenli hâle getirilebileceği konusunda bir çözüm üretmekle görevlendirilir. Amaçları, **dep-rem enerjisine karşı dayanıklı bir okul maketi** tasarlamak, inşa etmek ve test etmektir.

Etkinlik Aşamaları:

1. **Bilgi toplama:** Deprem, yapı mühendisliği ve sismik sistemler hakkında araştırma yapılır.
2. **Planlama ve görev paylaşımı:**
 - o Lider → Süreç yönetimi
 - o Teknik sorumlu → Model tasarımı
 - o Malzeme yöneticisi → Gerekli araçları düzenleme
 - o Sunum sorumlusu → Grup adına anlatım
3. **İletişim çalışmaları:** Öğrenciler, fikirlerini sunar, eleştirilere açık olur, önerileri değerlendirir.
4. **Prototip geliştirme:** Karton, pipet, elastik malzeme kullanılarak bina modeli inşa edilir.
5. **Test ve gözlem:** Model sarsılır ve dayanıklılığı ölçülür.
6. **Sunum:** Proje raporu, prototip ve öğrenme süreçleri sınıfa anlatılır.

Kazandırılan Beceriler:

- Proje sürecini anlatma (sözlü iletişim)
- Ortak görev üstlenme (iş birliği)
- Alternatif fikirleri dinleme ve sentezleme (etkin dinleme)
- Grup kararları alma ve uzlaşma geliştirme
- Liderlik ve sorumluluk paylaşımı

Pedagojik Uygulama İlkeleri

Strateji	Açıklama / Sınıf Uygulaması
Görev paylaşımına fırsat verin	“Kim sunacak? Kim not tutacak? Kim test edecek?” gibi roller belirleyin
Dinleme ve konuşma alanı oluşturun	Her grup üyesinin konuşabileceği ve geri bildirim alabileceği küçük grup yapıları kurun
Akran değerlendirme formu uygulayın	Grup içinde kim ne yaptı, nasıl katkı sundu? Bu süreci öğrenciler gözlemlesin

Strateji	Açıklama / Sınıf Uygulaması
Yansıtıcı yazma / video günlükleri	“Bugün grupta ne öğrendim? Neye katkı sundum?” gibi sorularla öz farkındalık geliştirin
Tartışmaları teşvik edin	Bir çözüm önerisine herkesin katkı sunabileceği “fikir çemberleri” kurun

3.4. Dijital Okuryazarlık ve Teknoloji Kullanımı

◆ Tanım ve Önemi

Dijital okuryazarlık, bireyin dijital teknolojileri yalnızca kullanabilmesi değil; bu teknolojiler aracılığıyla bilgiye ulaşabilmesi, bilgiyi değerlendirebilmesi, güvenilir bilgiyle yanlış bilgiyi ayırt edebilmesi, dijital içerik üretebilmesi ve bu süreçleri etik ve güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmesidir (Rheingold, 2012; Ng, 2012).

Teknoloji kullanımı ise bu becerilerin uygulanmasında kullanılan donanım (bilgisayar, tablet, robotik sistemler) ve yazılımların (kodlama platformları, tasarım araçları, simülasyon programları) etkili, bilinçli ve yaratıcı biçimde kullanılmasıdır.

21.yüzyıl bireyinden beklenen, sadece teknolojiye erişim sağlaması değil; bu teknolojiyi anlamlı, güvenli, üretken ve eleştirel şekilde kullanmasıdır (OECD, 2018). Eğitim sistemlerinin görevi de öğrencilerin bu becerileri edinmelerini sağlayacak öğrenme ortamları tasarlamaktır.

“*Dijital okuryazarlık, sadece bilgiye ulaşmak değil; bilgiyi dönüştürmek, anlamlandırmak ve sorumlu bir dijital vatandaş olarak hareket edebilmektir.*”
— Belshaw (2011)

◆ Kuramsal Temel

- **Eski literasiler (reading-writing-literacy)**, yerini dijital ortamda **çoklu modlarla (metin, ses, görsel, video)** çalışabilen okuryazarlıklara bırakmıştır (Aytaş ve Kaplan, 2017).

- **Bloom'un taksonomisi**, dijital öğrenme araçlarının *uygulama, analiz, değerlendirme ve yaratma* düzeylerinde nasıl kullanılabileceğine dair dijital versiyonlar sunmuştur (Günaydın, 2018).
- **Bilişsel yük kuramı ve çoklu ortam öğrenme kuramı**, dijital içeriklerin yapılandırılma biçiminin öğrenme üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir (Mayer, 2005).

Dijital Okuryazarlığın Bileşenleri

(Ng, 2012)

Bileşen	Açıklama
Teknik Yeterlik	Donanım ve yazılım araçlarını kullanabilme
Bilişsel Yeterlik	Dijital içerikleri analiz etme, bilgi güvenliğini sorgulama
Sosyal-Etik Sorumluluk	Dijital vatandaşlık, telif hakkı, dijital ayak izi farkındalığı
Yaratıcı Üretim	Bilgiyi sunma, dönüştürme, görselleştirme (örneğin infografik, animasyon)

STEM Uygulamalarıyla Dijital Okuryazarlığın Entegrasyonu

STEM eğitimi, doğası gereği dijital araçlarla iç içedir. Bu nedenle STEM sınıfları aynı zamanda **dijital becerilerin öğrenildiği ve uygulandığı** özgün öğrenme ortamlarıdır.

Dijital Okuryazarlık Becerisi	STEM Uygulaması Örneği
Kodlama ve algoritmik düşünme	Scratch, Tinkercad, Arduino IDE platformlarında proje geliştirme
Simülasyon kullanımı	Phet Simulations ile fen deneylerini sanal ortamda modelleme
Dijital içerik üretme	STEM projesi sonuçlarını Canva ile infografik hâline getirme
3D modelleme	Tinkercad veya Fusion 360 ile mühendislik ürünü çizimi

Dijital Okuryazarlık Becerisi	STEM Uygulaması Örneği
Veri analizi ve görselleştirme	Excel veya Google Sheets ile deney sonuçlarını grafiklerle ifade etme

Detaylı Etkinlik Senaryosu: “Dijital Bilgi Dedektifleri”

Etkinliğin Adı: Doğru Bilgiye Ulaş – Dijital Araştırma ve Sunum Görevi

Yaş Grubu: 12–14 yaş

Süre: 3 oturum

Amaç: Öğrencilerin dijital ortamda bilgiye ulaşma, doğrulama ve sunum becerilerini geliştirmek.

Senaryo:

Öğrenciler bir çevre sorununu (örneğin plastik kirliliği, su israfı) seçer. Bu konuya dair dijital ortamdan bilgi toplar, bilgileri analiz eder, görsel materyal üretir ve bir sunum hazırlar.

Süreç Aşamaları:

1. **Bilgi arama:** Arama motorları, haber siteleri, e-kitaplar
2. **Bilgiyi sorgulama:** Kaynağın güvenilirliğini kontrol etme (URL uzantısı, yazar bilgisi, tarih)
3. **Bilgiyi görselleştirme:** Canva veya PowerPoint kullanarak grafik üretme
4. **Sunum:** 5 dakikalık video sunum ya da canlı anlatım
5. **Tartışma ve değerlendirme:** Hangi kaynak güvenilir? Bilgi çarpıtması nasıl anlaşılır?

Kazanımlar:

- Bilgi güvenliği farkındalığı
- Dijital kaynak eleştirisi
- Dijital içerik üretimi
- Sözlü ve görsel sunum becerisi
- Dijital etik

Pedagojik Uygulama İlkeleri

İlke	Açıklama / Öneri
Dijital araçları amaçlı kullanın	STEM sürecinde araç kullanımı “süs” değil, işlevsel ve anlamlı bir parça olmalı
Bilgi doğruluğu eğitimi verin	Öğrencilere bilgi kaynağı sorgulama, doğru-yanlış ayırt etme yolları öğretilmeli
Üretken görevler verin	Sadece izlemeye değil, öğrencinin kendisinin dijital içerik üretmesine odaklanılmalı
Dijital etik vurgulanmalı	Telif hakkı, kaynak belirtme, kişisel veriler konusunda sınıf içi kurallar geliştirilmeli
Farklı dijital düzeyleri fark edin	Her öğrenci aynı dijital yetkinliğe sahip değildir. Farklı hız ve rehberlikle destek sunulmalı

3.5. Disiplinlerarası Düşünme

Disiplinlerarası düşünme, bireyin farklı bilgi alanları arasında bağlantılar kurarak bütüncül bir anlayış geliştirmesidir. Bu yaklaşım, öğrenmeyi tek bir disiplinden değil; birden çok perspektiften görmeyi ve bu bakış açılarını bir araya getirerek karmaşık problemler karşısında yaratıcı, uygulanabilir ve sürdürülebilir çözümler üretmeyi mümkün kılar (Beane, 1997).

21.yüzyılda, sorunların çoğu tek bir alanda çözülemeyecek kadar karmaşık hâle gelmiştir. Örneğin bir iklim sorunu, yalnızca fen bilgisiyle değil; coğrafya, ekonomi, mühendislik, teknoloji ve etikle birlikte ele alınmalıdır. Bu durum, eğitim sistemini disiplinlerarası düşünmeyi teşvik eden öğrenme ortamları oluşturmaya yönlendirmiştir (Drake & Reid, 2020).

“Öğrencilerimize tek disiplinli kutular içinde düşünmeyi öğretirsek, dünyayı parçalı algılayan bireyler yetiştiririz.”

— Heidi Hayes Jacobs

Kuramsal Temel

- **Piaget’nin yapılandırmacı kuramı**, öğrenmenin bireyin yaşantılarıyla şekillendiğini savunur. Disiplinlerarası yaklaşım, öğrenmeye çok yönlü

yaşantılar kazandırır.

- **Perkins’in transfer kuramı**, bireyin bilgiyi farklı bağlamlara aktarabilme yetisini geliştirmenin disiplinlerarası öğrenmeyle mümkün olduğunu belirtir (Perkins & Salomon, 1989).
- **Bransford ve arkadaşlarının (2000)** öğrenme bilimleri yaklaşımında, derin öğrenmenin gerçekleşmesi için bilginin farklı bağlamlarda uygulanabilir olması gerektiği vurgulanır.

Disiplinlerarası Düşünmenin STEM’deki Yeri

STEM eğitimi, doğası gereği farklı disiplinleri bir araya getirir:

- **Bilim**, doğa olaylarını açıklamak için gözlem ve deney sunar.
- **Teknoloji**, çözüm sürecinde araç ve dijital kaynakları devreye sokar.
- **Mühendislik**, tasarım odaklı düşünmeyi harekete geçirir.
- **Matematik**, modelleme, hesaplama ve analiz süreçlerini destekler.

Disiplinlerarası düşünme sayesinde öğrenciler:

- Gerçek hayat problemlerini çok yönlü analiz eder,
- Farklı disiplinlerden gelen bilgileri birleştirerek özgün ürünler geliştirir,
- “Bu konuyu başka hangi derslerle ilişkilendirebilirim?” sorusunu sorar.

Etkinlik Senaryosu: “Sıfır Atık Okulu Tasarla”

Etkinliğin Adı: Ekolojik Okul Projesi

Yaş Grubu: 12–14 yaş

Süre: 2 hafta

Hedef: Disiplinlerarası düşünme becerisini kullanarak çevresel sorunlara yönelik bütüncül çözüm üretme.

Süreç Aşamaları:

1. **Problem Tanımlama:** Okulda oluşan atık miktarının belirlenmesi
2. **Disiplinlerle Etkileşim:**
 - *Fen:* Atıkların doğaya etkisi

- *Matematik:* Atık türlerine göre günlük/haftalık oran hesaplama
- *Teknoloji:* Atık ayrıştırma için dijital pano ya da sensörlü kutu önerisi
- *Mühendislik:* Geri dönüşüm kutusu tasarımı veya atık izleme sistemi geliştirme
- *Türkçe / Sosyal Bilgiler:* Farkındalık afişi, sunum, toplumsal etkiler

3. **Ürün Geliştirme:** Atık toplama sistemi maketi

4. **Sunum ve Paylaşım:** Farklı branş öğretmenlerinin bulunduğu jüriye sunum

 Geliştirilen Beceriler:

- Disiplinler arası ilişki kurma
- Analitik düşünme ve modelleme
- Yaratıcı problem çözme
- İş birliği ve sunum becerileri
- Çevresel farkındalık ve toplumsal duyarlılık

 Pedagojik Uygulama Stratejileri

Strateji	Uygulama Önerisi
Proje tabanlı öğrenmeyi kullanın	Öğrencilerden birden fazla disiplinin verisini yorumlaması beklenmeli
Dersler arası köprü kurun	Matematik öğretmeni ile fen öğretmeni aynı STEM görevine katkı sunmalı
Öğrenciyi disiplin değiştirmeye teşvik edin	“Bu probleme sosyal bilgiler açısından nasıl bakabiliriz?” gibi sorularla farklı bakış açıları kazandırın
Gözlem defteri / düşünme haritası kullanın	“Fen-teknoloji-matematik burada nasıl buluştu?” sorusu ile öğrenci farkındalığı artırılmalı
Ürün bazlı değerlendirme yapın	Süreç sonunda öğrencinin geliştirdiği prototipin bütüncül çözüm içeriği değerlendirilmelidir

6.3. 21. Yüzyıl Becerilerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

◆ Tanım ve Gereklilik

21.yüzyıl becerileri; öğrencinin yalnızca bilgiye sahip olmasını değil, bu bilgiyi üretmesi, yorumlaması, paylaşması, etik kullanması ve yeni durumlara transfer edebilmesini gerektirir. Bu beceriler arasında eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim, iş birliği, yaratıcılık, inovasyon ve dijital okuryazarlık yer alır (Aşlamacı, 2023; OECD, 2018).

Ancak bu beceriler, geleneksel test teknikleriyle (çoktan seçmeli testler, kısa yanıtlar) sağlıklı biçimde ölçülemez. Bu nedenle, 21. yüzyıl becerilerinin değerlendirilmesinde alternatif, çok boyutlu, süreç odaklı ölçme yöntemlerine ihtiyaç vardır (Bellanca, 2010).

“21. yüzyıl becerileri, yalnızca test edilen değil; gözlemlenen, tartışılan, sergilenen ve gelişim yolculuğunda fark edilen becerilerdir.”

— Griffin & Care (2015)

◆ Değerlendirme Neden Sürece Odaklanmalıdır?

- 21.yüzyıl becerileri yalnızca **sonuç** değil, **süreç** ile görünür hâle gelir.
- Öğrenci bir problemi çözerken sergilediği iş birliği, strateji kullanımı, karar verme biçimi, dayanıklılık ve iletişim gibi davranışlar değerlidir.
- Bu süreçler, yalnızca gözlem, akran değerlendirmesi, öz değerlendirme, ürün analizi ve portfolyo yoluyla tespit edilebilir.

21. Yüzyıl Becerileri için Uygun Ölçme Yöntemleri

Değerlendirme Aracı	Açıklama	STEM Uygulamasındaki Kullanımı
Performans Görevleri	Gerçek dünya problemlerine dayalı, çok adımlı görevler	Geri dönüşüm sisteminin prototipini üretme
Proje ve Ürün Analizi	Öğrencinin geliştirdiği tasarım, yazılım ya da prototipin işlevsel değerlendirmesi	Su arıtma sistemi tasarımına yönelik değerlendirme

Değerlendirme Aracı	Açıklama	STEM Uygulamasındaki Kullanımı
Rubrikler	Önceden belirlenen ölçütlere göre puanlama yapma	“Problem çözme”, “İş birliği”, “Yaratıcılık” başlıklarında 4 düzeyli rubrik
Portfolyo	Süreç boyunca öğrencinin ürettiği çalışmaların derlenmesi	Prototip çizimleri, günlük notlar, grafik yorumları
Öz değerlendirme	Öğrencinin kendi öğrenme sürecini analiz etmesi	“Bu projede en çok zorlandığım yer neresi oldu?” gibi sorularla
Akran değerlendirmesi	Grup içi çalışmalarda diğer üyelerin katkılarını değerlendirme	Takım arkadaşının zaman yönetimi ve iletişim becerisi hakkında geri bildirim

Etkinlik Senaryosu: “Yenilikçi Taşıma Sistemleri”

Senaryo: Öğrenciler, bir şehirde ulaşımı daha sürdürülebilir kılmak için yenilikçi bir taşıma sistemi önerisinde bulunacaktır. Amaç; yalnızca ürünü üretmek değil, çözüm sürecini çok boyutlu biçimde göstermek.



Değerlendirilecek Unsurlar:

Beceri	Değerlendirme Aracı	Açıklama
Problem çözme	Performans görevi + rubrik	Tasarım döngüsüne uygunluk, işlevsellik, özgünlük
İletişim	Sunum ve grup görüşmeleri	Net, yapılandırılmış anlatım ve savunma becerisi

Beceri	Değerlendirme Aracı	Açıklama
İş birliği	Akran değerlendirme formu	Grup içi katkı, fikir paylaşımı, sorumluluk dağılımı
Yaratıcılık ve inovasyon	Ürün analizi + gözlem formu	Alternatif fikir üretme, yenilikçilik derecesi
Dijital okuryazarlık	Dijital sunum / prototipin dijital bileşenleri	3D çizim, Arduino, infografik, video kullanımı

Pedagojik Stratejiler: Değerlendirme Kültürü Nasıl Kurulur?

Strateji	Uygulama Önerisi
Süreç odaklı geri bildirim	“Neyi daha iyi yapabildin?” gibi yansıtıcı sorularla öğrenmeye rehberlik
Gelişim odaklı rubrikler	Puan değil; “başlangıç düzeyi → gelişiyor → yetkin → ileri düzey” gibi basamaklar
Öğrenciye söz hakkı verin	Öğrenci, kendi değerlendirme ölçütlerini belirlemede rol alsın
Görselleştirilmiş değerlendirme	Grafiklerle, sembollerle, renklendirmelerle değerlendirme sonuçlarını sunun
Farklılaştırılmış ölçme	Her öğrencinin güçlü olduğu beceriyi farklı bir yolla göstermesine izin verin

Genel Değerlendirme: 21. Yüzyıl Becerileri ve Eğitim

21.yüzyıl; dijitalleşme, yapay zekâ, küresel rekabet, iklim krizi, pandemi sonrası dönüşen yaşam biçimleri ve sürekli yenilenen bilgi ekonomisi gibi çok katmanlı değişimlerin yaşandığı bir çağdır. Bu dönüşüm yalnızca teknoloji odaklı bir gelişmeyi değil; bireylerin bu dünyada anlamlı, üretken, etik ve uyumlu biçimde var olmasını sağlayacak yeni beceri setlerini de zorunlu kılmıştır (Trilling & Fadel, 2009; OECD, 2018). Bu bağlamda eğitim sistemlerinin en temel

görevi, artık yalnızca bilgi aktarmak değil; karmaşık problemleri çözebilen, iş birliği yapabilen, dijital okuryazar, yaratıcı, eleştirel düşünebilen ve yaşam boyu öğrenmeyi içselleştirmiş bireyler yetiştirmek olmuştur.

Bu bölümde detaylı biçimde ele alınan 21. yüzyıl becerileri, yalnızca bilişsel değil; aynı zamanda **sosyal**-duygusal, yaratıcı ve teknolojik boyutlarıyla da bireyin bütüncül gelişimini desteklemeyi amaçlamaktadır. Eleştirel düşünme ve problem çözme, bireyin analitik sorgulama kapasitesini güçlendirirken; yaratıcılık ve inovasyon, bu sorgulama sürecinde ortaya çıkan fikirleri değer üreten ürünlere dönüştürmesini sağlar. İletişim ve iş birliği, hem bu fikirlerin paylaşılmasını hem de ortak akılla gelişmesini destekler. Dijital okuryazarlık ve disiplinlerarası düşünme ise öğrencinin hem dijital hem bilgi çağında etkin şekilde yön bulmasına olanak tanır.

4. BÖLÜM

STEM EĞİTİMİNE GİRİŞ

- 4.1. STEM Nedir? Bileşenleri ve Tanımları
- 4.2. STEM ve STEAM Arasındaki Farklar
- 4.3. STEM Eğitiminde Kullanılan Modeller: 5E, Tümevarım, Mühendislik Tasarım Süreci
- 4.4. Okul Tabanlı STEM Programları: Ulusal ve Uluslararası Örnekler

GİRİŞ

STEM eğitimi, 21. yüzyılın karmaşık sorunlarına yaratıcı, eleştirel ve disiplinler arası çözümler geliştirebilen bireyler yetiştirmeyi hedefleyen çok boyutlu bir eğitim yaklaşımıdır. Bilim (Science), teknoloji (Technology), mühendislik (Engineering) ve matematik (Mathematics) disiplinlerinin birbirinden bağımsız değil; entegre ve problem temelli bir biçimde ele alınmasını savunur. STEM'in bu bütüncül yapısı, sadece akademik başarıya değil; aynı zamanda üretkenliğe, yaşam boyu öğrenmeye, yenilikçiliğe ve toplumsal katkıya hizmet eder. Bu nedenle günümüzde birçok ülkenin eğitim politikası, STEM'i erken çocukluktan itibaren eğitim sistemine entegre etmeye odaklanmıştır.

Geleneksel ders sınırlarının ötesine geçen STEM yaklaşımı, öğrencilere sadece neyi öğreneceklerini değil; neden ve nasıl öğreneceklerini de öğretir. Bu yönüyle STEM, bireyleri geleceğe hazırlamakla kalmaz; onların bugünkü dünyada aktif ve bilinçli katılımcılar olmalarını da destekler. Bu bölümde, STEM eğitiminin temel tanımı, bileşenleri, tarihsel gelişimi ve eğitsel değerine odaklanılarak konuya kuramsal ve uygulamalı bir giriş yapılacaktır.

4.1. STEM Nedir? Bileşenleri ve Tanımları

STEM terimi; İngilizce kökenli “Science, Technology, Engineering, Mathematics” sözcüklerinin baş harflerinden oluşur. Ancak bu ifade yalnızca dört ayrı disiplini temsil etmekle kalmaz, aynı zamanda bu alanların entegre biçimde kullanıldığı, öğrenci merkezli, uygulama temelli ve problem odaklı bir öğretim modelini de tanımlar. STEM yaklaşımı, bireylerin hem akademik içerik bilgilerini hem de yaşam becerilerini bir arada geliştirmelerini hedefler (Bybee, 2013).

STEM eğitimi, 1990’lı yıllarda ABD Ulusal Bilim Vakfı (NSF) tarafından ilk kez sistematik biçimde kullanılmış ve zamanla tüm dünyada kabul gören bir eğitim yaklaşımı hâline gelmiştir. Başlangıçta ekonomik rekabet ve bilimsel insan gücü ihtiyacıyla ilişkili olarak gündeme gelen STEM, günümüzde artık sadece bilimsel ve teknolojik kalkınmanın değil; aynı zamanda etik, toplumsal ve çevresel duyarlılığın da temel taşı olarak görülmektedir (Kelley & Knowles, 2016).

STEM’in dört temel bileşeni, birbirini tamamlayan ve öğrenme sürecinde birlikte çalıştırılması gereken alanlardır. Fen bilimleri, doğa olaylarını anlamaya yönelik bilimsel sorgulamayı teşvik ederken; teknoloji, bu bilgilerin dijital araçlar aracılığıyla işlenmesi ve çözümlere dönüştürülmesini sağlar. Mühendislik, bu bilgilerin bir problem bağlamında uygulanarak somut ürünlere dönüştürülmesi sürecini yönetirken; matematik, tüm süreçlerde analitik düşünmeyi, modellemeyi, ölçmeyi ve veriye dayalı karar almayı sağlar (Moore vd., 2014).

STEM’in bir diğer ayırt edici özelliği, disiplinlerin birbirinden ayrıştırılmadan entegre biçimde işlenmesidir. Öğrenciler bir bilim problemini çözmek için aynı anda fen bilgisinden hipotez üretme, mühendislikten tasarım yapma, matematikten ölçüm ve analiz yapma, teknolojiden de dijital uygulama geliştirme becerilerini kullanmak zorundadır. Bu bütünlük yaklaşım, öğrencilere gerçek yaşamda karşılaştıkları çok yönlü problemleri çözme becerisi kazandırır (Breiner vd., 2012).

STEM eğitiminin tanımı üzerine yapılan çeşitli çalışmalarda ortaklaşa vurgulanan temel unsurlar; disiplinler arası bütünleşme, gerçek dünya problemlerine dayalı öğrenme, öğrencinin aktif rol alması, yaratıcılığa ve iş birliğine dayalı ürün geliştirme süreçleridir. Bu anlamda STEM, yalnızca bir eğitim yöntemi değil; aynı zamanda bir düşünme biçimi, bir yaşam pratiği ve bireyin dünyaya katılım biçimidir (Coşkun ve Özkaya,2020).

STEM’in içerdiği her bileşen, öğrencilerin farklı türden beceriler geliştirme-

sini sağlar. Fen bilgisi; gözlem yapma, veri toplama, hipotez kurma gibi bilimsel süreç becerilerinin gelişimini sağlar. Teknoloji; bilgiye erişme, teknolojik araçları kullanma, dijital içerik üretme gibi dijital okuryazarlık becerilerini destekler. Mühendislik; bir problemi analiz etme, fikir üretme, prototip oluşturma ve test etme gibi süreçleri içerir. Matematik ise bu süreçlerin tümünde veri analizi, hesaplama ve soyut düşünme becerileriyle öğrenmeye yön verir (Kelley & Knowles, 2016; NRC, 2012).

STEM, yalnızca dört disiplini birlikte öğretmek değil; bu disiplinleri anlamlı bağlamlarda bütünleştirilerek öğrencilerin entelektüel, duyuşsal ve sosyal gelişimlerini desteklemek anlamına gelir. Bu yönüyle STEM, günümüz eğitiminin yalnızca akademik değil, aynı zamanda etik, toplumsal ve teknolojik hedeflerine de hizmet eden kapsamlı bir öğrenme modelidir.

4.2. STEM ve STEAM Arasındaki Farklar

STEM eğitimi, bilim (science), teknoloji (technology), mühendislik (engineering) ve matematik (mathematics) disiplinlerinin bütünleşik öğretimini ifade eden ve 21. yüzyılda bireylerin entelektüel, teknolojik ve üretken becerilerle donatılmasını hedefleyen güçlü bir eğitim yaklaşımıdır (Bybee, 2013). Ancak zamanla yalnızca bu dört alanla sınırlı kalmanın, öğrenci yaratıcılığını, sanatsal ifade gücünü ve estetik farkındalığını yeterince besleyemediği görülmüş; bu nedenle STEM'e "A" harfiyle temsil edilen Art (Sanat) bileşeni de dâhil edilerek STEAM yaklaşımı doğmuştur.

STEAM, bilimsel ve teknolojik okuryazarlığı geliştirmenin yanı sıra sanatsal düşünme, kültürel duyarlılık, estetik tasarım ve duygusal ifade gibi becerilerin de eğitimin bir parçası olması gerektiğini savunur (Land, 2013). Sanat burada yalnızca görsel sanatlar değil; aynı zamanda müzik, drama, tasarım, dil sanatı ve estetik duyarlılığı içeren daha geniş bir anlamda ele alınmaktadır. STEAM, öğrencinin düşünsel ve duygusal yönlerini birlikte geliştirmeyi amaçlayan bütünsel bir öğretim modelidir.

STEM ile STEAM arasındaki temel fark, disiplinlerin birlikte nasıl işlediği ve öğrenciye sunulan **üretim** modelinin yapısıdır. STEM'de odak noktası daha çok teknik yeterlik, bilimsel sorgulama ve sayısal analiz iken; STEAM'de bu süreçlerin estetik, anlatım gücü ve özgünlük ile zenginleştirilmesi öne çıkar. Örneğin bir öğrencinin güneş enerjisiyle çalışan bir prototip tasarlaması STEM

kapsamında değerlendirilirken; aynı prototipin kullanıcı dostu, görsel açıdan etkileyici ve toplumsal mesajlar içerecek şekilde sunulması STEAM yaklaşımının bir yansımasıdır (Henriksen, 2014).

Bu iki yaklaşım pedagojik olarak da farklı bakış açıları sunar. STEM daha çok “doğrulanabilir bilgi üretimi” ve “işlevsellik” üzerine odaklanırken, STEAM “yaratıcı anlatım”, “özgün düşünce” ve “duygusal rezonans” ile öğrenme süreçlerini bütünleştirir. Bu nedenle STEAM, özellikle farklı öğrenme stillerine sahip öğrenciler için daha kapsayıcı ve erişilebilir bir öğrenme ortamı sunabilir (Yakman & Lee, 2012).

Kuramsal olarak, STEAM yaklaşımı Howard Gardner’ın Çoklu Zekâ Kuramı ile örtüşmektedir. Gardner (1999), bireylerin yalnızca mantıksal-matematiksel ya da sözel-dilsel zekâyâ değil; aynı zamanda görsel-uzamsal, bedensel-kinestetik, müziksel, kişilerarası ve içsel zekâlara da sahip olduğunu belirtir. STEAM, bu çoklu zekâ türlerinin eğitim ortamında görünür ve işlevsel hâle gelmesini sağlar.

Uygulamada STEM projeleri daha çok veri analizi, mühendislik tasarımı ve ölçüm süreçlerine odaklanırken; STEAM projeleri bu süreçleri dramatize etme, hikâyeleştirme, modelleme ve sanatsal yorumlamalarla destekler. Örneğin bir STEM etkinliği öğrenciden geri dönüştürülebilir malzemelerle elektrik devresi kurmasını isterken; STEAM aynı etkinlikte öğrencinin bu devreyi “sürdürülebilir bir şehir maketi” içinde hayal ederek estetik bir anlatımla sunmasını bekleyebilir.

Eğitimde STEAM’in yaygınlaştırılması özellikle farklı alanlara ilgisi olan öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırmakta; hem bilişsel hem duyuşsal olarak daha kalıcı öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım, sanatın yaratıcı doğasıyla öğrencinin problem çözme sürecine farklı açılardan bakabilmesini sağlayarak yenilikçi düşünceyi güçlendirir (Bequette & Bequette, 2012).

Sonuç olarak STEM ve STEAM, birbiriyle çelişen değil; birbirini tamamlayan yaklaşımlardır. STEM, bilimsel doğruluk ve teknik yeterlilik üzerine inşa edilirken; STEAM bu yapıya estetik, anlatı, duygu ve anlam katmanları ekleyerek öğrencinin çok yönlü gelişimini destekler. Hangi yaklaşımın seçileceği; öğrenme hedeflerine, öğrenci profiline ve öğretim içeriğine bağlı olarak değişebilir. Ancak ortak amaç, 21. yüzyılın gerektirdiği üretken, yaratıcı, sorgulayıcı ve bütüncül düşünebilen bireyler yetiştirmektir.

4.3. STEM Eğitiminde Kullanılan Modeller: 5E, Tümevarım, Mühendislik Tasarım Süreci

STEM eğitimi, yalnızca disiplinlerin bir araya getirilmesinden ibaret değildir; aynı zamanda bu disiplinlerin nasıl öğretileceğini belirleyen pedagojik modellerle desteklenen sistematik bir öğretim sürecidir. Bu noktada STEM uygulamalarının etkili ve kalıcı öğrenme sağlayabilmesi için öğrenme teorilerine dayalı, yapılandırılmış öğretim modellerine ihtiyaç duyulur. Özellikle 5E Öğretim Modeli, Tümevarım Yöntemi ve Mühendislik Tasarım Süreci, STEM'in sahada uygulanabilirliğini sağlayan üç önemli yapıdır.

◆ 5 E Öğretim Modeli

5E modeli, Bybee ve arkadaşları (2006) tarafından yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak geliştirilmiş ve fen öğretiminde yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Ancak esnek ve keşif temelli yapısı sayesinde STEM uygulamalarında da oldukça etkili bir çerçeve sunar. 5E modeli, öğrenme sürecini beş temel aşamada yapılandırır: Engage (Dikkat çekme), Explore (Keşfetme), Explain (Açıklama), Elaborate (Derinleştirme), Evaluate (Değerlendirme).

Modelin en güçlü yönlerinden biri, öğrencilerin kendi deneyimleri üzerinden kavramsal anlamlar oluşturmalarını ve bilimsel düşünme süreçlerini sistematik biçimde yaşamalarını sağlamasıdır. STEM uygulamalarında bu aşamalar; öğrencinin problemle yüzleşmesi (engage), malzemelerle denemeler yapması (explore), deneyimlerini gerekçelendirmesi (explain), bulduklarını farklı durumlara uygulaması (elaborate) ve hem kendi performansını hem de ürününü değerlendirmesi (evaluate) şeklinde işler.

Örneğin “ısı yalıtımı” konulu bir STEM etkinliğinde öğrenciler önce kışın neden daha kalın giyindiklerini tartışarak konuya girer (engage), ardından farklı yalıtım malzemeleriyle deneyler yapar (explore), sonuçlarını yorumlar (explain), yalıtımın günlük yaşamdaki diğer kullanım alanlarını araştırır (elaborate) ve sonuçları grafiklerle sunar (evaluate). Bu yapı, öğrenmenin sadece bilgi edinmekten ibaret olmadığını, öğrenmenin yapılandırılması ve uygulanması süreci olduğunu gösterir.

◆ Tümevarım Yöntemi

Tümevarım, özellikle fen bilimlerinde ve matematikte, öğrencilerin önce örnek olaylardan hareketle genellemeler yapmasını esas alan bir düşünme ve öğrenme stratejisidir. STEM uygulamalarında tümevarım yaklaşımı, öğrencinin bireysel ya da grup temelli gözlem, deney ve uygulama yaparak kendi kurallarını ve ilkelerini keşfetmesini sağlar (Karplus, 1977).

Bu yöntem, yapılandırmacı öğrenmenin temeli olan “öğrencinin aktif rolü” ilkesini destekler. Örneğin bir STEM etkinliğinde öğrenciler, farklı yüzeylere çarpan ışığın yansıma açısını gözlemledikten sonra kendi ifadeleriyle “yansıma açısı, geliş açısına eşittir” gibi bir genellemeye ulaşabilirler. Bu tür öğrenmeler daha kalıcıdır çünkü bilgi, öğrenci tarafından “bulunmuş” ve anlamlandırılmıştır.

STEM etkinliklerinde tümevarım süreci genellikle 5E modelinin “explore” ve “explain” aşamalarında aktif biçimde kullanılır. Öğrencinin soru sorması, gözlem yapması, örüntüleri fark etmesi ve çıkarımda bulunması bu yöntemin doğasını oluşturur.

◆ Mühendislik Tasarım Süreci (Engineering Design Process - EDP)

Mühendislik Tasarım Süreci, STEM eğitiminin en ayırt edici ve uygulama temelli öğelerinden biridir. Bu süreç, öğrencilerin gerçek dünya problemlerini tanımlayıp, çözüm fikirleri üretip, prototip geliştirip test etmelerini sağlayan döngüsel ve sistematik bir öğrenme yapısıdır (Harman ve Yenikalayıcı, 2021).

Mühendislik Tasarım Süreci genellikle şu adımlardan oluşur: Problemi tanıma → Araştırma yapma → Fikir üretme → Plan oluşturma → Prototip geliştirme → Test etme → Değerlendirme ve iyileştirme.

Bu süreç STEM’e uygulama, üretim, deneme ve yaratıcılık boyutunu kazandırır. Öğrenciler yalnızca var olan bilgiyi tekrar etmek yerine; bu bilgiyi kullanarak yeni bir ürün veya çözüm üretirler. Örneğin “Engelli bireyler için sesli yönlendirme cihazı tasarla” gibi bir görevde öğrenciler, hem empati kurar, hem mühendislik düşüncesini kullanır, hem de matematiksel hesaplamalar ve teknolojik becerilerle işlevsel bir ürün geliştirirler.

Mühendislik tasarımı aynı zamanda hata yapmanın öğrenme sürecinin bir parçası olduğunu vurgular. Prototipin başarısız olması, öğrenme sürecinin baştan değerlendirilmesini ve yeni çözümler üretilmesini teşvik eder. Bu, öğrencile-

rin “tasarım odaklı düşünme” (design thinking) becerilerinin gelişmesini sağlar (Dym vd., 2005).

STEM eğitiminin etkili ve sürdürülebilir olması, sadece içerik bilgisinin değil; bu bilginin nasıl öğretilceğinin de doğru biçimde yapılandırılmasını gerektirir. 5E modeli, öğrenmeyi aşamalı ve yapılandırmacı bir biçimde düzenlerken; tümevarım yöntemi öğrencinin kendi bilişsel süreciyle kurallar keşfetmesini sağlar. Mühendislik Tasarım Süreci ise STEM’i yalnızca düşünsel değil, aynı zamanda uygulamalı bir üretim süreci hâline getirir.

Bu üç modelin STEM sınıflarında birlikte ve bütüncül biçimde kullanılması, öğrencilerin hem akademik hem de bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alanlarda gelişimini destekler. Böylece öğrenciler, sadece bilgiyi bilen değil; bilgiyi kullanan, dönüştüren ve yeni çözümler geliştiren bireyler olarak yetişir.

4.4. Okul Tabanlı STEM Programları: Ulusal ve Uluslararası Örnekler

STEM eğitiminin etkili biçimde sürdürülebilmesi, yalnızca sınıf içi etkinliklerle değil; aynı zamanda okul ölçeğinde yapılandırılmış programlarla mümkündür. Bu nedenle dünya genelinde birçok ülke, STEM’i eğitim sistemlerine entegre ederken çeşitli okul tabanlı modeller geliştirmiştir. Okul tabanlı STEM programları, genellikle öğrenciye uzun vadeli proje geliştirme imkânı tanıyan, öğretmenlere mesleki gelişim sunan ve toplumla iş birliği kurabilen bütünsel yapılar olarak planlanmaktadır. Bu programlar yalnızca akademik başarıyı değil; aynı zamanda öğrenci motivasyonu, kariyer farkındalığı ve yaratıcı üretimi de desteklemeyi hedeflemektedir (English ve King, 2015).

Uluslararası Örnekler

1. ABD – STEM Academy Modeli (Project Lead The Way)

ABD, STEM eğitiminin öncüsü ülkelerden biridir. Project Lead The Way (PLTW), ilkokuldan lise son sınıfa kadar yapılandırılmış bir STEM müfredatı sunan ve ulusal ölçekte yaygın olarak uygulanan okul tabanlı bir programdır. PLTW programı, mühendislik, bilgisayar bilimi ve biyomedikal bilimler gibi alanlarda tematik dersler, tasarım odaklı projeler ve dijital öğrenme araçları içe-

Öğrenciler gerçek yaşam problemleri üzerinde çalışırken, öğretmenler sürekli destek alır (Kırkıcı ve Aydın, 2018).

2. Finlandiya – Fenomen Tabanlı Öğrenme ve STEM

Finlandiya eğitim sisteminde STEM bileşenleri, disiplinler arası bütünleşik yapılarla işlenmektedir. Ülkede 2016’dan itibaren uygulamaya konulan “fenomen tabanlı öğrenme” (phenomenon-based learning) yaklaşımı kapsamında, öğrencilere okul çapında tematik haftalar, proje günleri ve STEM laboratuvarları aracılığıyla gerçek dünyaya dayalı problemlerle çalışma olanağı sunulmaktadır. Bu yöntem, STEM öğretiminin okul müfredatına doğal biçimde entegre edilmesini sağlamaktadır (Halinen, 2017).

3. Güney Kore – STEAM Okulları Ağı

Güney Kore, STEM’in sanatı da kapsayan bir biçimi olan STEAM yaklaşımına ağırlık veren ülkelerden biridir. Eğitim Bakanlığı tarafından desteklenen ve ülke çapında uygulanan STEAM Okulları Programı, öğrencilere çok disiplinli, yenilikçi ve tasarım odaklı projeler geliştirme fırsatı sunar. Program, öğrencilerin yaratıcılık, iş birliği ve problem çözme becerilerini geliştirmeyi hedeflerken; öğretmenler için de hizmet içi eğitimlerle sürekli destek sağlamaktadır (Kim et al., 2018).

4. Almanya – MINT Okulları (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik)

Almanya’da STEM yerine “MINT” terimi kullanılmaktadır. MINT okulları, Almanya’nın birçok eyaletinde devlet ve özel sektör iş birliğiyle kurulan, öğrencileri erken yaşta bilim ve teknoloji ile tanıştıran programlardır. Bu okullarda STEM laboratuvarları, sektör temelli mentorluk programları ve üniversitelerle ortak projeler yer alır. Özellikle mesleki eğitime yönelik geçişlerde MINT okulları önemli rol oynar (Menzel ve Winter, 2017).

5. Türkiye’deki Okul Tabanlı STEM Uygulamaları

Türkiye’de STEM eğitimi son yıllarda giderek önem kazanmakta ve çeşitli düzeylerde okul temelli uygulamalar hayata geçirilmektedir. Bu uygulamalar çoğunlukla TÜBİTAK, Millî Eğitim Bakanlığı, üniversiteler ve özel sektör iş birlikleriyle yürütülmektedir.

5.1. MEB STEM Uygulamaları ve Pilot Projeler

Millî Eğitim Bakanlığı, 2016 yılından itibaren STEM temelli öğretim uygulamalarını çeşitli illerde pilot olarak uygulamaya başlamıştır. Bazı fen liseleri, bilim sanat merkezleri (BİLSEM) ve proje okulları, STEM laboratuvarları, mühendislik tabanlı proje çalışmaları ve robotik kodlama içerikli derslerle desteklenmiştir. Özellikle 2023 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ile birlikte STEM’in öğretim programlarına entegrasyonu daha sistematik bir hâl almıştır (Kağnıcı, 2019).

5.2. TÜBİTAK 4004 ve 4007 Projeleri ile STEM Destekleri

TÜBİTAK destekli “Doğa Eğitimi ve Bilim Okulları” programları (4004) ve “Bilim Şenlikleri” (4007), okul ölçeğinde STEM etkinliklerini yaygınlaştıran önemli araçlardır. Bu projeler kapsamında öğrenciler bilimsel atölyelere, deneysel çalışmalara ve yenilikçi üretim süreçlerine katılırken; öğretmenler de STEM pedagojisi konusunda eğitim almaktadır (Gülgün vd., 2019).

5.3. Kodlama ve Robotik Tabanlı Uygulamalar

Fatih Projesi kapsamında yürütülen “Kodlama ve Robotik” dersleri, birçok okulda STEM eğitiminin dijital ayağını güçlendirmektedir. Öğrenciler Scratch, Arduino, Micro:bit gibi araçlarla çalışarak hem algoritmik düşünme hem de proje üretme becerisi kazanmaktadır.

5.4. İl ve İlçe Bazlı Girişimler

Bazı iller ve ilçelerde yerel millî eğitim müdürlükleri, üniversitelerle iş birliği yaparak STEM merkezleri kurmakta ve STEM tabanlı öğretmen eğitimleri düzenlemektedir. Özellikle Ardahan, Mersin, Ankara, İzmir gibi illerde gerçekleştirilen öğretmen atölyeleri, okul projeleri ve STEM festivalleri dikkat çekmektedir.

Ulusal ve uluslararası örnekler incelendiğinde, etkili bir okul tabanlı STEM programının bazı ortak bileşenleri öne çıkmaktadır: sistematik yapı, öğretmen desteği, öğrenci merkezli pedagojik tasarım, sektör ve üniversite iş birlikleri, proje-temelli öğrenme ortamları ve gelişmiş dijital altyapı. Türkiye’nin STEM eğitiminde güçlü bir dönüşüm yaşayabilmesi, bu bütüncül yapının okul temelli uygulamalara yaygın ve sürdürülebilir şekilde aktarılmasıyla mümkündür.

Bölüm 4 Genel Değerlendirme: STEM Eğitime Bütüncül Bir Yaklaşım

STEM eğitimi, 21. yüzyılın değişen toplumsal, ekonomik ve teknolojik gereksinimlerine uyum sağlayabilen bireylerin yetiştirilmesinde temel bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu bölümde, STEM kavramının tanımı, temel bileşenleri, pedagojik modelleri, STEM ve STEAM ayrımı ile okul tabanlı ulusal ve uluslararası uygulama örnekleri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Tüm alt başlıklar, STEM eğitiminin yalnızca bir öğretim yöntemi değil; aynı zamanda entegre düşünme, uygulamalı üretim ve toplumsal sorumluluk gibi çok katmanlı amaçları içeren bir öğrenme felsefesi olduğunu ortaya koymaktadır.

STEM'in bileşenleri olan fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanları, birbirinden bağımsız içerikler değil; gerçek dünya problemlerinin çözümünde iç içe geçmiş düşünme biçimleridir. Bu bölümde de vurgulandığı gibi, STEM eğitimi bu alanlar arasında köprü kurarak öğrencinin bilgiyi hem anlamlı hem de üretken biçimde kullanmasını sağlar (Bybee, 2013; Moore vd., 2014). Bu durum, sadece teorik bilgiye değil; deneyime, analiz yapabilme becerisine, dijital araçları işlevsel kullanma yeterliğine ve yaratıcı çözümler geliştirme kapasitesine vurgu yapmaktadır.

STEM ve STEAM ayrımı, eğitimde yalnızca bilimsel doğruluk ve işlevsellik değil; aynı zamanda estetik, duygu ve anlatım boyutlarının da önemli olduğunu göstermiştir. STEAM yaklaşımı, öğrencinin sanatsal ifade becerilerini destekleyerek çoklu zekâ türlerini devreye sokar ve bireyin hem yaratıcı hem de yapıcı yönünü bütüncül biçimde besler (Land, 2013; Henriksen, 2014). Böylece STEM'in klasik teknik ve sayısal odaklı yapısı, sanatsal yorumla genişleyerek daha kapsayıcı hâle gelir.

5E modeli, tümevarım yöntemi ve mühendislik tasarım süreci, STEM öğretiminin yapılandırmacı, keşfetmeye dayalı ve üretim odaklı doğasını temsil eden güçlü öğretim modelleridir. Bu modeller sayesinde öğrenciler yalnızca bilgi edinmekle kalmaz; aynı zamanda bilgiyi kendi yollarıyla yapılandırır, prototipleme yoluyla uygulama becerisi kazanır ve sistematik problem çözme becerileri geliştirir. Bu modellerin STEM sınıflarında birlikte ve senkronize kullanımı, öğrenme deneyimini hem bireysel hem de iş birlikli olarak derinleştirir (Bybee, 2006.; Dym vd., 2005).

Okul tabanlı STEM programları, STEM'in soyut bir öğretim kavramı olmaktan çıkıp, okulun tüm paydaşlarını kapsayan bir uygulama modeline dönüşebileceğini göstermiştir. ABD, Finlandiya, Güney Kore ve Almanya gibi ülkelerin örnekleri, STEM'in sistematik planlamayla nasıl sürdürülebilir hâle getirilebileceğini ortaya koyarken; Türkiye'deki MEB projeleri, TÜBİTAK destekli bilim okulları ve yerel girişimler, ulusal ölçekte atılmış önemli adımları temsil etmektedir.

Bu uygulamalar göstermektedir ki; okul çapında kurumsallaşmış STEM çalışmaları, öğrencilerin sadece akademik değil; sosyal, duygusal ve mesleki gelişimlerine de katkı sağlar. Ayrıca okul tabanlı uygulamalar, öğretmenlerin mesleki gelişimini destekleyerek öğretim sürecinin niteliğini artırır.

Bölüm 4'te yer alan tüm içerikler, STEM eğitiminin yalnızca ders içeriklerinin entegrasyonu değil; aynı zamanda pedagojik modelleme, okul ölçeğinde yapılandırma ve öğretmen desteği ile etkili kılınabileceğini göstermektedir. STEM eğitiminin güçlü bir öğrenme ortamına dönüşebilmesi için:

- Öğrenci merkezli, problem odaklı ve uygulamalı etkinliklere dayalı programlar geliştirilmelidir.
- Öğretmenler, 5E modeli, mühendislik tasarım süreci ve tümevarım yöntemi gibi öğrenme modellerinde uzmanlaşmalıdır.
- Okul düzeyinde sistemli, disiplinler arası ve toplumsal faydaya duyarlı STEM projeleri yaygınlaştırılmalıdır.
- Sanatın öğrenmeye kattığı değer göz önünde bulundurularak STEAM uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

STEM, yalnızca bir eğitim reformu değil; geleceğin dünyasında aktif, yaratıcı, düşünen ve sorunlara çözüm geliştirebilen bireylerin yetişmesini sağlayacak bir dönüşüm modelidir.

5. BÖLÜM

İLKOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ

- 5.1. İlkokul Düzeyinde STEM Yaklaşımının Temellendirilmesi
- 5.2. İlkokul Öğrencileri İçin Uygun STEM Etkinlik Özellikleri
- 5.3. STEM'in Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematikle Entegrasyonu
- 5.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları

BÖLÜM 5: İLKOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ

GİRİŞ

İlkokul dönemi, bireyin öğrenmeye dair temel tutumlarının şekillendiği, bilişsel yapıların temellendiği ve sosyal-duygusal gelişimin hızlandığı bir dönemdir. Bu yaş grubundaki çocuklar, çevrelerini merakla gözlemler, sorular sorar, denemeler yapar ve öğrenmeyi keşif yoluyla gerçekleştirirler. Tam da bu noktada, STEM eğitimi, çocukların doğuştan gelen merak ve keşfetme eğilimlerini yapılandırılmış öğrenme fırsatlarına dönüştürerek öğrenme sürecini hem daha etkili hem de daha kalıcı hâle getirebilecek güçlü bir pedagojik çerçeve sunar (Bers vd., 2014).

İlkokul düzeyinde STEM uygulamaları, sadece dört alanın (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) içeriğini öğrencilere sunmakla kalmaz; aynı zamanda bu alanlar arasında disiplinler arası bağ kurma, problem çözme, yaratıcılık, iş birliği ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirme gibi temel 21. yüzyıl becerilerini de yapılandırılmış biçimde destekler (Uştu,2019). Bu nedenle STEM eğitimi, yalnızca içerik odaklı bir yaklaşım değil, bütüncül gelişimi esas alan, öğrenci merkezli ve aktif öğrenmeye dayalı bir öğretim anlayışıdır.

İlkokul çocukları, Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre genellikle “somut işlemler döneminde” (7–11 yaş). Bu dönemde öğrenme, daha çok görsel, dokunsal ve deneyimsel yollarla gerçekleşir (Piaget, 2000). STEM eğitiminin yaparak yaşayarak öğrenme ilkesi, bu gelişimsel süreçte son derece uygundur. Öğrenciler LEGO parçalarıyla mühendislik yapabilir, basit deneyler aracılığıyla bilimsel süreçleri keşfedebilir ve matematiksel düşünmeyi gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirebilir. Bu tür uygulamalar, öğrenmenin sadece bilgi edinimi değil; anlamlandırma, uygulama ve üretim süreci olduğunu öğrenciye deneyimletir (Clements & Sarama, 2009).

Ayrıca bu yaş grubundaki çocuklar için STEM uygulamaları, öğrenmenin “eğlenceli, anlamlı ve toplumsal” yönünü de öne çıkarır. Grup çalışmaları, takım projeleri ve okul çapında düzenlenen STEM şenlikleri gibi etkinlikler, çocukların sosyal becerilerini geliştirirken; sunum yapma, fikir savunma ve başkalarının düşüncelerine saygı gösterme gibi iletişim temelli öğrenme davranışlarını da destekler (Kelley & Knowles, 2016).

İlkokul düzeyinde STEM eğitimi uygulamaları planlanırken, çocukların bilişsel, duyuşsal, sosyal ve psikomotor gelişim düzeyleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, STEM içerikleri yaşa uygun şekilde sadeleştirilmeli, görselleştirilmeli ve öğrencinin aktif katılımını teşvik edecek biçimde yapılandırılmalıdır. Gelişimsel uygunluk ilkeleri temel alınarak yapılandırılan STEM etkinlikleri, hem öğrenme sürecini derinleştirir hem de öğrencinin akademik benlik algısını ve öğrenmeye yönelik tutumlarını güçlendirir (Bredekamp & Copple, 2009).

5.1. İlkokul Düzeyinde STEM Yaklaşımının Temellendirilmesi

İlkokul düzeyi, bireyin bilişsel yapısının temellerinin atıldığı, öğrenmeye yönelik tutumlarının şekillendiği ve yaşam boyu sürecek öğrenme becerilerinin kök saldığı gelişimsel açıdan kritik bir dönemdir. Bu dönem aynı zamanda çocukların dünyaya dair büyük bir merak geliştirdikleri, “nasıl?”, “neden?”, “ne olur?” gibi sorularla çevrelerini anlamlandırmaya çalıştıkları bir evredir. Bu bağlamda, STEM eğitimi, çocukların doğal meraklarını yapıcı, sorgulayıcı ve üretici öğrenme süreçlerine yönlendiren, erken yaşlarda bilimsel ve analitik düşünme becerilerini destekleyen güçlü bir pedagojik model sunar (Bers vd., 2014; Clements & Sarama, 2009).

STEM eğitiminin ilkököl düzeyinde temellendirilmesinde üç temel dayanak öne çıkmaktadır: gelişimsel uygunluk, disiplinler arası öğrenme ve etkin katılım dayalı yapılandırmacı öğrenme. Bu dayanaklar hem teorik hem de uygulamalı açıdan STEM'in ilkököl döneminde neden önemli olduğunu açıklamaktadır.

5.1.1. Gelişimsel Uygunluk ve Öğrenme Hazırbulunuşluğu

Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre 6–10 yaş arası çocuklar “somut işlemler döneminde” yer alırlar. Bu evrede çocuklar, mantıklı ve nedensel düşünmeye başlasalar da soyut kavramlar yerine somut materyallerle öğrenmeyi tercih ederler (Piaget, 2000). STEM uygulamaları, bu gereksinimi doğal olarak karşılar; çünkü öğrenciler fiziksel nesnelerle deney yapar, prototip üretir, gözlem yapar ve sonuç çıkarır. Bu öğrenme biçimi hem kalıcıdır hem de çocuğun bilişsel potansiyeline uygun şekilde yapılandırılmıştır (Fleer, 2010).

Ayrıca Vygotsky'nin Yakınsak Gelişim Alanı (ZPD) kavramı çerçevesinde, öğrenci tek başına başaramayacağı görevleri akran ya da öğretmen rehberliğiyle başarıyla tamamlayabilir (Vygotsky, 1978). Bu durum, STEM sınıflarında özellikle grup çalışmaları, rol paylaşımı ve problem çözme görevleriyle etkili biçimde sağlanabilir.

5.1.2. Disiplinler Arası Öğrenmenin Küçük Yaşta Başlatılması

İlkokul öğrencileri, bilgiyi parçalardan çok bütünler hâlinde anlamlandırmaya daha yatkındırlar (Papalia & Martorell, 2021). STEM eğitimi, bu eğilimi destekleyerek dersleri yapay sınırlarla ayırmak yerine; fen, matematik, teknoloji ve mühendisliği bütüncül bağlamda sunar. Örneğin; bir su taşıma sistemi tasarlayan öğrenci hem fizik kurallarını (fen), ölçüm ve hesaplamaları (matematik), araç gereç kullanımını (mühendislik) hem de görsel çizim veya sunumları (teknoloji ve sanat) bir arada kullanır. Bu disiplinler arası yapı, bilginin transfer edilebilirliğini ve kalıcılığını artırır (Beers, 2011).

5.1.3. Yapılandırmacı ve Etkin Katılım Temelli Öğrenme

STEM, yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak öğrencinin kendi öğrenme sürecini inşa etmesini teşvik eder (Fosnot, 2005). İlkokul çağındaki öğrenciler için bu yaklaşım, bilgiye doğrudan ulaşmak yerine onu deneyim yo-

lyla keşfetmek, uygulamak ve tartışmak anlamına gelir. Bu tür aktif öğrenme ortamlarında öğrencilerin hem akademik başarıları artar hem de öz güvenleri, sorumluluk alma becerileri ve öğrenmeye karşı olumlu tutumları gelişir (Barron & Darling-Hammond, 2008).

5.1.4.STEM'in İlkokul Eğitimine Katkıları

STEM eğitimi, ilkokul düzeyinde yalnızca akademik kazanımlar değil; aynı zamanda **üst düzey düşünme, iletişim, öz yeterlik, yaratıcılık ve sosyal katılım** gibi gelişim alanlarını da destekler. STEM etkinlikleri ile öğrenci;

- Bir problemi çözmek için farklı yolları keşfeder,
- Hatalardan öğrenir, yeniden dener,
- Takım arkadaşlarıyla fikir alışverişi yapar,
- Bilgiyi günlük yaşamla ilişkilendirir,
- Somut bir ürün ortaya koyarak üretmenin mutluluğunu yaşar (English & King, 2015).

Nitekim yapılan araştırmalar, ilkokul düzeyinde STEM uygulamalarının öğrencilerin **bilimsel süreç becerileri, akademik başarı, öğrenmeye yönelik tutum ve mesleki farkındalık** gibi alanlarda önemli düzeyde gelişim sağladığını ortaya koymaktadır (Kazak & Yıldız, 2020; Wang, Moore, Roehrig & Park, 2011).

İlkokul düzeyinde STEM eğitimi, bireyin yalnızca bilgi edinmesini değil; bilgiyi yapılandırmasını, uygulamasını, paylaşmasını ve dönüştürmesini sağlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Gelişimsel ihtiyaçlarla uyumlu, deneyim temelli ve çoklu disiplinli bu yaklaşım; öğrencilerin hem bugünkü akademik başarılarını hem de gelecekteki öğrenme, üretme ve problem çözme becerilerini temellendiren güçlü bir eğitim stratejisidir. Bu bağlamda STEM, ilkokul eğitiminin sadece bir parçası değil, temel taşı olarak görülmelidir.

5.2. İlkokul Öğrencileri İçin Uygun STEM Etkinlik Özellikleri

İlkokul düzeyinde STEM eğitimi, yalnızca dört disiplinin entegrasyonuna dayalı bir öğretim modeli değil; aynı zamanda bu disiplinlerin çocuk gelişimi ilkeleriyle bütünleştirilerek uygulanmasını gerektiren pedagojik bir yaklaşımdır. Etkinliklerin, öğrencilerin bilişsel kapasitesi, sosyal-duygusal durumu ve

psikomotor yeterlikleri doğrultusunda tasarlanması, öğrenme sürecinin hem kalıcı hem de anlamlı olmasını sağlar. Bu bağlamda, ilkokul öğrencileri için geliştirilecek STEM etkinliklerinde dikkat edilmesi gereken temel pedagojik ilkelere aşağıda ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

Gelişimsel Uygunluk ve Somut İşlemler Dönemi

İlkokul öğrencileri, Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre somut işlemler dönemindedir. Bu yaş grubundaki öğrenciler, doğrudan gözlemleyebilecekleri, fiziksel olarak manipüle edebilecekleri nesneler ve olaylar aracılığıyla daha etkili öğrenirler. Bu nedenle etkinliklerin soyut kavramlardan ziyade somut deneyimlere dayanması gerekir. Kavramların modeller, materyaller ve deneysel süreçler ile desteklenmesi, öğrenmenin derinleşmesini sağlar. Örneğin mıknaatıslarla yapılan bir keşif etkinliğinde, öğrenciler nesneleri doğrudan deneyerek öğrenir; bu da hem bilimsel sorgulama hem de mantıksal sınıflandırma becerilerini geliştirir.

Merak ve Keşif Temelli Yapılandırma

İlkokul çağındaki çocuklar, doğal olarak meraklıdır. Bu merak duygusu, iyi yapılandırılmış etkinliklerle bilimsel keşfe dönüşebilir. Etkinliklerin başında öğrencilerin dikkatini çeken problem durumları, günlük yaşamdan alınmış ilginç sorular ya da gözlemlerle başlamak, onların zihinsel katılımını artırır. Örneğin “Bitkiler ışık olmadan büyür mü?” gibi bir soru, öğrencilerin hipotez kurmasına ve deney tasarlamasına olanak sağlar. Böylece öğrencinin bilimsel düşünme sürecine aktif olarak katılması sağlanır.

Aktif Katılım ve İş Birliği Temelli Süreçler

İlkokul öğrencileri yaparak ve yaşayarak öğrenmeye en yatkın yaş grubudur. Bu nedenle STEM etkinlikleri, öğrencinin pasif bilgi alıcısı değil, sürecin aktif üreticisi olduğu bir yapıya sahip olmalıdır. Ayrıca grup çalışmaları, fikir alışverişi, ortak üretim ve görev paylaşımı yoluyla öğrenme pekiştirilir. Bu amaçla etkinliklerde her öğrenciye özgü roller tanımlanmalı (örneğin malzeme yöneticisi, gözlemci, fikir geliştirici) ve her bireyin sürece aktif olarak katılması sağlanmalıdır. Bu yaklaşım, öğrencilerin sosyal etkileşim becerilerinin gelişimini de destekler.

Somut Materyallerle Zenginleştirilmiş Uygulamalar

LEGO parçaları, karton, pipet, mıknatıs, pil, ampul, ip, cetvel gibi somut materyaller, öğrencilere el-göz koordinasyonu ile öğrenme fırsatı sunar. Bu materyaller yalnızca etkinliği eğlenceli kılmakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin kavramsal anlama ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine de katkı sağlar. Örneğin “Kartonla köprü yap” etkinliğinde, öğrenci hem bir tasarım sürecini yaşar hem de fiziksel yapılar ve denge kavramını deneyimleyerek öğrenir.

Deney ve Gözleme Dayalı Öğrenme Ortamları

İlkokul düzeyinde fen, teknoloji ve mühendislik etkinlikleri, ancak gözlem ve deney yoluyla anlam kazanır. Bu nedenle etkinliklerde öğrencilerin veri toplama, deney kurma, gözlem yapma ve sonuca ulaşma gibi bilimsel süreç becerilerini kullanabileceği alanlar oluşturulmalıdır. Örneğin, “Farklı yüzeylerde topun yuvarlanma hızını ölç” etkinliği ile öğrenciler fiziksel etkenleri gözlemleyebilir, verilerini kayıt altına alabilir ve sonuçları yorumlayabilir.

Aşamalı Yönergelerle Desteklenen Yapı

İlkokul öğrencilerinin dikkat süreleri kısa ve yönergeyi anlamlandırma süreçleri sınırlı olabilir. Bu nedenle etkinliklerde basit, açık ve sıralı yönergeler verilmelidir. Öğrencinin her adımda ne yapacağı anlaşılır biçimde tanımlanmalı, ancak süreçte yaratıcılığa da alan bırakılmalıdır. Görsellerle desteklenen akış şemaları, adım kartları veya örnek prototipler bu süreci kolaylaştırıcı unsurlar arasında yer alır.

Gözle Görülür Ürün Üretimine Dayalı Yapı

Öğrenciler, etkinlik sonucunda ortaya çıkan somut ürünleri benimsediklerinde öğrenme sürecine karşı daha yüksek bir motivasyon geliştirirler. Bu ürün bir model, cihaz, çizim, tablo veya sunum olabilir. “Ben yaptım” duygusu, öz yeterlik gelişimini destekler. Örneğin “Basit elektrik devresi kurma” etkinliği sonucunda ampulün yanması, öğrenciye başarı deneyimi yaşatır ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirir.

Esnek, Öğrenci Sesine Alan Açan Yapı

Etkinliklerin öğretmen merkezli olarak değil, öğrenci merkezli şekilde yapı-

landırılması gerekir. Öğrenci, sürece özgün fikirleriyle katılabilmeli, alternatif çözümler geliştirebilmeli, kendi düşüncesini ifade edebilmelidir. Öğretmenin yönlendirici değil, kolaylaştırıcı bir rol üstlenmesi bu yapının temelidir. “Bu problemi sen nasıl çözerdin?” gibi açık uçlu sorular, öğrencinin düşünme sürecine aktif katılımını teşvik eder.

Gerçek Yaşam Bağlantılı İçerik

STEM etkinliklerinin günlük yaşamla ilişkilendirilmesi, öğrenmenin öğrenenin zihninde anlamlı bir yere oturmasını sağlar. Öğrenci, öğrendiği bilginin kendi yaşamına nasıl yansıdığını gördüğünde daha yüksek düzeyde katılım gösterir. Örneğin, “Sınıfımızı daha serin tutmak için bir çözüm geliştir” etkinliği, öğrenciyi hem fen hem mühendislik hem de sosyal sorumluluk bağlamında düşünmeye yönlendirir.

Sürece Odaklanan Değerlendirme Araçları

İlkokul öğrencilerinde değerlendirme yalnızca ortaya çıkan ürün üzerinden değil; sürece katılım, çaba, deneme-yanılma, görev paylaşımı ve iletişim gibi süreç göstergeleri üzerinden yapılmalıdır. Gözlem formları, öğrenci günlüğü, öz değerlendirme kartları, yansıtıcı yazılar ve akran değerlendirme araçları bu sürece hizmet eden değerlendirme araçlarıdır.

5.3. STEM’in Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematikle Entegrasyonu

STEM eğitimi, yalnızca disiplinler arası bir kavramsal yapı değil; aynı zamanda gerçek yaşamla, doğayla, toplumla ve bireyin bilişsel yapısıyla kurulan çok yönlü bir öğrenme sistemidir. İlkokul düzeyinde bu öğrenme sistemi, özellikle **Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematik** dersleriyle doğal ve güçlü bir biçimde bütünleştirilebilir. Bu entegrasyon, öğrencilerin bilgi ve becerileri yalnızca ders içeriğiyle sınırlı tutmalarını engeller; öğrenilen bilgilerin yaşamla ilişkilendirilmesini, anlamlı hâle getirilmesini ve kalıcı öğrenme sağlanmasını kolaylaştırır (Beers, 2011; Honey, 2014).

Hayat Bilgisi ile STEM Entegrasyonu

Hayat Bilgisi dersi, öğrencilerin çevresini tanıması, bireysel sorumluluklarını öğrenmesi, toplumsal yaşamı anlaması ve doğayla etkileşimini fark etmesi açısından STEM için güçlü bir bağlam sunar. Bu ders, problem çözme, çevre bilinci, toplumsal sorumluluk, güvenlik, sağlık ve teknoloji kullanımı gibi konularla STEM'in bütünsel yapısına doğal olarak entegre edilebilir.

Uygulama Örneği:

“**Geri Dönüşüm Kutusu Tasarımı**” etkinliği; atıkların ayrıştırılması (Hayat Bilgisi), malzeme özelliklerinin tanınması (Fen), ölçüm ve orantı (Matematik) ve tasarım süreci (Mühendislik) gibi boyutları bir araya getirir. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin çevresel farkındalık geliştirmelerini ve toplumsal katkı sağlayan ürünler tasarlamalarını destekler.

Fen Bilimleri ile STEM Entegrasyonu

Fen Bilimleri, STEM'in temel taşlarından biridir. Gözlem, deney, hipotez kurma, veri toplama ve yorumlama gibi bilimsel süreç becerileri STEM etkinliklerinde doğrudan karşılık bulur. İlkokul düzeyinde enerji, kuvvet, madde, canlılar, çevre gibi temalar, mühendislik tasarımı ve teknolojik araçlarla bütünleştirilerek daha anlamlı ve derinlemesine öğrenme sağlanabilir.

Uygulama Örneği:

“**Isı Yalıtımı Deneyi ve Ev Tasarımı**” etkinliği, öğrencilerin ısı geçişini deneyimleyerek öğrenmelerini sağlar. Öğrenciler, farklı malzemelerle minyatür ev modelleri oluşturur, sıcaklık ölçümleri yapar, verileri analiz eder ve en verimli yalıtım malzemesini belirler. Bu süreç; bilimsel yöntemleri, mühendislik sürecini ve matematiksel ölçüm becerilerini bir araya getirir.

Matematik ile STEM Entegrasyonu

Matematik, STEM'in tüm bileşenlerini birbirine bağlayan soyut bir dildir. Ölçme, veri analizi, problem çözme, geometri, oran-orantı, işlem becerileri ve grafik oluşturma gibi kazanımlar STEM etkinliklerinde hem kavramsal destek hem de analitik yapı sunar. Özellikle ölçümler, sayısal verilerle tasarım kararla-

rını desteklediğinde öğrencilerin matematiksel düşünceleri gelişir.

Uygulama Örneği:

“**Köprü Tasarımı ve Ağırlık Taşıma Testi**” etkinliğinde öğrenciler, belirli uzunluk ve genişlikte bir köprü modeli tasarlarken ölçümler yapar, simetri, denge ve geometri ilkelerini uygular. Ağırlık taşıma testleri sırasında topladıkları verileri tablo ve grafik hâline getirerek en verimli tasarımı belirlerler. Bu süreç, mühendislik tasarımı ile matematiksel modelleme arasında doğrudan bir ilişki kurar.

Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematik dersleri, STEM eğitiminin ilkökul düzeyinde bütünsel olarak uygulanabileceği en uygun disiplinlerdir. Bu dersler, hem bilişsel becerilerin gelişimini hem de öğrencinin yaşadığı çevreyle kurduğu anlamlı bağları destekler. STEM uygulamaları bu derslerle entegre edildiğinde, öğrenciler yalnızca bilgiyi öğrenmekle kalmaz; aynı zamanda bilgiyi kullanma, üretme, değerlendirme ve topluma katkı sunma sorumluluğunu da kazanırlar. Bu da onları hem akademik hem de yaşam becerileri açısından güçlü bireyler hâline getirir.

5.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları

İlkokul düzeyinde STEM eğitimi, öğrencilerin yaşantılarından yola çıkan, somut materyallerle desteklenen, iş birliğine dayalı, yaratıcı ve ürün odaklı etkinlikler yoluyla anlamlı hâle gelir. Bu yaş grubundaki öğrenciler için geliştirilen STEM etkinliklerinin temel amacı, onların hem akademik becerilerini geliştirmek hem de eleştirel düşünme, problem çözme, iş birliği, öz yeterlik ve yaratıcı üretim gibi 21. yüzyıl becerilerini desteklemektir (Bybee, 2013; Clements & Sarama, 2009).

Bu bölümde, ilkökul öğrencilerine yönelik uygulanabilir ve gelişimsel olarak uygun STEM etkinliklerine yer verilmektedir. Her bir etkinlik, *probleme dayalı öğrenme, keşfetme, tasarım yapma, test etme* ve *sunma* aşamalarını içerecek şekilde yapılandırılmıştır.

Etkinlik 1: Isıyı En İyi Yalıtın Malzeme Hangisi?

Ders İlgisi: Fen Bilimleri – Isı iletimi

Yaş Düzeyi: 3–4. sınıf

Amaç: Öğrencilerin ısı yalıtım kavramını keşfetmesi ve malzemeleri deneyerek karşılaştırması

Süreç:

1. **Problem Tanımlanması:** Kışın içeceğimizin sıcak kalması için nasıl bir kap tasarlarız?
2. **Malzeme Seçimi:** Pamuk, alüminyum folyo, strafor, kumaş, plastik kap gibi seçenekler
3. **Deney:** Her malzeme bir kabın etrafına sarılır. İçine sıcak su konur ve 10 dakika sonra sıcaklık değişimi ölçülür.
4. **Sonuçların Analizi:** En az sıcaklık kaybı olan kap belirlenir.
5. **Tasarım:** Öğrenciler en iyi yalıtımı sağlayan malzeme ile kendi “termos tasarımını” çizer veya maketini yapar.
6. **Sunum:** Her grup tasarımını tanıtır ve neden o malzemeyi seçtiğini açıklar.

Etkinlik 2: Köprünü Kur – Dayanıklılığı Test Et

Ders İlgisi: Matematik – Uzunluk ölçme, geometri

Yaş Düzeyi: 2–4. sınıf

Amaç: Öğrencilerin mühendislik tasarım süreciyle tanışmaları ve basit yapılar inşa etmeleri

Süreç:

1. **Senaryo:** Sınıf kitaplarını taşıyacak kadar dayanıklı bir köprüye ihtiyacımız var. Nasıl bir köprü inşa etmeliyiz?
2. **Planlama:** Malzemeler: pipet, karton, bant, ip, tahta çubuklar
3. **Tasarım:** Her grup, kendi köprü planını çizer.
4. **İnşa:** Köprü prototipi inşa edilir.
5. **Test:** Üzerine kitaplar konarak ağırlık test edilir.
6. **Yansıtma:** En dayanıklı köprüyü hangi tasarım oluşturdu? Neden?

Etkinlik 3: Bitkiler Işık Olmadan Büyür mü?

Ders İlgisi: Fen Bilimleri – Canlılar ve yaşam

Yaş Düzeyi: 2–3. sınıf

Amaç: Öğrencilerin bilimsel süreç becerileriyle gözlem yapmaları ve hipotez test etmeleri

Süreç:

1. **Hipotez Kurma:** “Işık olmadan bitki büyür mü?”
2. **DeneySEL Planlama:** Aynı türde iki bitki, biri karanlıkta diğeri ışık alan yerde yetiştirilir.
3. **Gözlem:** Günlük gözlem formlarına bitki boyu, yaprak rengi vb. not edilir.
4. **Sonuç:** Veriler karşılaştırılır, grafikte sunulur.
5. **Yorumlama:** Işığın büyüme üzerindeki etkisi tartışılır.

Etkinlik 4: Su İsrafını Önle! – Sensörlü Sistem Tasarımı

Ders İlgisi: Hayat Bilgisi + Fen + Teknoloji

Yaş Düzeyi: 4. sınıf

Amaç: Su kaynaklarının korunmasına yönelik bir sistem geliştirme

Süreç:

1. **Problemin Tanımlanması:** Lavaboda unutulmuş musluklar büyük su kaybına neden oluyor.
2. **Araştırma:** Musluk tasarımları ve sensör teknolojisi hakkında kısa video ve görsel içeriklerle bilgi verilir.
3. **Fikir Geliştirme:** Öğrenciler sensörlü veya zamanlayıcılı musluk sistemleri hakkında fikir üretir.
4. **Prototipleme:** Kağıt maketlerle veya basit devre malzemeleriyle model geliştirilir.
5. **Sunum:** Her grup çözüm önerisini tanıtır ve israfı nasıl önlediğini açıklar.

Etkinlik 5: Daha Güvenli Bir Okul Yolu Tasarla

Ders İlgisi: Hayat Bilgisi – Trafik bilinci, toplumsal sorumluluk

Yaş Düzeyi: 3–4. sınıf

Amaç: Öğrencilerin toplumsal sorunlara çözüm üretmesini sağlamak

Süreç:

1. **Senaryo:** Okul çevresindeki trafik yoğunluğu öğrenciler için tehlike oluşturuyor.
2. **Gözlem:** Okul önünde yapılan trafik yoğunluğu gözlemleri ve öğretmen görüşleri paylaşılır.
3. **Fikir Geliştirme:** Hız kesici, yaya geçidi, tabela, dijital uyarı sistemi gibi fikirler üretilir.
4. **Tasarım:** Grup olarak okul çevresinin yeni planı çizilir ve maket hazırlanır.
5. **Yansıtma:** Tasarımlar sınıfta sunulur ve iyileştirme önerileri alınır.

Genel Değerlendirme

İlkokul düzeyinde STEM eğitimi, çocukların gelişimsel özelliklerine duyarlı biçimde yapılandırıldığında yalnızca akademik öğrenmeyi değil; aynı zamanda sosyal, duyuşsal ve psikomotor becerileri bütüncül olarak destekleyen güçlü bir öğretim modeli sunar. Bu bölümde ortaya konan kuramsal temellendirme, etkinlik tasarım ilkeleri, ders entegrasyonları ve uygulama örnekleri; ilkokul çağındaki öğrencilerin öğrenmeye dair doğal meraklarını bilimsel düşünme, yaratıcı üretim ve problem çözme becerilerine dönüştürme potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır.

Özellikle Piaget'nin somut işlemler dönemiyle tanımladığı bu gelişim evresinde, çocukların öğrenmeyi deneyimleyerek, gözlemleyerek ve yaparak gerçekleştirdiği dikkate alındığında; STEM uygulamaları bu doğal eğilimi destekleyerek kalıcı öğrenme sağlar. Vygotsky'nin Yakınsak Gelişim Alanı (ZPD) kuramı ise, STEM'in iş birlikli yapılarını ve öğretmen rehberliğini pedagojik olarak temellendirmektedir.

Etkinlik temelli yaklaşımın benimsendiği bu bölümde, yalnızca içerik akta-

rımı değil; aynı zamanda süreç odaklı öğrenme, keşfetmeye dayalı uygulama, ürün ortaya koyma ve akran etkileşimi gibi çok boyutlu öğrenme fırsatlarına vurgu yapılmıştır. STEM etkinliklerinin öğrencinin gündelik yaşantısıyla ilişkili, gerçek dünya problemlerine odaklı ve çözüm üretme merkezli kurgulanması, onların çevrelerine karşı daha duyarlı ve çözüm odaklı bireyler hâline gelmesini de desteklemektedir.

Bununla birlikte, Hayat Bilgisi, Fen Bilimleri ve Matematik gibi temel derslerle STEM'in entegre edilmesi, müfredat içeriğini daha anlamlı hâle getirmekte; disiplinler arası bağ kurma, bilgiyi transfer etme ve çok yönlü düşünme becerilerini desteklemektedir. Etkinlik örneklerinde görüldüğü gibi, öğrencinin gözle görülür bir ürün ortaya koyması; öz yeterlik, özgüven, içsel motivasyon ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirmesinde doğrudan etkili olmaktadır.

Sonuç olarak, bu bölümde sunulan yapı ve uygulama önerileri, ilkokul düzeyinde STEM eğitiminin yalnızca uygulanabilir değil, aynı zamanda gerekli ve etkili bir öğretim yaklaşımı olduğunu ortaya koymaktadır. Gelişimsel uygunluk ilkesine dayalı, öğrenci merkezli, iş birlikli ve üretime dayalı bu yaklaşım; çağın gerektirdiği temel becerilerle donatılmış bireyler yetiştirmek adına önemli bir fırsat sunmaktadır. Eğitim politikaları, öğretmen eğitim programları ve okul uygulamalarının bu bütüncül çerçeveye uyumlu biçimde planlanması, ilkokul düzeyinde STEM eğitiminin yaygınlaşması ve sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

6. BÖLÜM

ORTAOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ

- 6.1. Ortaokul Öğrencileri İçin STEM Planlamasında Dikkat Edilecek Noktalar
- 6.2. Fen, Matematik, Teknoloji ve Mühendislik Disiplinlerinin Bütünleşik Kullanımı
- 6.3. Proje Tabanlı Öğrenme ve STEM
- 6.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları

BÖLÜM 6: ORTAOKUL DÜZEYİNDE STEM EĞİTİMİ

GİRİŞ

Ortaokul dönemi (11–14 yaş), öğrencilerin bilişsel esneklik kazandığı, soyut düşünme becerilerinin gelişmeye başladığı ve kimlik arayışlarının arttığı bir gelişim evresidir. Bu dönemde öğrenciler yalnızca bilgi edinmeye değil; bilgiyi sorgulamaya, yapılandırmaya ve üretmeye de yatkın hâle gelirler. STEM eğitimi, ortaokul düzeyinde bu gelişimsel dönüşümle örtüşen çok boyutlu bir öğrenme ortamı sunar. Özellikle disiplinler arası bağlantılar kurma, gerçek yaşam problemlerine çözüm üretme ve yaratıcı düşünme gibi beceriler bu yaş grubundaki öğrenciler için önemli kazanımlar olarak öne çıkar (Piaget, 2000; NRC, 2012).

Ortaokul öğrencileri, fen ve matematik derslerinde daha soyut kavramlarla karşılaşırken; mühendislik ve teknoloji içerikleri aracılığıyla bu soyut kavramları somutlaştırma fırsatı bulabilirler. Bu da onların öğrenme motivasyonunu artırmakta, kalıcı öğrenmeyi desteklemekte ve akademik özgüvenlerini güçlen-

dirmektedir (Papalia & Martorell, 2021). Ayrıca bu dönemde gelişen sosyal-duygusal farkındalık, STEM uygulamaları içindeki takım çalışmaları, grup projeleri ve ortak ürün tasarımları sayesinde desteklenir.

STEM eğitimi, ortaokul düzeyinde yalnızca dört temel disiplinin entegrasyonu olarak değil; aynı zamanda problem temelli öğrenme, proje tabanlı yaklaşım, mühendislik tasarım süreci ve dijital okuryazarlık gibi 21. yüzyıl becerileriyle harmanlanmış bir öğrenme sistemi olarak uygulanmalıdır. Bu yaklaşımla öğrenciler, disiplinler arası bütünlük içinde hem akademik hem de bireysel gelişimlerine katkı sunan derinlemesine öğrenme deneyimleri yaşarlar (Bybee, 2013; Beers, 2011).

Bu bölümde, ortaokul düzeyinde STEM uygulamalarına dair planlama ilkeleri, disiplinlerin bütünlük kullanımı, proje tabanlı öğrenme anlayışı ve uygulama örnekleri detaylı şekilde ele alınacaktır. Amaç, öğrencilerin gelişimsel özellikleriyle uyumlu, anlamlı, üretken ve sürdürülebilir STEM öğrenme ortamları oluşturabilmektir.

6.1. Ortaokul Öğrencileri İçin STEM Planlamasında Dikkat Edilecek Noktalar

Ortaokul çağındaki öğrenciler, çocukluktan ergenliğe geçişin yaşandığı bir dönemdedir. Bu geçiş, yalnızca fiziksel değişimleri değil; aynı zamanda bilişsel, duyuşsal ve sosyal alanlardaki önemli dönüşümleri de içerir. Bu yaş grubunda öğrenciler soyut düşünme becerisi geliştirmeye başlar, hipotez kurabilir, çok değişkenli problemleri analiz edebilir ve grup çalışmalarında daha etkin roller üstlenebilirler (Piaget, 2000; Papalia & Martorell, 2021). Bu özellikler, STEM eğitimi için büyük bir potansiyel sunarken, aynı zamanda planlama aşamasında dikkat edilmesi gereken birtakım özel ihtiyaçlara da işaret eder.

6.1.1. Gelişimsel Özelliklerle Uyumlu Planlama

Ortaokul öğrencileri, Piaget'nin bilişsel gelişim kuramına göre “soyut işlemler dönemi”ne adım atarlar. Bu dönemde öğrenciler, deney ve gözleme dayalı süreçlerin yanı sıra, zihinsel olarak problem kurgulama, hipotetik senaryolar üzerinde düşünme ve sistemsel analiz yapabilme becerileri kazanmaya başlarlar (Inhelder & Piaget, 1958). Bu nedenle STEM planlamasında, sadece somut etkinlikler değil; aynı zamanda akıl yürütme, varsayım geliştirme ve sonuçları

değerlendirme gibi bilişsel süreçlere de yer verilmelidir.

Öneri: “Geleceğin ulaşım sistemi nasıl olmalıdır?” gibi açık uçlu, hipotetik senaryolara dayalı görevlerle öğrencilerin zihinsel esnekliği desteklenmelidir.

6.1.2. Akran Etkileşimine Dayalı İş Birlikli Yapılar

Erikson’un psikososyal gelişim kuramına göre ortaokul dönemi, kimliğe karşı rol karmaşası evresiyle karakterizedir (Erikson, 1968). Bu evrede öğrenciler, sosyal kabul görme, akranları tarafından tanınma ve gruba ait olma gibi ihtiyaçlar geliştirir. STEM uygulamalarında grup çalışmaları, ortak hedef belirleme, takım rollerinin paylaşılması ve fikir alışverişi süreçleri bu ihtiyacı destekleyecek şekilde planlanmalıdır.

Öneri: Proje tabanlı görevlerde her öğrenciye “lider”, “tasarımcı”, “raportör”, “test uzmanı” gibi görevler verilerek sosyal sorumluluk ve rol bilinci kazandırılabilir.

6.1.3. Sorgulamaya, Keşfe ve Problem Çözümüne Açık Yapı

Ortaokul öğrencileri sadece bilgi edinmekle yetinmeyip, bu bilgiyi sorgulamak, eleştirmek ve dönüştürmek isterler. Bu süreçte STEM planlamaları, yapılandırmacı öğrenme kuramı çerçevesinde “soru-sorgu-prototip-test-yorumlama” adımlarını içeren aktif öğrenme ortamları sunmalıdır (Fosnot, 2005). Öğrencilerin problem tanımladığı, kendi çözüm yollarını geliştirdiği ve ürün ortaya koyduğu etkinlikler öncelik kazanmalıdır.

Örnek: “Okulda su tasarrufu nasıl sağlanabilir?” sorusuyla başlayan bir mühendislik tasarım süreci, öğrencilerin hem bilişsel hem de toplumsal sorumluluk duygusunu geliştirmesine katkı sağlar.

6.1.4. Dijital Okuryazarlık ve Teknolojik Uygunluk

21.yüzyılın dijital dünyasında yetişen öğrenciler, dijital araçları yalnızca kullanmakla kalmayıp; üretken, güvenli ve etik bir biçimde kullanma becerileri de edinmelidir (Ng, 2012; OECD, 2018). STEM planlamalarında, kodlama, veri görselleştirme, simülasyonlar, sanal laboratuvarlar gibi dijital araçlara dayalı uygulamalara yer verilmelidir.

Öneri: Arduino, Tinkercad, Scratch gibi platformlarla geliştirilecek projeler, dijital üretkenliği ve algoritmik düşünmeyi teşvik eder.

6.1.5. Disiplinler Arası Bütünleşik İçerik Tasarımı

Ortaokul düzeyinde STEM, derslerin birbirinden ayrı değil; birbirini destekleyici biçimde işlendiği bütüncül bir yapıda sunulmalıdır. Fen bilimleri deneyleri matematiksel veri analiziyle desteklenmeli; mühendislik tasarımları teknolojik çizimlerle birleştirilmelidir. Bu entegrasyon, öğrencinin farklı disiplinler arasında geçiş yapmasını kolaylaştırır ve bilgiyi transfer edebilmesini sağlar (Beers, 2011).

Örnek: “Isı yalıtımı” etkinliğinde öğrenciler, ısı geçişini fen bilgisiyle açıklar, matematiksel olarak sıcaklık farklarını ölçer ve mühendislik çözümü geliştirir.

6.1.6. Öğrenci Merkezli, Esnek ve Katılımcı Süreçler

Ortaokul öğrencileri, öğrenme sürecinde daha bağımsız hâle gelir. Bu nedenle STEM planlamalarında öğrenciye karar verme, seçim yapma, fikrini savunma ve tasarım sürecini yönlendirme alanları tanınmalıdır. Öğretmenin rolü, bilgiyi aktaran değil; süreci kolaylaştıran ve öğrenci düşüncesini yönlendiren bir rehberlik olmalıdır.

Öneri: Öğrencilerin kendi problemlerini belirlediği, çözüm önerilerini planladığı ve sunum yaptığı “STEM proje panayırıları” düzenlenebilir.

6.2. Fen, Matematik, Teknoloji ve Mühendislik Disiplinlerinin Bütünleşik Kullanımı

Ortaokul düzeyinde STEM eğitiminin etkili bir şekilde uygulanabilmesi, yalnızca bu dört disiplinin (fen, matematik, teknoloji ve mühendislik) ayrı ayrı öğretilmesiyle değil; disiplinler arası sınırların kaldırıldığı, bilgilerin karşılıklı olarak etkileşime geçtiği ve öğrenmenin gerçek yaşam bağlamlarında gerçekleştiği bütüncül öğrenme ortamlarının tasarlanmasıyla mümkündür. Bu bütünleştirme yaklaşımı, öğrencilere yalnızca bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda bilgiyi uygulama, birleştirme, dönüştürme ve yeni bağlamlara transfer etme becerisi kazandırır (Beers, 2011; NRC, 2012).

6.2.1. Disiplinler Arası Geçişin Gerekliliği

Geleneksel eğitim sisteminde disiplinler, genellikle kendi içeriklerine odaklı ve bağımsız şekilde yapılandırılmıştır. Ancak gerçek yaşam problemleri, farklı alanlardan gelen bilgilerin birlikte kullanılmasıyla çözülebilir. Örneğin bir çevre kirliliği problemi, hem bilimsel bilgi (fen), hem ölçüm ve analiz becerisi (matematik), hem teknolojik araç kullanımı (teknoloji) hem de çözüm üretme ve tasarım (mühendislik) becerilerini gerektirir. Bu nedenle ortaokul STEM uygulamaları, farklı disiplinlerin bütüncül olarak kullanıldığı öğrenme senaryoları çerçevesinde planlanmalıdır (Drake & Reid, 2020).

6.2.2. Disiplinlerin Bütünleşik Rollerinin Açıklanması

Fen Bilimleri

Fen, öğrencilerin doğal olayları gözlemlmeleri, hipotez kurmaları, deney yapmaları ve sonuçları yorumlamaları için temel sağlar. STEM süreçlerinde fen; araştırma, sorgulama, neden-sonuç ilişkisi kurma gibi bilimsel süreç becerilerinin temelini oluşturur.

🔗 Örnek: “Asit yağmurlarının bitki gelişimine etkisi” etkinliğinde, öğrenciler deney yapar, çevresel etkileri analiz eder.

Matematik

Matematik, STEM’in soyut kavramsal altyapısını sağlar. Ölçme, oran-orantı, grafik okuma, veri analizi ve modelleme gibi beceriler, STEM süreçlerinin hesaplama ve mantıksal düşünme kısmını oluşturur. Matematik; bilimsel deneylerin analizinde, mühendislik tasarımlarında yapılan ölçümlerde ve teknolojik ürünlerin yazılım planlamasında merkezi bir rol oynar.

🔗 Örnek: “Köprü tasarımında simetri ve yük dağılımı” çalışmasında öğrenciler hem ölçüm hem hesaplama yapar, hem de yapının dengesini analiz eder.

Teknoloji

Teknoloji, bilgiye ulaşma, işleme, sunma ve dijital araçlarla çözüm üretme süreçlerini kapsar. Bu disiplin, kodlama, dijital içerik üretimi, veri görselleştirme ve dijital problem çözme gibi becerilerin gelişimini destekler.

🔗 Örnek: Scratch platformunda oluşturulan trafik ışığı simülasyonu, öğrenci-

nin algoritmik düşünmesini ve dijital içerik geliştirmesini sağlar.

Mühendislik

Mühendislik, çözüm odaklı düşünmeyi ve ürün geliştirme süreçlerini temsil eder. STEM etkinliklerinde öğrenciler, mühendislik tasarım döngüsüne uygun olarak problem belirler, fikir üretir, plan çizer, prototip üretir, test eder ve yeniden düzenler (Harman ve Yenikalaycı, 2021).

♥Örnek: “Depreme dayanıklı bina tasarımı” etkinliğinde, öğrenciler problem analizi yapar, yapısal dengeyi gözeterek model geliştirir ve test eder.

6.2.3. Bütünleşik Kullanımın Etkinliklerdeki Yansıması

Başarılı bir STEM etkinliğinde bu dört disiplin bir arada ve anlamlı bir şekilde kullanılır. Örnek olarak, “Enerji Verimliliği” konulu bir etkinlikte:

- **Fen Bilgisi:** Enerji türleri ve ısı iletimi konularını içerir.
- **Matematik:** Sıcaklık ölçümleri, veri grafiği ve yüzdelik karşılaştırmaları içerir.
- **Teknoloji:** Dijital termometre, Arduino veya simülasyon programları kullanılabilir.
- **Mühendislik:** Öğrenciler en verimli yalıtımı sağlayan tasarımı geliştirir ve prototip oluşturur.

Bu tür etkinliklerde disiplinler yalnızca arka arkaya sıralanmış değil, anlamlı bir problem çözme süreci içinde birbirine entegre biçimde işlenir. Bu bütünlük, öğrencinin hem disiplinler arası geçiş yapabilmesini hem de kalıcı öğrenme deneyimi yaşamasını sağlar.

6.2.4. Pedagojik Uygulama İlkeleri

1. **Problemi Disiplinlerle Kodlayın:** Bir problemin hangi yönüyle fen, hangi yönüyle mühendislik ya da matematik içerdiği açık biçimde belirlenmeli.
2. **Tasarım Sürecini Vurgulayın:** Her etkinlikte “problem tanımlama → fikir geliştirme → prototipleme → test etme” adımları belirgin olmalı.
3. **Veri ile Uğraşma Süreçlerini Güçlendirin:** Öğrenciler kendi verilerini

toplayıp yorumlamalı, sonuçları dijital ortamda görselleştirebilmelidir.

4. **Teknolojiyi Amaca Hizmet Ettirin:** Kullanılan araçlar, yalnızca ilgi çekici değil; işlevsel ve öğrenmeye hizmet eden biçimde entegre edilmelidir.
5. **Süreci Değil Disiplinleri Değerlendirin:** Sadece nihai ürünü değil; her disiplinden elde edilen kazanımları ayrı ayrı gözlemleyin ve ölçün.

6.3. Proje Tabanlı Öğrenme ve STEM

Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ), öğrencilerin gerçek yaşam problemleri üzerine odaklandığı, araştırma yaptığı, çözümler geliştirdiği ve ortaya bir ürün koyduğu öğrenci merkezli bir öğretim yaklaşımıdır. STEM eğitimi ile güçlü bir yapısal ve pedagojik uyuma sahiptir; çünkü her iki yaklaşım da problem çözme, araştırma, uygulama, iş birliği ve üretkenlik temelli öğrenme süreçlerini merkeze alır (Barron & Darling-Hammond, 2008; Krajcik & Blumenfeld, 2006).

21. yüzyılın karmaşık ve çok boyutlu problemleri, sadece teorik bilgiyle değil; uygulama, eleştirel düşünme ve yenilikçi çözüm üretme becerileriyle çözülebilir. Bu noktada proje tabanlı öğrenme, STEM'in disiplinler arası doğasını ve üretim temelli yaklaşımını öğrencilere deneyimletme konusunda etkili bir araçtır.

6.3.1. Proje Tabanlı Öğrenmenin Temel Özellikleri

Proje Tabanlı Öğrenme süreci, öğrencilerin bir problemin çözümüne yönelik uzun süreli bir araştırma, tasarım ve uygulama döngüsüne katılmasını sağlar. Süreç genellikle şu aşamalardan oluşur:

1. Gerçek Yaşamla İlişkili Problem Tanımlama

Öğrenci, yaşadığı çevrede karşılaştığı veya toplumsal bir bağlamda anlam taşıyan bir problem üzerine çalışır.

Örn: "Okulda su israfını nasıl önleriz?"

2. Soru Sorma ve Araştırma Yapma

Problem hakkında bilgi toplar, farklı kaynakları tarar, sorular oluşturur.

Örn: "Sensörlü sistemler nasıl çalışır?", "Su kaçakları neden olur?"

3. Tasarım Süreci ve Ürün Geliştirme

Öğrenci, çözüm fikirleri geliştirir, plan yapar ve bir prototip üretir.

Örn: "Su akışını kontrol eden bir maket lavabo modeli geliştir."

4. Sunum ve Paylaşım

Öğrenci, projesini sınıfla ya da daha geniş bir toplulukla paylaşır.

Örn: Poster hazırlama, dijital sunum, maket tanıtımı.

5. Yansıtma ve Değerlendirme

Süreci analiz eder, güçlü ve gelişime açık yönlerini değerlendirir.

◆ STEM ile PTÖ Arasındaki Etkileşim

Öğrenme Boyutu	STEM Eğitimi	Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ)
Problem çözme	Tasarım döngüsü, mühendislik yaklaşımı	Gerçek problem tanımı ve çözüm önerisi
Disiplin entegrasyonu	Fen, teknoloji, mühendislik, matematik	Çok disiplinli araştırma süreçleri
Ürün odaklılık	Prototip üretimi, test etme	Somut ürün geliştirme ve sunum
Öğrenci özerkliği	Öğrenci merkezli süreç, kendi kararları	Süreci öğrencinin yönetmesi
İş birliği	Grup çalışması ve görev paylaşımı	Takım temelli öğrenme ve paylaşım
Sunum ve iletişim	Ürünü tanıtmak, raporlama, geri bildirim	Toplulukla paylaşma, sunum becerisi

STEM ve PTÖ, birbirini tamamlayan bu özellikleriyle birlikte kullanıldığında, öğrencinin hem akademik hem de sosyal-duyuşsal gelişimine yüksek katkı sağlar.

◆ Ortaokul Düzeyinde STEM Tabanlı Proje Örneği

Etkinlik Adı: “Güneş Enerjisiyle Çalışan Su Arıtma Sistemi”

Ders Alanları: Fen Bilimleri, Teknoloji, Mühendislik, Matematik

Yaş Grubu: 12–14 yaş

Hedef:

Öğrencilerin temiz suya erişim sorununu anlamaları, alternatif enerji kaynaklarını öğrenmeleri ve güneş enerjisini kullanarak basit bir arıtma sistemi tasarlamaları.

Süreç:

1. **Problem Tanımlama:** “Kırsal alanlarda temiz suya ulaşmak zor. Güneş enerjisiyle çalışan bir arıtma sistemi tasarlayabilir miyiz?”
2. **Araştırma:** Güneş enerjisi, su arıtma teknikleri, enerji dönüşümleri hakkında araştırma
3. **Tasarım:** Öğrenci grupları kendi sistemlerini planlar (örneğin cam fanuslu buharlaşma sistemi)
4. **Prototip Geliştirme:** Maket malzemelerle arıtma sistemi kurulumu
5. **Test Etme:** Arıtılmış suyun sıcaklığı, berraklığı, miktarı gibi ölçümler yapılır
6. **Sunum:** Her grup proje posterini ve sunumuyla çözümünü tanıtır
7. **Yansıtma:** “Daha verimli olması için neyi değiştirdin?” gibi öz değerlendirme

Kazanımlar:

- Enerji dönüşüm süreçlerini kavrama
- Problem çözme ve yaratıcı düşünme
- Grup çalışması, görev paylaşımı
- STEM disiplinleri arasında ilişki kurma
- Toplumsal sorumluluk ve çevresel farkındalık

Öğretmenler İçin Uygulama Önerileri

- Öğrencilere gerçek yaşamdan alınmış, açık uçlu problemler sunun.
- Süreci kademeli yönlendirin, ancak öğrencinin özerkliğini koruyun.
- STEM etkinliklerini proje formatında planlayın (başlangıç – süreç – ürün – sunum).
- Öğrenci sunumlarına önem verin; poster, video, model vb. çıktılarla

görünür kılın.

- Değerlendirme sürecine akran ve öz değerlendirme araçlarını entegre edin.
- Başarısızlıkları “öğrenme fırsatı” olarak modelleyin.

Proje Tabanlı Öğrenme, STEM eğitiminin yapılandırmacı, üretici ve disiplinler arası yapısını öğrenciler için anlamlı hâle getiren güçlü bir araçtır. Özellikle ortaokul düzeyinde, öğrencilerin hem bilişsel hem sosyal gelişimlerinin desteklenmesi için PTÖ ile STEM’in bütünleştirilmesi, öğrenmenin hem kalıcılığını hem de etkililiğini artırır. Bu yaklaşım, öğrencileri sadece ders başarısına değil; aynı zamanda yaşamda karşılaştıkları karmaşık sorunlara karşı donanımlı bireyler olmaya hazırlar.

6.4. Uygulama Örnekleri ve Etkinlik Tasarımları

Ortaokul düzeyinde STEM etkinlikleri, öğrencilerin disiplinler arası bağ kurma, problem çözme, araştırma yapma, prototip üretme ve sunum gerçekleştirme becerilerini bütüncül biçimde geliştirecek yapıda olmalıdır. Bu yaş grubundaki öğrenciler, artık daha soyut düşünme becerilerine sahiptir; bu da onları, gerçek yaşam problemlerine yönelik yaratıcı çözümler üretmeye, farklı değişkenleri değerlendirmeye ve ürünlerini bilimsel gerekçelerle savunmaya daha yatkın hâle getirir.

Bu bölümde sunulan etkinlikler; fen, matematik, mühendislik ve teknoloji disiplinlerini entegre eden, proje tabanlı ve ürün odaklı öğrenme ilkeleriyle hazırlanmıştır.

Etkinlik 1: “Doğal Afetlere Dayanıklı Ev Tasarımı”

Ders İlgisi: Fen Bilimleri – Depremler ve yer kabuğu

Yaş Grubu: 6.–7. sınıf

Amaç: Öğrencilerin mühendislik tasarımı yaparak deprem dayanıklılığı konusunu keşfetmesi

Süreç:

1. Problemin Tanımı: “Deprem riski yüksek olan bölgelerde daha güvenli evler nasıl inşa edilebilir?”
2. Araştırma: Deprem etkileri, bina yapısı, zemin türleri
3. Planlama: Dayanıklı yapı formu belirleme (üçgen destek, geniş taban vb.)
4. Tasarım: Karton, pipet, ip gibi malzemelerle bina modeli oluşturulması
5. Test: Sarsıntı simülasyonu (tepsi, pirinç, titreşim vb.)
6. Yansıtma: Hangi tasarım daha dayanıklıydı? Neden?

Kazanımlar:

- Yapı fiziği ve kuvvet etkileri hakkında farkındalık
- Tasarım temelli problem çözme
- Takım çalışması ve akıl yürütme beceriler

Etkinlik 2: “Su Arıtma Sistemi Geliştir”

Ders İlgisi: Fen + Matematik + Teknoloji

Yaş Grubu: 7.–8. sınıf

Amaç: Öğrencilerin çevre bilinci geliştirerek filtreleme teknolojilerini tanınması

Süreç:

1. Senaryo: “Kırsal bölgelerde kirli su kaynağını nasıl arıtabiliriz?”
2. Malzemeler: Kum, pamuk, kömür, plastik şişe, musluk suyu
3. Deney: Farklı malzemelerle su filtreleme sistemleri geliştirme
4. Veri Toplama: Su berraklığı, renk, koku gibi özelliklerin ölçümü
5. Grafik Çizimi: Arıtma başarısı verileri karşılaştırılır
6. Sunum: “Hangi sistem en iyi sonucu verdi ve neden?”

Kazanımlar:

- Bilimsel yöntem uygulaması
- Matematiksel veri yorumlama
- Teknolojiyle toplumsal soruna çözüm üretme

Etkinlik 3: “Lastik Enerjili Araç Tasarımı”

Ders İlgisi: Fizik – Enerji dönüşümleri, kuvvet

Yaş Grubu: 6.–8. sınıf

Amaç: Potansiyel enerjiyi hareket enerjisine dönüştüren bir sistemin tasarlanması

Süreç:

1. Giriş Sorusu: “Elektrik olmadan bir aracı nasıl hareket ettirebiliriz?”
2. Planlama: Malzeme listesi (lastik, pipet, karton, çubuk, tekerlek)
3. Tasarım: Lastik gerilimini kullanarak araç geliştirme
4. Test: Düz zeminde hareket mesafesi ölçülür
5. Analiz: Mesafe–lastik sarımı ilişkisi incelenir
6. Geliştirme: Verimlilik artırma denemeleri yapılır

Kazanımlar:

- Enerji dönüşümleri hakkında deneyimsel öğrenme
- Sistematiik düşünme ve test etme becerisi
- Modelleme ve analiz süreci yönetimi

Etkinlik 4: “Güneş Enerjili Kurutma Sistemi”

Ders İlgisi: Fen – Isı ve ışık enerjisi, Teknoloji – Enerji verimliliği

Yaş Grubu: 7. sınıf

Amaç: Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ile sürdürülebilir çözüm üretmek

Süreç:

1. Problemin Tanımı: “Isı enerjisini kullanarak yiyecekleri nasıl kurutabiliriz?”
2. Araştırma: Güneş enerjisi, sera etkisi, izolasyon
3. Tasarım: Kutu, cam/şeffaf plastik, siyah zemin, alüminyum folyo ile kurutma kutusu
4. Uygulama: Dilimlenmiş meyvelerin ısı alan yüzeyde kurutulması
5. Sonuç: Kuruma süresi – ortam sıcaklığı ilişkisinin değerlendirilmesi
6. Sunum: Çevre dostu sistem sunumu ve geliştirme önerileri

Kazanımlar:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı duyarlılık
- DeneySEL veri toplama ve analiz yapma
- Yaratıcılık ve sürdürülebilirlik bilinci

Etkinlik 5: “Akıllı Şehir Projesi”

Ders İlgisi: STEM Tüm Disiplinleri + Sosyal Bilgiler (Kent planlama)

Yaş Grubu: 8. sınıf

Amaç: Teknolojik ve mühendislik çözüm üretimiyle toplumsal fayda üretme

Süreç:

1. Senaryo: “Yeni bir şehir planlasaydın, enerji, ulaşım, çevre gibi sorunları nasıl çözerdin?”
2. Planlama: Takım oluşturma – rollerin dağılımı (mühendis, çevreci, matematikçi)
3. Tasarım: Akıllı bina, sensörlü yol, yeşil alanlar içeren şehir modeli maketi
4. Teknoloji Kullanımı: LED sistemleri, devre, sensör maketleri
5. Sunum: Projenin işlevi, çözüm getirdiği sorunlar, maliyet analizi
6. Değerlendirme: Jüri ve akran geri bildirimleriyle değerlendirme

Kazanımlar:

- Disiplinler arası düşünme
- İş birliği ve görev paylaşımı
- Sürdürülebilir kent vizyonu
- Teknoloji, estetik ve mühendisliği birleştirme

Bu etkinlikler, ortaokul öğrencilerinin yaş özelliklerine, bilişsel gelişim düzeylerine ve ilgi alanlarına uygun olarak yapılandırılmıştır. Her bir etkinlik şu temel kazanımları hedefler:

- Eleştirel düşünme ve analiz becerisi
- Sistematik problem çözme
- Bilimsel yöntemlerin uygulanması
- Ürün/prototip geliştirme deneyimi
- İş birliği ve iletişim yetkinlikleri
- Dijital araçları anlamlı şekilde kullanma
- Toplumsal ve çevresel farkındalık

Genel Değerlendirme

Ortaokul düzeyi, öğrencilerin yalnızca akademik içerikle değil; aynı zamanda hayatla, teknolojiyle ve kendi düşünsel kapasiteleriyle daha bütünlüklü ilişkiler kurmaya başladıkları kritik bir gelişim dönemidir. Bu evre, aynı zamanda 21. yüzyıl becerilerinin temellendiği ve bireyin eğitimle hayata hazırlanma sürecinin derinleştiği bir aşamadır. STEM eğitimi, bu dönemde öğrencilerin gelişimsel özelliklerine, öğrenme gereksinimlerine ve toplumsal sorumluluk duygularına yanıt verebilecek güçlü bir pedagojik çerçeve sunar (Bybee, 2013; NRC, 2012).

Bu bölümde yer alan içerikler göstermektedir ki, ortaokul öğrencilerine yönelik STEM uygulamaları yalnızca bilgi aktarımına dayalı değil; aktif katılıma, üretkenliğe ve problem çözmeye dayalı bir öğrenme kültürünü benimsemelidir. Özellikle proje tabanlı öğrenme ile bütünleştirilen STEM uygulamaları, öğrencilerin hem akademik performansını hem de sosyal-duygusal gelişimini anlamlı biçimde desteklemektedir (Barron & Darling-Hammond, 2008; Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Disiplinler arası bütünleşme, bu yaş grubunun analitik düşünme kapasitesini ve öğrenme transfer becerisini geliştirmede kritik bir rol oynar. Fen bilimleri, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarının birlikte kullanılması, öğrencinin bilgiye çok yönlü yaklaşmasını sağlar. Bu sayede öğrenci yalnızca bir “fen problemi” değil, aynı zamanda bu problemin toplumsal, teknik ve hesaplama dayalı boyutlarını da kavrayabilir hale gelir (Beers, 2011; Drake & Reid, 2020).

STEM planlamalarında dikkat edilmesi gereken noktalar ise öğrenci gelişim

düzeyine, merak ve ilgi alanlarına, öğrenme stillerine ve sosyal etkileşim ihtiyacına uygun biçimde yapılandırılmıştır. Öğrenci merkezli, esnek, dijital araçları entegre eden ve gerçek yaşam problemlerine odaklanan öğrenme senaryoları; sadece öğrenmenin kalıcılığını değil, öğrencinin özgüvenini, yaratıcılığını ve sorumluluk bilincini de artırmaktadır (Papalia & Martorell, 2021; Fosnot, 2005).

Etkinlik tasarımlarına baktığımızda, öğrencilerin günlük yaşam bağlamlarıyla ilişki kurarak ürün geliştirdikleri; aynı zamanda bilimsel yöntemleri uygulama, prototip tasarlama, test etme, sunma ve değerlendirme aşamalarına aktif biçimde katıldıkları görülmektedir. Bu süreçler, öğrencilerin hem bilişsel hem duyuşsal hem de sosyal becerilerinin eş zamanlı gelişimini sağlayan çok katmanlı öğrenme ortamları yaratmaktadır.

Sonuç olarak, ortaokul düzeyinde STEM eğitimi; öğrencilerin akademik başarılarının ötesine geçerek onların düşünsel bağımsızlık kazandığı, üretim ve çözüm odaklı bireyler hâline geldikleri bir eğitim modelini mümkün kılmaktadır. Etkin planlanmış ve pedagojik olarak temellendirilmiş STEM uygulamaları, sadece bugünün öğrencilerini değil; geleceğin bilim insanlarını, mühendislerini, çevre aktivistlerini ve toplumsal liderlerini yetiştirmede de kilit bir role sahiptir. Bu nedenle STEM eğitimi, ortaokul öğretiminde yalnızca alternatif bir yöntem değil, eğitimin dönüşümünü sağlayacak stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir.

7. BÖLÜM

STEM'İN DERSLERE ENTEGRASYON STRATEJİLERİ

- 7.1. STEM ve Fen Bilimleri
- 7.2. STEM ve Matematik
- 7.3. STEM ve Türkçe Dersleri
- 7.4. STEM ve Görsel Sanatlar – Tasarım
- 7.5. STEM ve Bilişim Teknolojileri
- 7.6. STEM Entegrasyonunda Öğretim Programı Analizi

BÖLÜM 7: STEM'İN DERSLERE ENTEGRASYON STRATEJİLERİ

STEM eğitimi, geleneksel ders yapılarının ötesine geçerek fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bir araya getiren, üretim ve problem çözmeye dayalı bütüncül bir öğrenme yaklaşımıdır. Ancak STEM yalnızca bu dört alanla sınırlı değildir. Günümüz öğrenme ortamlarında STEM yaklaşımı, dil, sanat, bilişim gibi farklı ders alanlarıyla entegre edilerek daha etkili ve çok boyutlu öğrenme deneyimlerine dönüştürülmektedir (Beers, 2011; Bybee, 2013).

Derslerin STEM ile entegrasyonu; hem öğrencilere disiplinler arası düşünme becerisi kazandırmakta hem de soyut bilgilerin somut ürün ve uygulamalara dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu entegrasyon sayesinde öğrenciler, bir dersin içeriğini sadece teorik olarak değil; gerçek yaşamla bağlantı kurarak, deneyimleyerek, uygulayarak ve değerlendirerek öğrenme fırsatı bulurlar (Drake & Reid, 2020).

Örneğin fen derslerinde bir doğal olgu mühendislik tasarımıyla çözülebilirken,

matematik dersinde bir verinin grafik analiziyle yorumlanması STEM sürecine dâhil edilebilir. Türkçe derslerinde problem çözümüne yönelik bir metin yazımı ya da görsel sanatlarda geliştirilen estetik prototip tasarımı bu disiplinler arası yaklaşımın zengin örnekleridir. Ayrıca bilişim teknolojileriyle desteklenen STEM uygulamaları, dijital okuryazarlık, veri güvenliği, kodlama gibi çağın gerekliliklerine doğrudan karşılık vermektedir.

Bu bölümde, STEM yaklaşımının farklı derslerle entegrasyonuna ilişkin stratejiler, uygulama örnekleri ve öğretim programı bağlamında değerlendirme ölçütleri ele alınacaktır. Amaç; öğretmenlerin kendi branşlarında STEM pedagojisine dayalı etkili ders tasarımları geliştirebilmeleri için kuramsal ve uygulamalı bir yol haritası sunmaktır.

7.1. STEM ve Fen Bilimleri

STEM Yaklaşımının Fen Bilimleri ile Doğal Uyum

Fen Bilimleri dersi, STEM yaklaşımının en doğal bileşenlerinden biridir. Çünkü STEM'in temelinde yer alan “bilimsel sorgulama”, “gözlem yapma”, “hipotez kurma”, “deney tasarlama”, “veri toplama” ve “kanıta dayalı yorumlama” gibi süreçler doğrudan Fen Bilimleri öğretiminde karşılık bulur. STEM'in problem çözme ve üretim odaklı yapısı, Fen Bilimleri derslerinin daha etkili, işlevsel ve yaşamla bağlantılı biçimde öğretilmesini destekler (NRC, 2012; Bybee, 2013).

Geleneksel fen öğretiminde öğrenciler çoğunlukla hazır bilgiyi ezberlemeye yönlendirilirken; STEM destekli fen öğretimi, öğrenciyi aktif bir öğrenen hâline getirir. Öğrenci yalnızca bir doğa olayını anlamakla kalmaz, bu olayın yarattığı problemi analiz eder, çözüm üretir, prototip geliştirir ve gerekçeli bir ürün ortaya koyar. Böylece öğrenme sadece “ne”yi bilmekten çıkıp “nasıl” ve “neden” sorularıyla derinleşir.

STEM ile Fen Bilimleri Entegrasyonunun Kuramsal Temeli

STEM ve Fen Bilimleri entegrasyonu yapılandırmacı öğrenme (Piaget), sosyal öğrenme (Vygotsky), yansıtıcı düşünme (Dewey) ve Bloom'un taksonomisi gibi birçok kuramla pedagojik olarak örtüşmektedir. Özellikle 5E öğretim modeli, deneysel süreçlere dayalı yapılandırmacı fen öğretiminin STEM içeriğine

dönüştürülmesinde etkili bir model olarak öne çıkmaktadır (Bybee, vd., 2006).

Ek olarak, fen derslerindeki deneysel süreçlerin mühendislik tasarım döngüsü (problem tanımlama → fikir geliştirme → prototip üretme → test → değerlendirme) ile birleştirilmesi, öğrencilerin üretim temelli bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak sağlar (Moore vd., 2014).

Entegrasyon Uygulaması: STEM ile Zenginleştirilmiş Fen Konuları

STEM yaklaşımı, Fen Bilimleri öğretiminde aşağıdaki alanlarda güçlü biçimde kullanılabilir:

- **Madde ve ısı:** Isı yalıtımı tasarımı, sıcaklık ölçümleri ile enerji verimliliği prototipleri
- **Canlılar ve yaşam:** Bitki büyüme deneyleri, fotosentez kabinleri, su döngüsü modelleri
- **Fiziksel olaylar:** Elektrik devresi tasarımı, basit motor geliştirme, ses yalıtımı prototipi
- **Dünya ve evren:** Güneş enerjisi kullanımı, sera etkisi maketleri, su arıtma sistemleri

Örneğin, “Isı Yalıtımı” ünitesinde öğrenciler farklı malzemelerle izolasyon kutuları tasarlayarak hangi malzemenin en az ısı kaybına neden olduğunu test eder. Bu süreçte fen bilgisi (ısı iletimi), matematik (ölçüm ve veri analizi), mühendislik (tasarım ve prototip üretimi) ve teknoloji (termometre, grafik çizimi) bütüncül biçimde entegre olur.

Öğrenci Kazanımları

Fen Bilimleri dersi ile STEM’in bütünleştirilmesi aşağıdaki öğrenme çıktılarının gelişmesini sağlar:

- Bilimsel süreç becerileri
- Nedensel akıl yürütme ve hipotez kurma
- Doğa olaylarını yorumlama ve uygulama
- Gözleme dayalı karar verme
- Üretim temelli bilimsel düşünme
- Sosyal sorumluluk ve çevresel farkındalık
- Takım çalışması ve iş birliği

Öğretmenlere Yönelik Uygulama Önerileri

- **5E modeli** ile fen konularını STEM döngüsüne uygun biçimde planlayın.
- Konu kazanımlarını mühendislik ve teknoloji ile ilişkilendirin.
- Her fen ünitesi sonunda bir “probleme dayalı STEM görevi” yapılandırın.
- Öğrencilere deneysel veri üzerinden prototip geliştirme fırsatı tanıyın.
- Değerlendirmede süreç ve ürün bileşenlerini birlikte kullanın (rubrik, gözlem, sunum).

STEM’in Fen Bilimleri dersine entegrasyonu, öğrencilerin bilimi yalnızca bir kavramlar bütünü olarak değil; yaşamın içinden, çözüm üreten ve dönüşüm sağlayan bir araç olarak deneyimlemelerini sağlar. Bu yaklaşım, fen öğretimini derinleştirir, öğrenmeyi kalıcılaştırır ve öğrencileri gelecekteki bilimsel, teknolojik ve toplumsal sorunlara karşı donanımlı bireyler olarak yetiştirir.

7.2. STEM ve Matematik

STEM Yaklaşımında Matematiğin Temel Rolü

Matematik, STEM yaklaşımının merkezinde yer alır ve diğer üç disiplinin (fen, mühendislik ve teknoloji) yapılandırılmasında temel bir araç işlevi görür. STEM’in çözüm odaklı ve üretim temelli doğasında matematik; modelleme, ölçüm, veri analizi, işlem yapma, grafik çizme, mantıksal akıl yürütme ve algoritmik düşünme gibi işlevleriyle sürecin bütününde yer alır (English ve King, 2015; NRC, 2012).

Matematik, fen deneylerinin sonuçlarının analizinde, mühendislik tasarımlarının hesaplamalarında ve teknolojik araçların programlanmasında vazgeçilmez bir rol oynar. Bu nedenle, STEM uygulamalarında matematik yalnızca bir ders değil; aynı zamanda tüm süreci taşıyan soyut bir dil ve düşünme biçimidir (Cai vd., 2020).

Kuramsal Temel: Yapılandırmacı ve Problem Çözme Odaklı Matematik

STEM’in matematikle entegrasyonunda yapılandırmacı öğrenme kuramı, problem çözme kuramı), yansıtıcı düşünme ve Bloom’un revize edilmiş takso-

nomisi önemli kuramsal zeminler sunar. Bu kuramlar, öğrencinin matematiksel bilgiyi yalnızca ezberlemesini değil; keşfetmesini, kullanmasını, analiz etmesini ve yeni bağlamlara transfer etmesini hedefler (Anderson & Krathwohl, 2001).

Özellikle “matematiksel modelleme” yaklaşımı, STEM etkinliklerinde öğrencinin problem durumunu sayısal olarak temsil etmesine, çeşitli senaryoları simüle etmesine ve çözüm alternatifleri üretmesine olanak tanır (Blum & Borromeo Ferri, 2009).

STEM Süreçlerinde Matematiğin İşlevleri

STEM uygulamalarında matematik, aşağıdaki işlevlerle aktif biçimde rol alır:

- **Problem tanımlama ve modelleme** (örneğin yapıların dayanıklılık hesabı)
- **Ölçme ve hesaplama** (alan, hacim, zaman, hız vb.)
- **Veri toplama ve analiz etme** (deneysel sonuçların karşılaştırılması)
- **Oran-orantı, yüzdelik, grafik çizimi** (enerji tasarrufu hesaplamaları vb.)
- **Mantıksal akıl yürütme ve çıkarım** (en uygun çözümün belirlenmesi)
- **Algoritmik düşünme ve sıralama** (kodlama etkinlikleri)

Entegrasyon Uygulaması: Matematiğin STEM ile Etkileşimi

Matematik, STEM etkinliklerinde başka disiplinlerle şu şekillerde birleşir:

- **Fen + Matematik:** “Isı iletimi deneyinde sıcaklık farklarını tabloya aktarma ve ortalama hesaplama”
- **Mühendislik + Matematik:** “Köprü tasarımında yük dağılımı ve simetri analizi”
- **Teknoloji + Matematik:** “Kodlama algoritmalarında döngü, sayı dizisi ve şartlı ifadeler”

Uygulama Örneği:

Etkinlik: “Bir sokağın aydınlatma sistemini tasarla”

- **Fen:** Ampul ve elektrik devresi
- **Mühendislik:** Lamba direği yüksekliği, malzeme seçimi
- **Matematik:** Lamba başına enerji tüketimi, toplam maliyet, alan hesaplaması

- Teknoloji: Tinkercad ile devre tasarımı, grafikte tüketim analizi

Öğrenci Kazanımları

STEM ile matematik entegrasyonu şu alanlarda öğrenci gelişimini destekler:

- Matematiksel düşünme ve soyutlama becerisi
- Gerçek yaşam problemlerinde matematik kullanımı
- Sayısal veriye dayalı karar verme
- Uygulamalı matematiksel modelleme
- Hesaplama ve veri yorumlama becerisi
- Eleştirel ve sistemsel düşünme

Öğretmenlere Yönelik Pedagojik Öneriler

- Matematik konularını “gerçek problem bağlamında” sunun.
- “Neden bu hesaplama gerekli?” sorusunu öğrencilere sordurarak matematiği işleve dönüştürün.
- STEM etkinliklerinde veriye dayalı sunumlar, grafik yorumlamaları ve tablolarla öğrenmeyi pekiştirin.
- Kodlama etkinliklerinde algoritmik düşünmeyi matematiksel sıralama ve işlem süreçleriyle ilişkilendirin.
- Ölçme ve modelleme süreçlerini deneysel görevlerle birleştirin.

STEM eğitimiyle bütünleştirilen matematik öğretimi, öğrencilerin yalnızca işlem yapabilen bireyler değil; veriye dayalı düşünen, problem çözebilen, modelleme yapabilen ve günlük yaşamda matematiği anlamlı şekilde kullanabilen bireyler olarak yetişmesini sağlar. Bu sayede matematik, öğrencilerin zihninde yalnızca ders değil; bir araç, bir çözüm dili ve bir yaşam becerisi olarak yer edinir.

7.3. STEM ve Türkçe Dersleri

Giriş: STEM'in Dil Becerileriyle Olan Doğal İlişkisi

STEM eğitimi, yalnızca fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına özgü bir yapı gibi algılansa da; bu alanların etkili ve anlamlı bir şekilde uygulanabilmesi büyük ölçüde dil becerilerine bağlıdır. Problem tanımlama, hipotez kurma, açıklama yapma, sonuçları yorumlama, grup içinde iletişim kurma, proje raporu yazma ve sunum yapma gibi STEM süreçlerinin tamamı, güçlü okuma, yazma, konuşma ve dinleme becerileri gerektirir (Yore, Pimm & Tuan, 2007).

Bu bağlamda Türkçe dersi, STEM disiplinlerinin başarısını destekleyen dilsel bir zemin sunar. Türkçe eğitimi ile STEM entegrasyonu, hem bilimsel okuryazarlığın hem de iletişim temelli öğrenme süreçlerinin gelişimine katkı sağlar (Hand vd., 2003).

Kuramsal Temel: STEM + Dilsel Okuryazarlık

- **Yapılandırmacı öğrenme** kuramı, öğrencinin bilgiyi kendi deneyimi ve diliyle inşa ettiğini vurgular (Fosnot, 2005).
- **Vygotsky'nin sosyokültürel öğrenme kuramı**, öğrenmenin sosyal etkileşim ve dil yoluyla gerçekleştiğini belirtir (Vygotsky, 1978).
- **Disiplinler arası okuryazarlık** yaklaşımı, bilimsel bilgi üretiminin yalnızca veriyle değil, dil yoluyla da anlam kazandığını ortaya koyar (Shanahan & Shanahan, 2008).

Bu yaklaşımlar doğrultusunda Türkçe dersi, STEM süreçlerinde öğrencinin düşüncelerini ifade etme, akıl yürütme ve kavramsal anlam geliştirme süreçlerine katkı sağlar.

STEM Süreçlerinde Dilsel Becerilerin Rolü

STEM uygulamalarında Türkçe dersinin desteklediği beceriler şunlardır:

- **Okuma:** Bilimsel metinleri, proje yönergelerini, teknik dokümanları anlama
- **Yazma:** Proje raporu, günlük, gözlem formu, sunum metni, deney raporu yazma
- **Konuşma:** Grup içi tartışma, ürün sunumu, fikir savunma, akran geri bildirimi

- **Dinleme:** Grup arkadaşlarının fikirlerini anlama, yönergeleri doğru takip etme

✂ Örnek: Bir STEM projesinde öğrenciler, “akıllı trafik lambası tasarımı” yaparken, problemin tanımını yazılı olarak yapar, çözüm önerilerini tartışır, prototipi sınıfa sunar ve süreçle ilgili günlük yazar.

STEM ve Türkçe Derslerinin Bütünleştiği Uygulama Örnekleri

1. **STEM Günlüğü Tutma** Her STEM etkinliğinde öğrencinin kendi sürecini yazılı olarak ifade ettiği “öğrenme günlüğü” oluşturmaları, hem yazma becerilerini hem de metabilîşel farkındalığını geliştirir.
2. **STEM Hikâyeleştirme (STEM Storytelling)** Öğrencilerden, gerçekleştirdikleri bir STEM tasarım sürecini bir karakter üzerinden öyküleştirmeleri istenir. Örn: “Bir robot nasıl konuşmayı öğrendi?” – hem yaratıcı yazma hem teknik anlatım becerisi gelişir.
3. **Bilimsel Sözcüklerle Kavram Haritası Oluşturma** Fen ve mühendislikle ilgili kavramları öğrenen öğrenciler, Türkçe dersinde bu kavramları kullanarak tanımlar, örnek cümleler yazar ve aralarında bağ kurar.
4. **STEM Projesi Sunumu – Konuşma Eğitimi** Projelerini sözlü olarak sunan öğrenciler, beden dili, ses tonu, akıcı konuşma, ikna edici anlatım gibi Türkçe dersi kazanımlarını STEM bağlamında uygular.

Öğrenci Kazanımları

Türkçe-STEM entegrasyonu sayesinde öğrenciler:

- **Disiplinler arası okuryazarlık** becerileri kazanır.
- **Bilimsel dili** anlama ve kullanma becerisi geliştirir.
- **Kavramsal derinlik** oluşturur.
- **Sunum ve raporlama** becerileri kazanır.
- **Yaratıcı ve eleştirel yazma** yetkinliği edinir.
- **İş birliğine dayalı iletişim** kurar.

Öğretmenlere Yönelik Pedagojik Öneriler

- STEM süreçlerine yazılı anlatım ve sözlü sunum aşamaları eklenmeli.
- Her STEM görevinden sonra öğrencilere günlük yazdırılmalı veya deney raporu hazırlatılmalı.
- Türkçe dersinde STEM içerikli metinler (örneğin biyografi, bilgi metni, teknolojik gelişmeler) okutulmalı.
- Öğrencilerin yazma ürünleri bilimsel yazı türlerine (tanım, açıklama, rapor) yakınlaştırılmalı.
- Türkçe dersi, sadece “dil bilgisi” değil; dilsel düşünme ve ifade etme becerilerinin gelişimi için kullanılmalı.

STEM ve Türkçe dersleri arasında kurulacak bütüncül bir entegrasyon, öğrencilerin hem bilimsel hem de iletişimsel yeterliliklerini güçlendirir. Bilimsel bilgi üretiminin dilsel düşünmeyle iç içe geçtiği bu modelde, Türkçe dersi; STEM’i destekleyen değil, STEM’in yapıtaşlarından biri olarak değerlendirilmelidir. Böylece öğrenciler, hem düşünebilen hem ifade edebilen, hem tasarlayan hem anlatabilen bireyler olarak yetişir.

7.4. STEM ve Görsel Sanatlar – Tasarım

STEM eğitiminin merkezinde yer alan problem çözme, prototipleme, ürün geliştirme ve modelleme gibi süreçler, yalnızca teknik değil; aynı zamanda estetik ve işlevsel düşünmeyi de gerekli kılar. Bu bağlamda, görsel sanatlar ve tasarım becerileri, STEM’in hem üretkenliğini hem de öğrenme sürecinin kapsayıcılığını derinleştirir (Henriksen, 2014; Bequette & Bequette, 2012).

Özellikle STEAM (STEM + Art) yaklaşımında sanat, yalnızca çizim veya süsleme değil; yaratıcı düşünme, duysal farkındalık, tasarım estetiği, görsel anlatım ve duygusal ifade gibi öğrenmenin temel ögesi hâline gelmiştir. Bu bölümde, görsel sanatlar dersinin STEM süreçlerine nasıl entegre edilebileceği, hangi becerileri geliştirdiği ve sınıf içi uygulamalara nasıl dönüştürülebileceği ele alınacaktır.

Sanat ve STEM'in Ortak Paydaları

Sanat ve STEM disiplinleri, yüzeyde farklı gibi görünse de aşağıdaki ortak beceri alanlarında buluşurlar:

- **Yaratıcılık:** Farklı ve özgün çözümler üretebilme
- **Görselleştirme:** Kavramların, süreçlerin ve ürünlerin görsel olarak ifade edilmesi
- **Tasarım düşüncesi:** Empati kurma, fikir geliştirme, prototipleme, test etme
- **Problem çözme:** Estetik, işlevsellik ve kullanıcı ihtiyaçlarını dengeleme
- **Duygusal ifade:** Ürünün biçim, renk ve yapı yoluyla anlam kazanması

“Sanat, STEM’e ruh ve anlam katar. Öğrenci sadece neyi ürettiğini değil, neden ve nasıl ürettiğini de ifade etme fırsatı bulur.”
— Henriksen, 2014

Görsel Sanatlar Dersinde STEM Entegrasyonu

Görsel sanatlar dersi; çizim, boyama, üç boyutlu tasarım, modelleme, kolaj ve dijital tasarım gibi becerilerle STEM projelerinin estetik boyutunu güçlendirecek en uygun alandır.

Entegrasyonun Sağladığı Katkılar:

- **Prototip estetiği:** STEM ürünlerinin daha kullanıcı dostu ve etkileyici hâle gelmesi
- **İletişim:** Poster, afiş, sunum tasarımı gibi görsel iletişim araçlarıyla STEM projelerinin anlatımı
- **Modelleme:** Mühendislik ve fen kavramlarının somutlaştırılmasına yardımcı olan çizim ve maket teknikleri
- **Sanatsal duyarlılık:** Renk, denge, kompozisyon gibi kavramlarla öğrencinin görsel farkındalığının gelişmesi
- **Disiplinler arası sentez:** STEM verilerinin sanatsal yorumlara dönüştürülmesi (örneğin infografik, 3D maket)

Uygulama Örnekleri

1. **STEM Afiş Tasarımı** Konu: “Geleceğin Şehirleri” Öğrenci, STEM projesinde geliştirdiği akıllı şehir modelini tanıtan estetik bir afiş tasarlar. Görsellerle bilgi sunma, slogan oluşturma, düzenleme becerisi gelişir.
2. **Tasarım Odaklı Prototip Çizimi** Konu: “Depreme Dayanıklı Ev” Görsel sanatlar dersinde öğrenciler, kendi mühendislik modellerini teknik çizim ilkelerine göre çizer; renk, doku ve form özelliklerini belirler.
3. **Dönüştür-Yarat: Geri Dönüşüm Sanatı** STEM’de çevresel farkındalık temasında öğrenciler atık malzemeleri toplayarak hem işlevsel hem estetik ürünler tasarlar (örneğin kalemlik, lamba, çanta).
4. **STEM Hikâyesini Resimle** Öğrenci, bir STEM etkinliğinde yaşadığı deneyimi çizimle anlatır. “Bir elektrik devresi nasıl kuruldu?”, “Robot nasıl programlandı?” gibi hikâyeler resimlenir.
5. **Dijital Tasarım ve Sunum** Canva, Tinkercad, AutoDraw gibi dijital araçlarla STEM projeleri için afiş, logo, simge ve kullanıcı arayüzü tasarımı yapılır.

Geliştirilen Öğrenci Becerileri

STEM + Görsel Sanatlar entegrasyonu sayesinde öğrenciler:

- Estetik ve işlevselliği bir araya getirerek **tasarım düşüncesi** geliştirir.
- Ürünlerini **görsel olarak anlatma**, sunma ve savunma becerisi kazanır.
- Görsel, çizimsel ve üç boyutlu ifade yolları aracılığıyla **soyut kavramları somutlaştırır**.
- **Yaratıcılık, özgünlük, eleştirel bakış ve görsel problem çözme** gibi beceriler geliştirir.
- Sanatsal üretimle **duygusal katılımı** artırır ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirir.

Öğretmenlere Yönelik Pedagojik Öneriler

- STEM projelerine tasarım bileşeni mutlaka dâhil edilmelidir.
- STEM sınıflarında görsel sunum, afiş, poster, prototip çizimi gibi görevler verilmelidir.
- Görsel sanatlar öğretmenleri, STEM projelerinde rehber tasarımcı olarak sürece entegre edilmelidir.
- Estetik değerlendirme ölçütleri (renk, oran-orantı, denge, işlevsellik) ürün rubriklerine eklenmelidir.
- STEM panoları, STEM sergileri gibi görsel çıktılar okul ortamında teşvik edilmelidir.

Görsel sanatlar ve tasarım, STEM eğitiminin yalnızca destekleyici değil; onu tamamlayan ve zenginleştiren bir bileşenidir. STEM projelerinde tasarım ve estetik süreçlere yer verilmesi, öğrencilerin hem yaratıcılığını hem de problem çözme becerilerini üst düzeye çıkarır. Böylece STEM uygulamaları, sadece teknik yeterlik değil; **duyusal, estetik ve ifade edici bütünlük** içinde yapılandırılmış çok boyutlu bir öğrenme deneyimine dönüşür.

7.5. STEM ve Bilişim Teknolojileri

21.yüzyılda eğitim; yalnızca bilgiyi aktaran değil, teknolojiyle entegre olmuş, **üretken**, veri okuryazarı ve yenilikçi bireyler yetiştirmeyi hedeflemektedir. Bu noktada bilişim teknolojileri (BT), STEM eğitiminin hem altyapısını hem de uygulama sürecini doğrudan etkileyen ve dönüştüren bir disiplin olarak öne çıkar (Voogt & Roblin, 2012). STEM'in her bir bileşeni—fen, teknoloji, mühendislik ve matematik—bilişim teknolojileriyle desteklendiğinde, öğrencilerin eleştirel düşünme, problemi dijital araçlarla çözme ve teknoloji okuryazarlığı gibi becerileri de doğal olarak gelişmektedir.

Dijital cihazlar, yazılımlar, simülasyonlar, robotik araçlar ve kodlama platformları STEM uygulamalarının hem altyapısını sağlar hem de öğrenmeyi daha anlamlı, somut ve etkileşimli hâle getirir (Mishra & Koehler, 2006). Bu bağlamda BT, STEM'in olmazsa olmaz bir parçası ve taşıyıcısıdır.

Kuramsal Temel

Bilişim teknolojilerinin STEM’e entegrasyonunda temel alınan başlıca kuramsal yaklaşımlar şunlardır:

- **TPACK Modeli** (Technological Pedagogical Content Knowledge): Öğretmenin teknolojik bilgiyi pedagojik ve içerik bilgisiyle bütünleştirerek etkili bir öğretim gerçekleştirmesi (Mishra & Koehler, 2006).
- **21. Yüzyıl Becerileri Yaklaşımı** (P21): Bilgi okuryazarlığı, medya ve teknoloji becerilerinin eğitim programlarına entegre edilmesini önerir.
- **Karmaşık Problem Çözme Kuramı** (Jonassen, 2000): Teknolojik ortamların, öğrencilerin karmaşık problemleri çözme becerilerini destekleyecek şekilde yapılandırılması gerektiğini savunur.

Bilişim Teknolojilerinin STEM Sürecindeki Rolü

Bilişim teknolojileri STEM uygulamalarında çok yönlü işlevlere sahiptir:

- **Araştırma ve Bilgiye Erişim:** İnternet, dijital kütüphaneler, video dersler
- **Tasarım ve Simülasyon:** Tinkercad, SketchUp, GeoGebra, PhET
- **Veri Toplama ve Analiz:** Google Sheets, Excel, sensör sistemleri
- **Programlama ve Robotik:** Scratch, Arduino IDE, Micro:bit, Python
- **İçerik Üretimi ve Sunum:** Canva, PowerPoint, video düzenleme araçları
- **Etkileşimli Öğrenme Ortamları:** Sanal laboratuvarlar, akıllı tahta uygulamaları, artırılmış gerçeklik (AR), yapay zekâ destekli içerikler

Uygulama Örnekleri

◆ Kodlama Tabanlı STEM Etkinliği: “Akıllı Lamba Sistemi”

Ders Bağlantısı: Fen – Işık, Elektrik | Teknoloji – Kodlama

Yaş Grubu: 6–8. sınıf

Araçlar: Micro:bit, LED, blok tabanlı kodlama arayüzü

Senaryo: Öğrencilerden ışık sensörü kullanarak bir sınıf lambasının gün ışığına göre açılıp kapanmasını sağlayan sistem geliştirmeleri istenir.

Süreç:

- Problem tanımlama

- Kodlama mantığının öğrenilmesi
- Devre tasarımı
- Test ve sunum
- Kazanım: Algoritmik düşünme, problem çözme, mühendislik döngüsü

◆Veri Analizi Etkinliği: “Hava Kalitesi ve Sağlık”

Ders Bağlantısı: Fen – Solunum sistemi | Matematik – Grafik oluşturma

Araçlar: Google Sheets, açık hava kalitesi veri platformları

Senaryo: Öğrenciler çevrelerindeki hava kalitesi verilerini analiz ederek, yüksek kirlilik oranlarının sağlığa etkisini araştırır ve çözüm önerileri geliştirir.

Süreç:

- Veri toplama
- Grafik oluşturma
- İlişki kurma
- Çözüm sunma
- Kazanım: Dijital veri okuryazarlığı, analiz, yorumlama

◆Dijital Tasarım Etkinliği: “3D Köprü Modeli”

Ders Bağlantısı: Matematik – Geometri | Mühendislik – Yapı tasarımı

Araçlar: Tinkercad

Senaryo: Öğrenciler, belirli bir ağırlığı taşıyacak şekilde üç boyutlu bir köprü modeli tasarlar.

Süreç:

- Problem tanımlama
- Tinkercad üzerinden çizim
- Dayanıklılık ilkeleri ile geliştirme
- Sanal test
- Kazanım: Uzamsal düşünme, modelleme, tasarım becerisi

Öğrenci Kazanımları

STEM'in BT ile bütünleşik uygulanması öğrencilerde şu yetkinlikleri geliştirir:

- **Dijital okuryazarlık** ve teknolojiyi amaca yönelik kullanma
- **Veri yorumlama**, analiz ve sonuç çıkarma becerisi
- **Programlama temelli problem çözme**
- **3D düşünme**, modelleme ve prototipleme
- **Yaratıcı içerik üretme**
- **Siber etik**, telif ve dijital güvenlik farkındalığı

Öğretmenler İçin Pedagojik Uygulama Önerileri

Öneri	Açıklama
Teknolojiyi amaçlı kullanın	STEM sürecinde teknoloji, süs değil; işlevsel bir öğrenme aracı olmalı
Dijital ürünler üretin	Öğrencilere afiş, grafik, sunum, animasyon gibi dijital görevler verin
Kodlama ve robotik entegre edin	Scratch, Arduino, Micro:bit gibi araçlarla problem çözme görevleri yapılandırın
Dijital veri ile çalışın	Grafik oluşturma, ölçüm yapma ve veri yorumlama etkinlikleri ekleyin
Dijital etik öğretin	Telif, kaynak gösterme, dijital vatandaşlık gibi kavramları öğretim sürecine dâhil edin

Bilişim teknolojileri, STEM eğitiminin dijital boyutunu oluşturarak yalnızca bilgi aktarımını değil; **keşfetmeyi, üretmeyi ve sunmayı da mümkün kılar**. Kodlamadan simülasyona, veri analizinden 3D modellemeye kadar BT araçları, STEM'in hem kapsamını hem derinliğini artırır. Bu nedenle, etkili bir STEM eğitimi, bilişim teknolojilerini sadece araç olarak değil, **öğrenmenin temel bileşeni** olarak görmeli ve sınıf içi uygulamalara entegre etmelidir.

7.6. STEM Entegrasyonunda Öğretim Programı Analizi

Öğretim programları, bir eğitim sisteminin pedagojik yönünü belirleyen, öğrenme hedeflerini, içerik düzenlemelerini, öğretim yöntemlerini ve değerlendirme ölçütlerini yapılandıran temel belgelerdir. Programların yapısı, yalnızca derslerin içeriğini değil; aynı zamanda bu içeriklerin öğrenciye nasıl sunulacağını, hangi öğretim süreçleriyle destekleneceğini ve nasıl değerlendirileceğini de belirler. Bu çerçevede, son yıllarda öğrenmenin daha etkin, işlevsel ve üretken biçimde gerçekleştirilmesi amacıyla öğretim programlarında giderek daha fazla yer bulan bazı temel yaklaşımlar dikkat çekmektedir. Özellikle problem temelli öğrenme, araştırma ve keşfe dayalı süreçler, proje geliştirme, disiplinler arası ilişkiler kurma ve öğrencinin aktif rol aldığı öğrenme ortamlarının teşvik edilmesi, öğretim programlarının çağdaş bir çizgide şekillendiğini göstermektedir.

Güncel öğretim programlarının çoğunda, öğrenci merkezli yaklaşım ön plandadır. Öğrenci; bilgiyi hazır olarak alan bir birey değil, bilgiyi sorgulayan, analiz eden, yeniden yapılandıran ve ürünleştiren bir birey olarak tanımlanır. Bu durum, öğretim süreçlerinde deney, gözlem, tasarım, üretim, yorumlama ve sunum gibi çok aşamalı öğrenme uygulamalarına yer verilmesini gerektirir. Öğrenciye verilen görevler daha çok yaşantısal nitelik taşımakta, öğrenme içerikleri gerçek hayatla ilişkilendirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca farklı disiplinlerin birbiriyle ilişkili şekilde yapılandırıldığı, bilişsel becerilerin yanı sıra sosyal, duyuşsal ve iletişim temelli kazanımların da dikkate alındığı program yapıları giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu dönüşümün en güncel örneklerinden biri, 2024 yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından açıklanan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'dir. TYMM, sadece içeriksel güncellemeler değil; aynı zamanda öğrenmenin doğasına ilişkin köklü bir yeniden yapılanma sunar. Modelde bilgi, beceri, değer ve tutum bir bütün olarak ele alınmakta; öğretim programlarının bu dört alanın etkileşimini destekleyecek biçimde yeniden düzenlenmesi hedeflenmektedir. Bu anlayış, programların yalnızca ne öğretileceğini değil; aynı zamanda nasıl öğretileceğini ve öğrencide ne türden etki bırakacağını da sorgulayan bir yönelim sergilemektedir. Bu yönüyle Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, farklı öğretim programlarının üretim odaklı, problem çözücü, iş birliğine dayalı ve anlam merkezli öğrenme süreçleriyle yeniden şekillenmesine olanak tanımaktadır.

Fen Bilimleri dersi, öğretim programları arasında doğa olaylarını anlama,

bilimsel yöntemleri kullanma, gözlem yapma, deney tasarlama ve veri yorumlama gibi becerilerin yer aldığı en yapılandırılmış alanlardan biridir. Öğrencilere çevreyle etkileşim kurma, bilimsel açıklamalar geliştirme ve bu açıklamaları gündelik yaşam bağlamında değerlendirme fırsatı sunan bu dersin programında, öğrenme süreçlerine aktif katılım, araştırmaya dayalı bilgi edinme ve somut deneyimlerle desteklenmiş kavram öğretimi temel alınmaktadır. Programda yer alan kazanımların çoğu, bir problemin tanımlanması, çözüm yollarının araştırılması ve uygulama süreçlerinin deneyimlenmesini teşvik eder niteliktedir. Bu yapı, öğrencinin doğaya, yaşadığı çevreye ve bilimsel gelişmelere karşı daha bilinçli, duyarlı ve çözüm odaklı bir bakış açısı geliştirmesini sağlar.

Matematik dersi programında ise, öğrencilerin sayısal düşünme becerilerini geliştirmeleri kadar, bu becerileri anlamlı bağlamlarda kullanabilmeleri amaçlanmaktadır. Öğretim programı, sadece işlem bilgisiyle sınırlı kalmayıp; ölçme, veri analizi, geometri, oran-orantı, olasılık ve problem çözme gibi alanlara yayılmış durumdadır. Özellikle veri ile çalışma, grafik oluşturma, tablo yorumlama ve gerçek yaşam problemleri üzerinden hesaplamalar yapma gibi süreçler, öğrencilerin matematiksel bilgilerini uygulama ortamlarında kullanmalarını desteklemektedir. Ayrıca son yıllarda yapılan güncellemelerle birlikte programda modelleme, strateji geliştirme, mantıksal akıl yürütme ve çözüm sürecini gerektiren gibi üst düzey becerilere de yer verilmektedir.

Türkçe öğretim programı ise, STEM yaklaşımıyla ilk bakışta doğrudan ilişkilendirilmese de, öğrencilere bilgi toplama, bilgi sunma, fikir üretme, yazılı ve sözlü ifade becerileri kazandırma bakımından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Programda yer alan “bilgilendirici metin yazma”, “metinler arası ilişki kurma”, “sunum hazırlama”, “yazılı görüş bildirme” ve “eleştirel okuma” gibi beceriler, öğrencilerin diğer derslerde yürüttükleri araştırma, tasarım ve ürün geliştirme süreçlerine katkı sunmaktadır. Ayrıca sözlü anlatım, sunum yapma, akranlarıyla fikir alışverişinde bulunma ve grup çalışmasına dayalı iletişim becerileri, problem temelli ve proje tabanlı öğrenme ortamlarının vazgeçilmez öğeleri arasındadır.

Görsel Sanatlar öğretim programı, özellikle üretim ve estetik boyutu açısından STEM ile bütünleşmeye oldukça elverişli bir yapıdadır. Öğrencilerin çizim, tasarım, modelleme, malzeme kullanımı, üç boyutlu düşünme ve görsel yorumlama gibi beceriler kazandıkları bu ders, projelerin estetik yönünü beslemenin ötesinde; aynı zamanda planlama, uygulama, ifade ve sunum süreçlerine doğrudan katkı sağlar. Öğretim programında öğrencilere yaratıcı düşünme, kendini

ifade etme ve görsel araçlarla iletişim kurma becerileri kazandırılması hedeflenmektedir. Bu hedefler, tasarım tabanlı düşünmenin ve ürün geliştirme süreçlerinin de temel bileşenlerindendir.

Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersi ise, dijital çağın gereklerine uygun bir biçimde, öğrencilere algoritma oluşturma, kodlama, veri güvenliği, dijital içerik üretimi, sanal ortamda araştırma yapma ve simülasyon oluşturma gibi beceriler kazandırmayı amaçlamaktadır. Öğretim programı; öğrencilerin hem bireysel hem de grup hâlinde, dijital araçlar yoluyla çözüm üretmesini teşvik eder. Ayrıca teknolojik okuryazarlık, güvenli internet kullanımı, görsel tasarım ve bilgi işlem becerileri ile donatılmış bireyler yetiştirmeye yönelik yapılandırılmıştır. Bu dersin öğretim yapısı, diğer tüm derslerde yürütülebilecek teknoloji destekli projelere katkı sağlayacak niteliktedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, öğretim programlarında son yıllarda gözlenen temel eğilimler; disiplinler arası bütünlük, uygulamaya dönüklük, üretim odaklılık, öğrenci katılımının **güçlendirilmesi**, problem çözme ve proje geliştirme becerilerinin desteklenmesi yönündedir. Bu eğilimler, STEM yaklaşımının uygulanabileceği sağlam bir yapı oluşturmaktadır. Bu nedenle öğretmenlerin, kendi branşlarına ait programları bu bakış açısıyla yeniden gözden geçirmeleri, kazanımları üretim ve keşif temelli senaryolarla desteklemeleri ve öğretim sürecini sadece bilgi aktarma değil, öğrenmeyi inşa ettirme süreci olarak yeniden yapılandırmaları büyük önem taşımaktadır.

Genel Değerlendirme

Bu bölümde, STEM yaklaşımının yalnızca fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarıyla sınırlı kalmadan; Türkçe, görsel sanatlar, bilişim teknolojileri gibi farklı derslerle de bütünleştirilebileceği ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur. STEM'in çok boyutlu yapısı, farklı disiplinlerdeki öğrenme süreçlerini birbirine bağlayan bir köprü görevi görerek öğretim programlarında anlamlı bir dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir.

Geleneksel ders yapılarında bilgi çoğunlukla parçalı ve birbirinden kopuk şekilde sunulurken; STEM yaklaşımı, öğrencilerin farklı disiplinlerden gelen bilgileri bir problem bağlamında bütünleştirerek anlamlandırmalarını sağlar. Bu bütünleştirme süreci, öğrencinin yalnızca akademik içerikle değil; aynı zamanda üretim, iş birliği, iletişim, estetik duyarlılık ve dijital okuryazarlık gibi yaşam

becerileriyle de donanmasını mümkün kılar. Bu bağlamda STEM, hem kuramsal hem pedagojik hem de uygulamalı bir değişimi temsil eder.

Fen Bilimleri ile entegrasyon, STEM'in en doğrudan ve doğal ilişki kurduğu alan olarak öne çıkmakta; bilimsel sorgulama, deneysel süreçler ve hipotez temelli öğrenme ile öğrencinin bilimsel düşünme becerileri güçlendirilmektedir. Matematik, STEM sürecinde veri yorumlama, ölçüm, modelleme ve mantıksal akıl yürütme gibi soyut becerileri uygulamaya dönüştüren bir dil işlevi görmektedir. Türkçe dersi, öğrencilerin düşüncelerini ifade etme, proje süreçlerini raporlama ve bilimsel anlatım becerilerini geliştirme bakımından STEM'in iletişimsel yönünü desteklemektedir. Görsel sanatlar dersi, STEM projelerine estetik boyut ve yaratıcı tasarım bakış açısı kazandırmakta; öğrencilerin duysal katılımını artırmaktadır. Bilişim teknolojileri ise STEM'in dijital boyutunu oluşturarak kodlama, veri analizi, simülasyon, 3D modelleme ve sunum gibi uygulamalara zemin hazırlamakta, STEM'i çağın teknolojik gereklilikleriyle buluşturmaktadır.

Ayrıca bu bölümde, yalnızca ders düzeyinde değil; öğretim programları genelinde de bir çözümleme yapılmış ve özellikle Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) kapsamında yapılan yeniliklerin, STEM temelli öğrenme uygulamaları açısından sunduğu imkânlarla dikkat çekilmiştir. TYMM ile birlikte bilgi-beceri-değer-tutum bütünlüğü vurgulanmakta; üretim, araştırma, iş birliği ve proje temelli öğrenme süreçleri desteklenmektedir. Bu yönüyle öğretim programlarının hem yapısal hem işlevsel olarak STEM'e uygun bir zemin sunduğu açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak, STEM'in derslere entegrasyonu yalnızca öğretim yöntemleriyle ilgili bir değişiklik değil; öğrencinin öğrenmeye bakış açısını dönüştüren, öğretmenin rehberlik rolünü yeniden tanımlayan ve sınıf ortamını çok boyutlu öğrenme laboratuvarına dönüştüren bir paradigma değişimidir. Öğretmenlerin, kendi branşlarına ait öğretim programlarını bu bakış açısıyla yeniden ele alarak; öğrencilerin sadece bilgiyi bilen değil, bilgiyle düşünen, üreten ve paylaşan bireyler olarak yetişmesine katkı sunmaları büyük önem taşımaktadır.

8. BÖLÜM

ETKİNLİKLER VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

- 8.1. Haftalık ve Dönemlik STEM Planları
- 8.2. Problem Temelli STEM Uygulamaları
- 8.3. Doğa ve Toplum Temelli STEM Senaryoları
- 8.4. Kodlama ve Robotik Tabanlı STEM Uygulamaları
- 8.5. STEM Atölyesi Örnekleri
- 8.6. Yerel Kalkınma ve STEM: Coğrafi ve Kültürel Temalarla Tasarım

BÖLÜM 8: ETKİNLİKLER VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

STEM eğitimi, yalnızca kuramsal bir yaklaşım değil; uygulamaya dayalı, üretim odaklı ve öğrenme sürecini deneyime dönüştüren güçlü bir öğretim modelidir. Bu yönüyle STEM, öğretmenlerin sınıf ortamında somut olarak hayata geçirebilecekleri uygulama örnekleri ve etkinlik planlarıyla anlam kazanır. Öğrencilerin disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirebilmeleri, gerçek yaşam problemlerine çözüm üretebilmeleri ve yaratıcı üretim süreçlerine dâhil olabilmeleri için yapılandırılmış etkinlikler, STEM eğitimini etkili ve sürdürülebilir kılmanın temel taşıdır (Bybee, 2013;English ve King, 2015).

Bu bölümde sunulan etkinlik örnekleri; haftalık-dönemlik planlamalar, problem temelli öğrenme uygulamaları, doğa ve toplum temelli senaryolar, kodlama ve robotik tabanlı çalışmalar, STEM atölyesi organizasyonları ve yerel kültürel temalara dayalı tasarımları kapsamaktadır. Her etkinlik örneği, farklı öğrenme düzeylerine uygun olarak geliştirilmiş; bilişsel, sosyal, duyuşsal ve psikomotor gelişimi destekleyen şekilde yapılandırılmıştır.

Ayrıca etkinliklerin pedagojik temelleri; yapılandırmacı öğrenme kuramı, mühendislik tasarım süreci, proje tabanlı öğrenme modeli ve 21. yüzyıl becerileri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu etkinlikler yalnızca bilgi kazandırmakla kalmaz; aynı zamanda öğrencinin düşünmesini, tasarlamasını, üretmesini, sunmasını ve yansıtmalarını sağlayan bütüncül bir öğrenme deneyimi sunar.

Bölüm boyunca sunulan uygulama örnekleri, farklı branşlardan öğretmenlerin kendi alanlarında STEM pedagojisini nasıl hayata geçirebileceklerine dair yol gösterici nitelikte olup, aynı zamanda okul temelli projelerin, atölye çalışmalarının ve disiplinler arası tasarımların temelini oluşturmaktadır.

8.1. Haftalık ve Dönemlik STEM Planları

STEM eğitiminin sınıf içi uygulamaları yalnızca bireysel etkinliklerden ibaret değildir. Bu uygulamaların sistematik hâle getirilmesi, öğrencilerin süreç boyunca disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirebilmeleri ve kalıcı öğrenme sağlayabilmeleri için haftalık ve dönemlik planlamalarla desteklenmesi gerekmektedir. Haftalık ve dönemlik STEM planları, öğretim sürecini yalnızca tek seferlik projelerden çıkararak, uzun vadeli kazanımlara yönelen, yapılandırılmış ve sürdürülebilir bir hâle getirir (Wang vd., 2011).

◆ Haftalık Planlamaların Özellikleri

Haftalık STEM planları, öğrencilerin kısa sürede bir problem üzerinden düşünme, tasarım yapma, prototip geliştirme ve sunum gerçekleştirme becerilerini geliştirmeye yönelik yapılandırılmış mini STEM döngüleridir. Bu tür planlamalarda özellikle 1–2 ders saati boyunca uygulanabilecek, temel mühendislik tasarımı ve veri analizi içeren etkinlikler yer alır.

Örnek Haftalık Plan: “En Uzun Mesafeye Giden Araba”

Süre: 2 ders saati (1 hafta)

Hedef: Lastik enerjisi ile çalışan basit bir araç modeli geliştirerek enerji dönüşümlerini anlamak

Adımlar:

- 1. Giriş ve problem tanımı:** “Elektrik olmadan hareket eden bir araba tasarlayabilir miyiz?”

2. **Planlama:** Malzeme listesi oluşturma (lastik, çubuk, pipet, karton)
3. **Tasarım ve prototip:** Araba modelinin inşası
4. **Test:** Arabanın hareket mesafesinin ölçümü
5. **Yorumlama:** Hangi tasarım daha uzağa gitti? Neden?
6. **Yansıtma:** Tasarımda neyi değiştirdiniz?

◆ Dönemlik STEM Planlarının Yapısı

Dönemlik STEM planları ise, genellikle 6–8 haftaya yayılan, bir ana tema etrafında ilerleyen ve öğrencilerin derinlemesine araştırma yapmasını, çok aşamalı tasarımlar gerçekleştirmesini ve çeşitli çıktılar üretmesini hedefleyen uzun süreli öğrenme projeleridir. Bu planlar, proje tabanlı öğrenme modeli ve mühendislik tasarım süreciyle iç içe geçirilerek yapılandırılır.

Örnek Dönemlik Plan: “Sürdürülebilir Yaşam Alanı Tasarımı”

Süre: 6 hafta – Her hafta 2 ders saati

Hedef: Öğrencilerin çevresel sürdürülebilirlik konusunu anlamaları ve kendi yaşadıkları bölgeye uygun bir yaşam alanı tasarlamaları

Haftalık Aşamalar:

1. **Hafta 1:** Sürdürülebilirlik kavramı, doğal kaynaklar, çevresel sorunların analizi
2. **Hafta 2:** Enerji kaynakları – Güneş, rüzgâr, biyokütle hakkında araştırma
3. **Hafta 3:** Su yönetimi sistemleri – Arıtma, yağmur suyu toplama
4. **Hafta 4:** Mühendislik tasarımı: Yerleşim planı, enerji ve su sistemleri
5. **Hafta 5:** Prototip geliştirme – Karton maket, dijital çizim
6. **Hafta 6:** Sunum – Maket tanıtımı, tasarım raporu, akran değerlendirmesi

◆ Planlama Sürecinde Dikkat Edilmesi Gerekenler

- **Ders içeriğiyle uyum:** STEM planları, müfredattaki kazanımlar ve tema haftalarıyla bütünleşmeli.
- **Yaş ve düzey uygunluğu:** İlkokul düzeyinde somut materyal ve görsel destekli planlara, ortaokul düzeyinde daha soyut ve çok değişkenli senar-

yolara yer verilmelidir.

- **Gelişimsel aşamalara uygunluk:** Öğrencinin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor gelişimi dikkate alınmalıdır.
- **Çıktı çeşitliliği:** Planlar sonunda ürün, sunum, yazılı rapor, dijital afiş, model gibi çoklu çıktılar üretilmelidir.
- **Değerlendirme entegrasyonu:** Her plan içerisinde süreç ve ürün değerlendirmesi için rubrik, öz değerlendirme ve akran değerlendirmesi araçları yer almalıdır.

◆ Öğretmenler İçin Uygulama Önerileri

- Her dönem başında 2–3 uzun süreli STEM projesi belirleyin ve haftalık takvim oluşturun.
- STEM planlarını disiplinler arası ders ekipleriyle (fen, matematik, bilişim, Türkçe, sanat) birlikte tasarlayın.
- Planlama şablonları hazırlayarak öğrenci sürecini görünür hâle getirin (hedef, adımlar, süre, görev dağılımı).
- STEM panoları ya da okul içi vitrinlerle haftalık/dönemlik projeleri paylaşarak öğrenci motivasyonunu artırın.

8.2. Problem Temelli STEM Uygulamaları

Problem temelli öğrenme (Problem-Based Learning – PBL), STEM yaklaşımının en güçlü pedagojik yapı taşlarından biridir. Bu yöntem, öğrencilere gerçek yaşamdan alınmış, açık uçlu ve çözüm bekleyen bir problem sunarak, onların bu problemi araştırmaları, analiz etmeleri, çözüm yolları geliştirmeleri ve bir ürün ortaya koymaları üzerine kuruludur. PBL, STEM ile birleştiğinde, öğrencilerin yalnızca bilgiye ulaşmalarını değil; bilgiyi anlamlandırmalarını, dönüştürmelerini ve uygulamaya koymalarını sağlar (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006).

◆ STEM Bağlamında Problem Temelli Öğrenmenin Özellikleri

- **Gerçek yaşam odaklıdır:** Konular öğrencinin yaşamından, çevresinden veya güncel toplumsal meselelerden alınır.
- **Disiplinler arasıdır:** Bir problemi çözmek için fen, matematik, mühen-

dislik ve teknoloji bilgileri birlikte kullanılır.

- **Süreç temellidir:** Öğrencinin çözüm yolculuğu önemlidir. Problem → çözüm üretimi → test etme → değerlendirme döngüsü izlenir.
- **Ürün odaklıdır:** Öğrenciler çözümlerini prototip, sunum, rapor veya dijital ürünle somutlaştırır.
- **İş birliğine dayanır:** Grup çalışması, takım içinde rol paylaşımı ve ortak ürün geliştirme esastır.

Uygulama Örnekleriyle Problem Temelli STEM Senaryoları

Etkinlik: “Afet Anında Güvenli Alan Planla”

Ders Bağlantısı: Fen – Doğa olayları, Hayat Bilgisi – Güvenlik

Yaş Grubu: 6.–7. sınıf

Senaryo: Öğrencilerin yaşadığı bölgede deprem ve sel gibi afetlerin sık yaşandığı düşünülerek, okuliçindeveyamahallede güvenli alan planlamaları istenir.

Adımlar:

1. Problem tanımlama: “Okulumuzda afet anında en güvenli yer neresi olabilir?”
2. Araştırma: Deprem/su baskını riskleri, yapı dayanıklılığı
3. Tasarım: Kağıt üzerinde güvenli alan haritası oluşturma
4. Sunum: Planlanan alanın gerekçesi, ihtiyaçlar ve işaretlemler

Kazançlar: Analiz, coğrafi farkındalık, mühendislik düşüncesi, ekip çalışması

Etkinlik: “Yağmur Suyunu Nasıl Değerlendiririz?”

Ders Bağlantısı: Fen – Su döngüsü, Matematik – Hacim ölçme

Yaş Grubu: 5.–6. sınıf

Senaryo: Yaşanılan bölgede su kaynaklarının azaldığı fark edilerek, öğrencilerden yağmur suyunu biriktirme ve kullanma sistemleri tasarlamaları istenir.

Adımlar:

1. Problem tanımı: “Yağmur suyu neden boşa akıyor?”
2. Fikir üretimi: Tank, oluk, filtre gibi bileşenler
3. Tasarım: Basit bir maket (karton, pipet, şişe kapağı vb.)
4. Simülasyon: Su dökme – biriktirme – kullanım yolları

Kazançlar: Sürdürülebilirlik, su tasarrufu bilinci, tasarım becerisi

Etkinlik: “Sınıfımızda Gürültüyü Nasıl Azaltabiliriz?”

Ders Bağlantısı: Fen – Ses, Teknoloji – Malzeme kullanımı

Yaş Grubu: 6.–8. sınıf

Senaryo: Gürültü düzeyi yüksek olan sınıflarda, öğrencilerden ses yalıtımı sağlayacak çözümler geliştirmeleri istenir.

Adımlar:

1. Ölçüm: Desibel ölçer uygulaması ile ses düzeyinin tespiti
2. Problem analizi: Ses hangi yönlerden geliyor?
3. Prototip: Duvar panelleri, masa altı süngerleri, kitaplık perde tasarımı
4. Test: Önce-sonra ölçümleri

Kazançlar: Bilimsel gözlem, test-etkin geri bildirim, kullanıcı odaklı tasarım

Etkinlik: “Elektrik Tasarruflu Okul Modeli”

Ders Bağlantısı: Fen – Elektrik devreleri, Matematik – Oran, Teknoloji – Kodlama

Yaş Grubu: 7.–8. sınıf

Senaryo: “Okulumuzda enerji tasarrufu nasıl sağlanabilir?” sorusuyla başlayan süreçte, öğrenci gruplarından sınıf veya okul binası için akıllı sistemler geliştirmeleri istenir.

Adımlar:

1. Problem tanımı: Elektrik faturasındaki tüketim analizi
2. Fikir üretimi: Işık sensörü, otomatik kapanan priz, güneş paneli sistemi
3. Kodlama: Micro:bit veya Scratch ile simülasyon geliştirme
4. Maket: Model okul maketi üzerine sistemin entegrasyonu

Kazançlar: Kodlama + mühendislik + veri analizi

📌 Planlama ve Değerlendirme İlkeleri

- **Problem açık uçlu olmalı:** “En iyi çözüm” yerine “çoklu çözüm” üretimine olanak sağlanmalı.
- **Problem öğrencinin dünyasıyla ilgili olmalı:** Okul, ev, mahalle gibi yakın çevreyle bağlantı kurulmalı.
- **Süreç görünür hâle getirilmeli:** Öğrencilerin düşünme yolları, seçimleri ve sorgulamaları gözlemlenmeli.
- **Değerlendirme sürece dayalı yapılmalı:** Sadece nihai ürüne değil; problem çözüm stratejilerine, ekip içi rol dağılımına ve öz değerlendirmeye de yer verilmelidir.

🎯 Öğretmenler İçin Uygulama Önerileri

- STEM sorularınızı “gerçek bir soruna” dönüştürün: “Bir rüzgar türbini tasarla” yerine “Köyümüzde elektrik yok, ne yapabiliriz?” gibi.
- Süreci belgeleyin: Fotoğraf çekimi, günlük tutma, video kaydı gibi uygulamalarla öğrencilerin süreç farkındalığı artar.
- Etkinlik sonrası her öğrenciden “Ben ne öğrendim?” temalı kısa bir değerlendirme formu alın.
- Problemleri yerel olaylarla ilişkilendirin: Yerel afetler, su kaynakları, bölgesel kalkınma gibi konular problem temelli öğrenmeye doğrudan katkı sunar.

8.3. Doğa ve Toplum Temelli STEM Senaryoları

Doğa ve toplum temelli STEM senaryoları, öğrencilerin çevresel, toplumsal ve kültürel farkındalıklarını geliştirmeyi hedefleyen, yerel ve küresel sorunları öğrenme sürecine taşıyan bütüncül yaklaşımlardır. Bu senaryolar, öğrencinin yalnızca bilimsel ve teknik becerilerini değil; aynı zamanda empati, sorumluluk, vatandaşlık bilinci ve sürdürülebilirlik gibi değerlerini de geliştirmeyi amaçlar (Fensham, 2009; UNESCO, 2017).

STEM’in bu yönü, eğitimde yalnızca bireysel başarıya değil; toplumsal kat-

kıya, çevresel sorumluluğa ve etik düşünceye dayalı bir öğrenme anlayışı oluşur. Öğrenciler yaşadıkları çevredeki sorunlara çözüm geliştirirken doğayla, toplumla ve kültürel mirasla bağ kurmayı öğrenir.

Doğa ve Toplum Temelli STEM Senaryolarının Temel Özellikleri

- **Yerel bağlamdan beslenir:** Öğrencinin yaşadığı çevre, coğrafi yapı, kültür ve sosyal koşullar temel alınır.
- **Sürdürülebilirlik odaklıdır:** Doğal kaynakların korunması, geri dönüşüm, enerji verimliliği gibi çevre temelli sorunlara odaklanır.
- **Toplumsal ihtiyaçlara yöneliktir:** Trafik, sağlık, güvenlik, engelli bireylerin yaşamı gibi sosyal problemlere çözüm arar.
- **Kültürel duyarlılığı artırır:** Yerel gelenekler, tarihî mekânlar, halk mimarisi gibi temalarla estetik ve kültürel öğeler entegre edilir.
- **Değer temelli eğitim sağlar:** Empati, toplumsal sorumluluk, çevre bilinci gibi değerler yapılandırılır.

Uygulama Örnekleri ve STEM Senaryoları

Senaryo 1: “Sınıfımızı Daha Yeşil Hâle Getirebilir miyiz?”

Ders Bağlantısı: Fen – Fotosentez | Matematik – Ölçümler | Görsel Sanatlar – Peyzaj Tasarımı

Yaş Grubu: 6.–7. sınıf

Problem: Sınıf içinde hava kalitesinin düşük olduğu ve yeterince bitki olmadığı fark edilir.

Görev: Öğrencilerden, sınıf içi bitkilendirme projesi hazırlamaları istenir.

Aşamalar:

1. CO₂ ve oksijen dengesi hakkında araştırma yapılır.
2. Güneş alan alanlar ölçülür, bitki türleri belirlenir.
3. Sınıf krokisi üzerinde bitki yerleşim planı çizilir.
4. Prototip veya maket hazırlanır.
5. Süreç sunulur ve sınıfa uygulanabilir model önerilir.

Kazançlar: Doğal yaşam farkındalığı, ölçüm–tasarım ilişkisi, estetik ve sürdürülebilirlik.

Senaryo 2: “Mahallemizde Su Birikintisi Sorununa Çözüm”

Ders Bağlantısı: Fen – Su döngüsü | Teknoloji – Proje çizimi | Matematik – Alan hesaplama

Yaş Grubu: 7.–8. sınıf

Problem: Okul çevresinde yağmur sonrası su birikintileri oluşuyor.

Görev: Öğrencilerden bu soruna yönelik sistemler tasarlamaları istenir.

Aşamalar:

1. Gözlem yapılarak su biriken bölgeler işaretlenir.
2. Yağmur tahliye sistemleri araştırılır.
3. Eğim, alan ölçümleri yapılır.
4. Geri dönüşümlü malzemelerle tahliye maketi hazırlanır.
5. Sunum ve değerlendirme yapılır.

Kazançlar: Yerel çevreyi analiz etme, doğal süreçleri anlama, mühendislik çözüm üretme.

Senaryo 3: “Engelsiz Okul Yolu”

Ders Bağlantısı: Hayat Bilgisi – Toplumsal duyarlılık | Teknoloji – Tasarım

Yaş Grubu: 5.–6. sınıf

Problem: Görme veya yürüme engelli bireyler için okul yolu yeterince güvenli değil.

Görev: Öğrenciler, engelli bireylerin güvenli ulaşımı için çözüm geliştirir.

Aşamalar:

1. Empati etkinliği (göz bağı ile okul koridoru deneyimi)
2. Görsel–işitsel işaret sistemlerinin araştırılması
3. Dönüşümlü malzeme ile kaldırım/parkur modeli hazırlanması
4. Braille alfabeli yönlendirme panosu prototipi
5. Tanıtım ve topluluk sunumu

Kazançlar: Toplumsal empati, kullanıcı odaklı tasarım, kültürel duyarlılık

Senaryo 4: “Kültürel Mirasımızı Tanıtıyoruz”

Ders Bağlantısı: Sosyal Bilgiler – Yerel tarih | Görsel Sanatlar – Mimari modelleme | Teknoloji – Dijital içerik üretimi

Yaş Grubu: 6.–8. sınıf

Problem: Yaşanılan bölgedeki tarihî bir yapının tanıtımı yeterince yapılmıyor.

Görev: Öğrencilerden, yerel bir kültürel miras unsurunu tanıtan STEM destekli bir model geliştirmeleri istenir.

Aşamalar:

1. Tarihî yapının tanıtımı, hikâyesi ve mimarisi araştırılır.
2. Dijital sunum (afiş, video, sesli anlatım) hazırlanır.
3. 3D modelleme veya maket oluşturulur.
4. Okulda veya yerel kurumda sunum yapılır.

Kazançlar: Kültürel duyarlılık, disiplinler arası ilişki, dijital okuryazarlık, toplumsal sorumluluk.

Pedagojik Uygulama İlkeleri

İlke	Açıklama
Yerel bağlam kullanımı	Etkinliklerde öğrenciye “yaşadığı çevrede çözüm bulma” görevi verilmelidir.
Sosyal sorumluluk bilinci	Ürünler yalnızca teknik değil; toplumsal fayda odaklı olmalıdır.
Süreç odaklı değerlendirme	Grup içi rol paylaşımı, iş birliği ve sunum becerileri değerlendirme kapsamına alınmalıdır.
Değer eğitimi entegrasyonu	Empati, dayanışma, çevre bilinci gibi değerler vurgulanmalıdır.

Doğa ve toplum temelli STEM senaryoları, eğitimi yalnızca akademik başarıyla sınırlı tutmayıp; öğrenciyi çevresiyle, kültürüyle ve toplumsal yapılarla etkileşim hâlinde düşünmeye yönlendirir. Bu senaryolar, STEM yaklaşımına anlam, sorumluluk ve vicdan katmakta; öğrencilerin sadece mühendis değil aynı zamanda bilinçli birer yurttaş olarak yetişmelerine katkı sunmaktadır.

8.4. Kodlama ve Robotik Tabanlı STEM Uygulamaları

Kodlama ve robotik temelli etkinlikler, STEM eğitiminin uygulama boyutunu dijital yetkinliklerle birleştiren, çağın gerektirdiği bilişsel ve teknik becerileri destekleyen özgün öğrenme alanlarıdır. Bu uygulamalar, öğrencilerin algoritmik düşünme, sistem kurma, problem çözme, test etme ve üretim yapma gibi süreçleri doğrudan deneyimlemelerine olanak tanır (Resnick vd., 2009; Mishra & Koehler, 2006).

Kodlama ve robotik uygulamaları ile yürütülen STEM etkinlikleri; mühendislik tasarım süreciyle bilişsel esnekliği, dijital araç kullanımıyla teknolojik yeterliliği ve ekip temelli çalışmayla sosyal-duygusal gelişimi birlikte destekler. Ayrıca öğrencilerin analitik düşünme becerileri, sistematik akıl yürütme ve veri temelli karar verme yetkinlikleri de bu tür uygulamalar sayesinde gelişir.

Kodlama ve Robotik ile STEM: Neden Önemli?

- Algoritmik düşünmeyi geliştirir.
- Gerçek dünya problemlerine dijital çözümler üretmeyi öğretir.
- Mühendislik döngüsünü teknoloji ile birleştirir.
- **Üretim bilinci, hata analizi ve deneme-yanılma süreci kazandırır.**
- Yapay zekâ, nesnelerin interneti, veri bilimi gibi alanlara hazırlık sağlar.

Kullanılabilecek Araçlar ve Platformlar

- **Kodlama platformları:** Scratch, Blockly, mBlock, Python (ortaokul)
- **Robotik kitleler:** Lego EV3, Lego Spike, Arduino, Micro:bit
- **Simülasyon ve tasarım araçları:** Tinkercad, Fritzing, TinkerGen
- **Veri analizi araçları:** Google Sheets, MakeCode, EdScratch

Uygulama Örnekleri

Etkinlik 1: “Akıllı Gece Lambası Tasarımı”

Ders Bağlantısı: Fen – Işık ve elektrik | Teknoloji – Kodlama

Yaş Grubu: 6.–7. sınıf

Araç: Micro:bit + ışık sensörü

Senaryo: Evde gece lambası gereksiz yere açık kalıyor. Bu enerji israfı nasıl önlenabilir?

Aşamalar:

1. Işık sensörü ile ortam aydınlığı algılanır.
2. Kodlama ile belirli bir eşik değeri altında LED açılır.
3. Devre kurulumu yapılır.
4. Farklı ışık ortamlarında test edilir.
5. Sunum ve değerlendirme gerçekleştirilir.

Kazanımlar: Algoritma geliştirme, sensör kullanımı, dijital mantık kurma.

 Etkinlik 2: “Trafik Işıkları Kodlama Projesi”

Ders Bağlantısı: Matematik – Süre hesaplama | Fen – Elektrik devresi

Araç: Arduino veya Tinkercad Simülasyon

Senaryo: Trafik yoğunluğuna göre çalışan otomatik ışık sistemi geliştiriliyor.

Aşamalar:

1. Arduino kod yapısı öğrenilir.
2. Kırmızı–sarı–yeşil LED’lerle devre kurulumu yapılır.
3. Kodlamada zamanlama döngüleri planlanır.
4. Maket şehir üzerinde simülasyon uygulanır.
5. Öğrenci projelerini anlatır, alternatif süreler önerilir.

Kazanımlar: Kodlama döngüsü, zaman kontrolü, mantıksal sıralama.

 Etkinlik 3: “Toprak Nemini Ölçen Otomatik Sulama Sistemi”

Ders Bağlantısı: Fen – Bitki büyüme koşulları | Teknoloji – Sensör kullanımı

Araç: Arduino + toprak nem sensörü

Senaryo: Saksı bitkileri okul tatilinde sulanamıyor, çözüm bulunmalı.

Aşamalar:

1. Nem sensörüyle toprak nemi ölçülür.
2. Kodlama ile belirli nem seviyesinin altına düşünce pompa çalıştırılır.
3. Devre kurulumu, test ve sunum yapılır.

Kazanımlar: Gerçek problem çözme, çevre bilinci, sensör entegrasyonu.

Etkinlik 4: “Çizgi İzleyen Mini Robot”

Ders Bağlantısı: Mühendislik – Mekanik kurgu | Teknoloji – Algoritma

Araç: Lego EV3, Arduino veya Makeblock robot

Senaryo: Otomatik kargo taşıyan bir robotun belirli bir güzergâhta ilerlemesi hedeflenir.

Aşamalar:

1. Sensörlerin çizgiye duyarlılığı test edilir.
2. Yön tayini kodlanır (sağ–sol sapmalar).
3. Rotada sürüş testleri yapılır.
4. Hatalar tespit edilerek yeniden düzenleme yapılır.

Kazanımlar: Robot programlama, test süreci, hata analizi, yönsel düşünme.

Pedagojik Uygulama İlkeleri

İlke	Açıklama
Basitten karmaşığa ilerleyin	Blok kodlama → metin tabanlı kodlama → sensör entegrasyonu gibi kademeli süreç oluşturulmalı.
Deneme-yanılmayı teşvik edin	Kodlama sürecinde hata yapmak öğrenmenin parçası olarak değerlendirilmelidir.
Gerçek yaşam problemiyle ilişkilendirin	Projeler anlamlı ve toplumsal bağlamda geçerli olmalıdır.
Ürün odaklı yapılandırın	Her proje sonunda çalışan, test edilebilir bir çıktı hedeflenmelidir.
İş birliğine dayalı takım çalışması sağlayın	Öğrenciler görev paylaşımı yaparak birlikte kod yazar ve test eder.

Kodlama ve robotik tabanlı STEM etkinlikleri, öğrencilerin yalnızca dijital becerilerini değil; aynı zamanda analitik düşünme, üretkenlik, sistem kurma ve toplumsal sorunlara çözüm geliştirme yetkinliklerini de desteklemektedir. Bu uygulamalar, öğrencileri dijital çağın üretici bireyleri hâline getirmenin yanı sıra; onların teknolojiyle yalnızca tüketici değil, dönüştürücü bir ilişki kurmalarını da sağlar.

8.5. STEM Atölyesi Örnekleri

STEM eğitiminin sistemli, sürdürülebilir ve etkili bir şekilde uygulanabilmesi için yalnızca ders içi etkinliklerle sınırlı kalınmaması, okul içi veya dışında özel olarak yapılandırılmış **STEM atölyelerine** ihtiyaç duyulmaktadır. STEM atölyeleri, öğrencilerin disiplinler arası bilgi birikimlerini bir araya getirerek gerçek problemleri çözebilecekleri, özgün ürünler geliştirebilecekleri, deney yapabilecekleri ve kodlama-robotik uygulamaları gerçekleştirebilecekleri fiziksel ve pedagojik alanlardır.

Bu atölyeler, sadece materyal sunan alanlar değil; aynı zamanda düşünme, tasarlama, üretme, değerlendirme ve sunum yapma gibi bütünsel öğrenme süreçlerini destekleyen yaratıcı merkezlerdir (Martinez & Stager, 2013). Öğrencilerin problem çözme, mühendislik tasarımı, dijital beceriler, iş birliği ve yaratıcılık gibi 21. yüzyıl yetkinliklerini deneyimleyerek geliştirmeleri açısından STEM atölyeleri büyük potansiyele sahiptir.

STEM Atölyesi Uygulama Boyutları

STEM atölyeleri; malzeme yapısı, öğretim planlaması, proje döngüsü ve değerlendirme araçları ile bütüncül düşünülmelidir. Etkin bir STEM atölyesi şu özellikleri taşır:

- Farklı disiplinlere uygun ekipman ve araçlar
- Takım çalışması yapmaya uygun masa/oturma düzeni
- Kodlama ve robotik altyapısı (bilgisayar, sensör, kit vb.)
- Tasarım alanı (kesme, yapıştırma, prototip üretme için malzemeler)
- Deneysel uygulama köşesi (ısı, ses, ışık vb. deneyler için alan)
- Sunum alanı (projelerin tanıtımı için pano, akıllı tahta vb.)

Örnek STEM Atölyesi Uygulama Tasarımları

◆ *Atölye 1: “Sürdürülebilir Enerji Projeleri Atölyesi”*

Amaç: Öğrencilerin yenilenebilir enerji kaynaklarını tanıyarak basit prototip sistemler tasarlaması

Etkinlikler:

1. **Araştırma Köşesi:** Güneş, rüzgar, biyogaz, hidroelektrik gibi enerji türlerine dair video, afiş, maket çalışmaları

2. Tasarım ve Prototipleme:

- Mini rüzgar türbini tasarımı (pipet, karton pervane, motor)
- Güneş paneliyle LED çalıştırma
- Enerji tasarruflu okul planı (maket çizim)

3. Veri Toplama: Voltmetre ile elektrik üretimi ölçümleri

4. Sunum: Gruplar projelerini sınıf arkadaşlarına anlatır; tasarımlar posterle desteklenir

Kazandırılan Beceriler: Enerji bilinci, mühendislik tasarımı, veri yorumlama, problem çözme, sunum becerisi

◆ Atölye 2: “Akıllı Şehirler ve Trafik Sistemleri Atölyesi”

Amaç: Öğrencilerin şehir planlaması, ulaşım, enerji ve çevre sistemlerini entegre şekilde düşünerek çözüm üretmeleri

Etkinlikler:

1. Planlama Aşaması:

- Öğrencilere “Kentimizdeki trafik yoğunluğu nasıl azaltılabilir?” sorusu yöneltilir
- Fikir geliştirme post-it çalışmalarıyla yapılır

2. Tasarım Süreci:

- LEGO parçalarıyla maket yollar, kavşaklar inşa edilir
- Sensörlü trafik lambası sistemi Micro:bit ile programlanır
- Yaya geçitleri, elektrikli otobüs durakları gibi sosyal bileşenler dâhil edilir

3. Simülasyon ve Test:

- Arduino ile sistem test edilir
- Animasyon ya da video sunumu ile proje anlatımı yapılır

Kazandırılan Beceriler: Algoritmik düşünme, şehir planlaması, sosyal sorunlara çözüm üretme, robotik uygulama

◆ Atölye 3: “Geri Dönüşüm ve Çevre Dostu Tasarımlar Atölyesi”

Amaç: Öğrencilerin atık malzemeleri kullanarak işlevsel ve estetik ürünler geliştirmeleri

Etkinlikler:

1. **Malzeme Toplama:** Karton kutular, pet şişeler, kumaş parçaları, elektronik atıklar
2. **Tasarım Görevi:**
 - “Okul için bir eşya üret” → Kalemlik, ayakkabılık, kitaplık tasarımları
 - “Güneş ışığını yansıtan doğal aydınlatma sistemi geliştir” gibi görevler
3. **Sunum:** Prototip sunumu ve afiş tasarımı
4. **Değerlendirme:** Estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik ölçütlerine göre jüri puanlaması

Kazandırılan Beceriler: Estetik tasarım, çevre bilinci, malzeme bilgisi, planlama ve sunum

◆ Atölye 4: “3D Tasarım ve Modelleme Atölyesi”

Amaç: Öğrencilerin dijital ortamda nesne modelleme becerilerini geliştirmesi

Etkinlikler:

1. **Tinkercad Eğitimi:** Basit şekillerle çizim, katı cisim birleştirme
2. **Tasarım Görevleri:**
 - Kalemlik modeli
 - Mini köprü veya ev modeli
 - 3D baskı için hazır parça tasarımı (örneğin robot kolu)
3. **Sunum:** Ekran görüntüsü veya animasyonla sunum
4. **İleri Seviye:** Dosyaları .stl olarak alıp 3D yazıcıda basım yapılabilir (varsa)

Kazandırılan Beceriler: Uzamsal düşünme, dijital üretim, dijital tasarım araçlarını kullanma

🧠 Öğrencilerin Atölye Sürecinde Geliştirdiği Beceriler

- Tasarım odaklı düşünme
- Planlama ve zaman yönetimi
- Malzeme seçimi ve işlevsel kullanım
- Dijital okuryazarlık ve robotik
- Grup içi iş birliği, liderlik ve iletişim

- Üretim sonrası değerlendirme ve yansıtma

STEM atölyeleri, öğrencilerin hem akademik hem de gerçek yaşam problemlerine yönelik üretimsel becerilerini geliştirmeye yönelik özel ortamlardır. Sadece proje sunumu değil; aynı zamanda öğrenme süreci, iş birliği, sorumluluk alma ve toplumsal fayda üretme gibi sosyal-duygusal becerileri de geliştirir. Öğretmenler bu atölyeleri disiplinler arası düşünmeyi teşvik eden, üretime alan açan ve teknolojiyi anlamlı şekilde kullandıran özgün öğrenme ortamları olarak yapılandırılmalıdır.

8.6. Yerel Kalkınma ve STEM: Coğrafi ve Kültürel Temalarla Tasarım

STEM eğitimi, yalnızca evrensel bilimsel ve teknolojik bilgilerin öğretildiği bir alan değil; aynı zamanda yerel yaşamla, kültürle, coğrafyayla ve toplumsal değerlerle bütünleşebilen bir öğrenme modelidir. Öğrencilerin yaşadıkları bölgenin doğal kaynakları, iklim özellikleri, tarımsal üretim biçimleri, kültürel mirası ve kalkınma öncelikleri üzerinden problem tanımlamaları ve bu sorunlara yönelik özgün çözüm tasarımları üretmeleri, hem STEM'in yerelleştirilmesini hem de toplumsal fayda odaklı öğrenmeyi mümkün kılar (Carter vd., 2016).

Yerel kalkınma temelli STEM yaklaşımı, öğrencilerin yaşadıkları çevreye karşı farkındalık geliştirmelerini, sahip oldukları kaynakları daha bilinçli kullanmalarını ve topluma katkı sunacak çözüm önerileri geliştirmelerini teşvik eder. Bu sayede STEM; teknik becerilerin ötesine geçerek aidiyet, duyarlılık, girişimcilik ve sürdürülebilirlik gibi değerleri de içeren bir öğrenme anlayışına dönüşür.

Genel Değerlendirme

Bölüm 8, STEM eğitiminin soyut kuramsal yapısından somut uygulamaya taşınmasında öğretmenler ve öğrenciler için yol gösterici nitelikte örneklerin sistemli biçimde sunulduğu kapsamlı bir bölümdür. STEM'in etkili bir şekilde hayata geçirilebilmesi için yalnızca kavramsal çerçeveyi bilmek yeterli değildir; bu kavramların öğrenme ortamlarına nasıl entegre edileceği, öğrencilere nasıl

sunulacağı ve hangi çıktılarla destekleneceği büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde yer verilen uygulamalar, STEM pedagojisinin temelini oluşturan problem temelli öğrenme, mühendislik tasarım süreci, proje tabanlı yaklaşım ve yerel yaşantı temelli yapılandırma ilkelerine dayanmaktadır.

Haftalık ve dönemlik plan örnekleri, STEM'in yalnızca anlık etkinliklerle sınırlı kalmaması, uzun vadeli kazanımlara yönelik olarak sistemli ve yapılandırılmış bir sürece dönüştürülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu planlamalar sayesinde öğrenciler; süreci izleyebilmekte, gelişimlerini gözlemleyebilmekte ve her aşamada katılımcı olma şansı yakalamaktadır.

Problem temelli uygulamalar ve doğa-toplum temelli senaryolar, öğrencilerin yalnızca teknik çözümler üretmekle kalmayıp; aynı zamanda toplumsal ve çevresel sorunlara duyarlı, empati kurabilen ve çözüm odaklı düşünebilen bireyler hâline gelmelerini desteklemektedir. Böylece STEM eğitimi yalnızca akademik değil; değerler eğitimi, sosyal sorumluluk, **çevre bilinci** gibi alanlara da katkı sunmaktadır.

Kodlama ve robotik tabanlı uygulamalar, STEM'in dijital bileşenini güçlendirerek öğrencilerin teknolojiyle yalnızca kullanıcı olarak değil, **üretici bireyler** olarak ilişki kurmalarını sağlamaktadır. Arduino, Micro:bit, Scratch gibi platformların sınıf içinde kullanımına dair öneriler, bu yaklaşımın nasıl hayata geçirileceğine dair somut bir zemin sunmaktadır.

STEM atölyesi örnekleri ise, STEM uygulamalarının sürdürülebilirliği açısından oldukça değerli bir yapı sunmaktadır. Bu atölyeler, tasarım, iş birliği, test ve sunum gibi süreçlerin aynı fiziksel alanda bütüncül biçimde yürütülebilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca yerel kalkınma temalı etkinlikler, STEM'in öğrencilerin kendi yaşam dünyasıyla bağ kurmasını sağlayarak öğrenmeyi anlamlı, işlevsel ve toplumsal fayda odaklı bir sürece dönüştürmektedir.

Bütüncül olarak değerlendirildiğinde, bu bölümde yer alan etkinlik örnekleri; STEM'in sadece "teknik bilgi aktarımı" değil, aynı zamanda **üretim bilinci, değer farkındalığı ve toplumsal katkı** anlayışıyla yeniden tanımlanabileceğini göstermektedir. Öğretmenlerin bu etkinlikleri kendi okul, sınıf ve yerel koşullarına göre yeniden uyarlayarak uygulaması, STEM pedagojisinin yaygınlaşması ve derinleşmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

9. BÖLÜM

DEĞERLENDİRME ve ÖLÇME

- 9.1. STEM Sürecinde Değerlendirme Yöntemleri
- 9.2. Rubrik ve Performans Görevleriyle Ölçme
- 9.3. Öğrenci Ürün Dosyaları (Portfolyo)
- 9.4. Öğrenci Öz Değerlendirme ve Akran Değerlendirme Uygulamaları

BÖLÜM 9: ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Eğitimde ölçme ve değerlendirme, öğretim sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Öğrencilerin bilgi, beceri, tutum ve değerler düzeyindeki kazanımlarını anlamak; öğretim sürecini geliştirmek, öğretmenlerin öğretim stratejilerini yapılındırmak ve öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerine dair farkındalık kazanmalarını sağlamak için etkili değerlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Stiggins, 2005). Ölçme-değerlendirme yalnızca öğrenci başarısını belirleme aracı değil; öğrenmeyi yönlendiren, geri bildirim sunan ve öğretimi iyileştiren bir yapı olarak işlev görmelidir.

Özellikle çağdaş eğitim anlayışında, öğrencilerin yalnızca “ne bildikleri” değil, “nasıl düşündükleri”, “nasıl ürettikleri” ve “öğrenmeyi nasıl yönettikleri” de büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, eğitimde değerlendirmenin kapsamı genişlemiş; süreç temelli, otantik, bireyselleştirilmiş ve çok boyutlu ölçme araçlarına olan ihtiyaç artmıştır (Black & Wiliam, 1998; Nitko & Brookhart, 2011).

STEM eğitimi bağlamında bu ihtiyaç daha da belirgin hâle gelmektedir. Çünkü STEM, yalnızca bilgi aktaran değil; problem çözme, eleştirel düşünme, yara-

tıcı üretim, iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi 21. yüzyıl becerilerini yapılandıran bir öğrenme modelidir. Bu modelde öğrencinin sürece aktif olarak katılması, özgün çözümler geliştirmesi ve somut ürünler ortaya koyması beklenmektedir. Dolayısıyla değerlendirme süreçleri, geleneksel sınav tekniklerinin ötesine geçmeli; öğrencinin öğrenme sürecindeki gelişimini çok boyutlu olarak izleyebilen yöntemleri içermelidir (Pellegrino vd., 2001; Jonassen, 2006).

STEM uygulamalarında ölçme ve değerlendirme yalnızca “ne kadar doğru sonuç elde edildiği” ile değil; aynı zamanda öğrencinin problemi nasıl tanımladığı, nasıl düşündüğü, hangi yollarla çözüme gittiği, ekibiyle nasıl çalıştığı ve elde ettiği sonuçları nasıl gerekçelendirdiği ile de ilgilenir. Bu nedenle, STEM pedagojisinin doğasına uygun olarak yapılandırılmış ölçme araçları; rubrikler, performans görevleri, öz değerlendirme formları, akran değerlendirme araçları ve ürün dosyaları (portfolyo) gibi otantik değerlendirme yöntemlerini içermelidir.

Bu bölümde, STEM eğitiminde kullanılabilecek değerlendirme yöntemleri kuramsal temelleriyle birlikte sunulacak; öğretmenlere uygulamada rehberlik edecek örnek araçlara ve stratejilere yer verilecektir. Amaç, STEM uygulamalarının yalnızca planlanması ve uygulanması değil; aynı zamanda öğrenmeyi destekleyen, gelişimi izleyen ve geri bildirim sunan etkili ölçme sistemleri ile değerlendirilmesini mümkün kılmaktır.

9.1. STEM Sürecinde Değerlendirme Yöntemleri

STEM eğitiminin doğası gereği, değerlendirme yalnızca öğrenme sonucuna değil; öğrenmenin kendisine, süreçteki düşünme yollarına, problem çözmeye yaklaşımlarına ve ortaya konan ürüne yönelik çok yönlü ve dinamik bir yapıda olmalıdır. Bu nedenle STEM’de kullanılan değerlendirme yöntemleri, geleneksel sınav anlayışından farklı olarak daha otantik, performans temelli ve süreci görünür kılan araçlara dayanır (Wiggins, 1998; Darling-Hammond vd., 2014).

Aşağıda STEM sürecine entegre edilebilecek başlıca değerlendirme yöntemleri açıklanmıştır:

◆ 1. Süreç Odaklı Değerlendirme

STEM etkinliklerinde yalnızca nihai ürün değil, **öğrencinin problem çözmeye sürecine nasıl yaklaştığı, hangi adımları izlediği, ekibiyle nasıl iş birliği yap-**

tığı gibi süreç öğeleri de değerlendirilmelidir. Bu tür değerlendirmeler, öğrencinin bilişsel ve duyuşsal gelişimini izlemek açısından önemlidir.

Uygulama Örneği:

“Güneş enerjili araç tasarımı” projesinde öğrencinin fikir geliştirme, malzeme seçimi, tasarımı planlama ve prototipleme aşamalarındaki kararları ve gerekçeleri gözlem formlarıyla izlenebilir.

◆ 2. Performansa Dayalı Değerlendirme

Performans değerlendirmeleri, öğrencinin gerçek yaşam problemlerine çözüm üretmesini ve bu çözümleri uygulamalı olarak sergilemesini içerir. Bu değerlendirme türü, **problem çözme becerileri, analitik düşünme, yaratıcılık ve uygulama yetkinliğini** ölçer.

Uygulama Örneği:

“Akıllı trafik ışığı kodlama” görevinde öğrencilerden sensörlü sistemler tasarlamaları ve yazılım üzerinden bu sistemleri test etmeleri istenir. Kodlama süreci, tasarımın işlevselliği ve yapılan sunum ayrı ayrı değerlendirilir.

◆ 3. Rubrik Tabanlı Değerlendirme

Rubrikler, STEM süreçlerinde değerlendirme kriterlerini hem öğrenciye hem öğretmene açık şekilde sunar. Rubrikler; **planlama, uygulama, yaratıcılık, iş birliği, ürünün işlevselliği, sunum kalitesi** gibi boyutları içerecek şekilde yapılandırılır.

Avantajı: Öğrenci kendi gelişimini izlemesine olanak tanırken, öğretmen için de objektif bir değerlendirme aracı sağlar.

◆ 4. Portfolyo (Ürün Dosyası) Kullanımı

STEM projeleri genellikle çok aşamalı olduğu için öğrencinin süreci belgediği, fikirlerini yazılı olarak yansıttığı, çıktıların fotoğrafını, kod örneklerini, veri tablolarını ve kişisel yansımalarını bir araya getirdiği **portfolyo dosyaları** öğrenme sürecini hem somutlaştırır hem de derinleştirir.

İçerik Örnekleri:

- Proje planı
- Günlük ya da süreç raporu

- Test sonuçları ve analiz
- Öğrenci çizimleri / dijital tasarımlar
- Öğrenci öz değerlendirme formları

◆ 5. Öğrenci Günlükleri ve Süreç Raporları

STEM sürecinde öğrencilerden düzenli olarak günlük tutmaları, fikirlerini yazmaları ve karşılaştıkları problemleri nasıl çözdüklerini anlatmaları istenebilir. Bu yöntem, öğrencinin **metabilişsel farkındalığını, öğrenme sorumluluğunu ve öz değerlendirme yeteneğini** geliştirir.

Uygulama Önerisi:

Her hafta sonunda öğrenciden “Bu hafta ne yaptım? Ne öğrendim? Ne zorlayıcıydı? Nasıl çözdüm?” sorularını yanıtlaması istenebilir.

◆ 6. Akran Değerlendirme ve İş Birliği Gözlemleri

STEM projelerinde grup içi dinamiklerin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Öğrenciler birbirlerini belirli kriterlere göre değerlendirerek hem **sosyal becerilerini** geliştirir hem de öğrenme sorumluluğunu paylaşırlar.

Uygulama Örneği:

Akran değerlendirme formunda şu başlıklara yer verilebilir:

- Grup çalışmasına katkı
- Fikir geliştirme
- İletişim ve saygı
- Görev paylaşımına uyum

◆ 7. Sunum ve Geri Bildirim Temelli Değerlendirme

STEM projelerinin sonunda ürünlerin sunulması, öğrencinin **iletişim, kendini ifade etme ve eleştirel geribildirim alma** becerilerini destekler. Jüri sunumları, sınıf içi sergiler ya da STEM panayırıları bu tür değerlendirmelere olanak tanır.

Değerlendirme Kriterleri:

- İçerik doğruluğu
- Sunum akışı

- Görsel/dijital destek
- Sorulara cevap verme yeterliği

Değerlendirme İlkeleri

1. **Çoklu veri kaynağı kullanın:** Ürün, süreç, sunum, günlük ve akran görüşleri birlikte ele alınmalıdır.
2. **Öğrenciyi sürece katın:** Öz değerlendirme ve hedef belirleme uygulamaları ile öğrencinin sürece katılımı artırılır.
3. **Şeffaf ve anlaşılır ölçütler belirleyin:** Her öğrenci, neye göre değerlendirileceğini bilmelidir.
4. **Geri bildirimi odak noktası yapın:** Not vermekten çok, gelişimi destekleyen nitelikli geribildirim sunulmalıdır.

STEM eğitiminin niteliğini artırmak, yalnızca iyi planlanmış etkinliklerle değil; bu etkinliklerin öğrenmeye nasıl katkı sağladığını izleyebilecek güçlü değerlendirme sistemleriyle mümkündür. Etkili ölçme ve değerlendirme uygulamaları, öğrencinin yalnızca akademik düzeyde değil; üretkenlik, iş birliği, eleştirel düşünme ve öğrenmeye yönelik tutum gibi çok boyutlu gelişimini de destekler. Bu nedenle STEM uygulamalarında değerlendirme, bir son değil; öğrenmenin ayrılmaz, yönlendirici ve geliştirici bir parçası olarak görülmelidir.

9.2. Rubrik ve Performans Görevleriyle Ölçme

STEM eğitimi, öğrencinin yalnızca bilgiyi edinmesini değil; bu bilgiyi kullanarak çözüm üretmesini, model tasarlamasını, ekip içinde çalışmasını ve sonuçları paylaşmasını hedefleyen etkinlik ve süreç temelli bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu nedenle STEM uygulamalarının değerlendirilmesinde **geleneksel sınavlar** yerine, öğrencinin **ürettiği çıktılar ve gösterdiği performans** esas alınmalıdır (Wiggins & McTighe, 2005).

Bu tür değerlendirmelerde rubrik (dereceli puanlama anahtarı) ve performans görevleri, öğrencinin neyi ne düzeyde başardığını çok boyutlu olarak değerlendirme fırsatı sunar.

◆ Rubrik Nedir ve Neden STEM İçin Önemlidir?

Rubrik, öğrencinin bir görevdeki başarısını belirli ölçütlere göre aşamalı biçimde tanımlayan puanlama aracıdır. Her ölçüt için başarı düzeyleri tanımlanır (örneğin: Yetersiz – Gelişiyor – Yeterli – Üst Düzey).

✓ Rubriğin STEM İçin Sağladığı Avantajlar:

- Öğrencinin ürün ve sürecini şeffaf ve adil biçimde değerlendirmeye imkân verir.
- Değerlendirme kriterlerini öğrenciye önceden sunarak **hedefi netleştirir**.
- Öğretmene sadece puanlama değil, **gelişim odaklı geribildirim** sağlar.
- Öğrenciye **öz değerlendirme** imkânı tanır.
- Süreç odaklı öğrenmeyi destekler (örneğin: iş birliği, yaratıcılık, problem çözme).

🌱 Örnek Rubrik: “Akıllı Trafik Işığı Projesi” için Rubrik (Ortaokul)

Değerlendirme Kriteri	1 – Yetersiz	2 – Gelişiyor	3 – Yeterli	4 – Üst Düzey
Problem Tanımı	Sorun net değil	Sorun genel olarak belirtilmiş	Sorun açıkça tanımlanmış	Sorun net, özgün ve gerekçeli
Tasarım Planı	Tasarım eksik	Plan var ama detay az	Plan yeterli ve uygulanabilir	Plan yaratıcı, detaylı ve gerçekçi
Kodlama Uygulaması	Kodlama hatalı/eksik	Basit kodlar mevcut	Kodlama çalışıyor	Kod karmaşık ama hatasız ve işlevsel
Takım Çalışması	İş birliği yok	Katılım sınırlı	Grup içinde görev paylaşımı yapılmış	Grup üyeleri etkili iletişim kurmuş
Sunum Becerisi	Sunum yok ya da zayıf	Sunum var, bilgi eksik	Sunum anlaşılır	Sunum etkili, görsel/dijital destekli

Değerlendirme Kriteri	1 – Yetersiz	2 – Gelişiyor	3 – Yeterli	4 – Üst Düzey
Yaratıcılık	Yenilik içermiyor	Az farklılık içeriyor	Kısmen yaratıcı	Özgünlük ve yenilik üst düzeyde

◆ Performans Görevi Nedir?

Performans görevleri, öğrencinin bilgi ve becerilerini gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirerek, somut bir ürün ya da çözüm süreci ortaya koymasını gerektiren uygulamalardır.

Bu görevler STEM eğitiminde; **problem çözme, tasarım yapma, model geliştirme, ürün üretme ve sunum gerçekleştirme** gibi etkinlikleri içerir.

◆ Örnek Performans Görevleri

🎓 1. İlkokul Seviyesi – “Köprü Tasarımı”

Görev: Belirli ağırlığı taşıyabilecek bir köprü modeli tasarlayın.

Kriterler:

- Köprü minimum 3 kitap taşınmalı
- En az 3 farklı malzeme kullanılmalı
- Tasarım süreci çizimle gösterilmeli
- Süreç sonunda sunum yapılmalı

Değerlendirme Yöntemi:• Rubrik + gözlem formu + öğrenci öz değerlendirme

🔧 2. Ortaokul Seviyesi – “Su Arıtma Sistemi Projesi”

Senaryo: Tatil sırasında okul bahçesindeki sarnıçta biriken suyun filtrelene-
mesi ve sulamada kullanılması amaçlanıyor.

Görev:

- Su filtreleme sistemi tasarlayın
- Kullanılan malzemeleri ve çalışma prensibini açıklayın
- Sistemin etkinliğini deneyle test edin

- Sonuçları grafikle sunun

Sunum Materyalleri: • Prototip, grafik, deney raporu, grup sunumu

3. Teknoloji Tabanlı Görev – “Akıllı Sera Sistem Tasarımı”

Araçlar: Micro:bit + sıcaklık/nem sensörü

Görev: Bitki büyümesini izleyen ve koşullara göre ışık ve sulama sistemini çalıştıran bir akıllı sera tasarlayın.

Ölçme Yöntemi:

- Kodlama doğruluğu
- Donanım montajı
- Sistem test çıktısı
- Proje raporu + ekip sunumu + öz değerlendirme formu

Performans Görevlerinde Dikkat Edilecek Noktalar

Aşama	Açıklama
Amaç belirleme	Hangi beceriler ölçülecek? (Problem çözme, iş birliği, sunum, vb.)
Gerçek yaşamla ilişki	Görev mutlaka öğrencinin yaşantısıyla ilgili olmalı
Aşamaların yapılandırılması	Öğrenciye süreçte yol gösterecek net adımlar verilmelidir
Ürün ve süreç dengesine dikkat	Hem ürün (maket, kod, grafik) hem süreç (planlama, paylaşım, karar) değerlendirilmelidir
Geri bildirim sağlama	Öğrencilere gelişimlerine yönelik açıklayıcı ve teşvik edici geri bildirim verilmelidir

Rubrik ve performans görevleri, STEM eğitiminin öğrenci merkezli, üretim odaklı ve çok boyutlu yapısını ölçmede en etkili araçlardandır. Bu yöntemler sayesinde öğrenciler yalnızca “başarılı mı başarısız mı” şeklinde sınıflandırılmaz; hangi becerilerde güçlü, hangi alanlarda gelişime açık olduklarını keşfederler.

Ayrıca bu tür ölçme araçları, öğretmenlere sadece puanlama kolaylığı sağla-

maz; aynı zamanda öğrenciyi tanımak, süreçlere yön vermek ve öğretim sürecini iyileştirmek için kapsamlı veri sunar.

9.3. Öğrenci Ürün Dosyaları (Portfolyo)

Portfolyo, öğrencilerin belirli bir süreç boyunca ürettikleri ürünlerin, düşünme biçimlerinin, gelişimsel ilerlemelerinin ve öğrenme çıktılarının sistemli biçimde bir araya getirildiği kişisel gelişim dosyalarıdır. Bu dosyalar, öğrencinin öğrenme sürecini yalnızca bir son ürünle değil; tüm ara basamaklarıyla birlikte görmeye imkân verir (Paulson, Paulson & Meyer, 1991).

STEM temelli eğitimde portfolyolar, öğrencinin proje sürecinde neyi nasıl düşündüğünü, hangi kararları neden verdiğini, ne ürettiğini ve bu üretimi nasıl değerlendirdiğini somut biçimde ortaya koyar. Bu yönüyle portfolyo, hem **ürün** hem **süreç odaklı ölçme** aracı olarak işlev görür.

Portfolyonun STEM Eğitimindeki Rolü

STEM projeleri genellikle birden fazla dersin, haftalar süren etkinliklerin ve çoklu çıktının bir arada yer aldığı yapılar içerdiğinden; bu sürecin izlenebilirliği ve değerlendirilebilirliği için portfolyo tutmak kritik bir araçtır.

Portfolyo kullanımı sayesinde:

- Öğrencinin **düşünme süreci**, belge ve görsellerle görünür hâle gelir.
- Her öğrencinin bireysel gelişim grafiği izlenebilir.
- Öğrenci kendi öğrenmesinin sorumluluğunu alır ve **öz değerlendirme becerisi** gelişir.
- Öğretmen, sadece son ürünü değil, **öğrencinin gelişim basamaklarını da** değerlendirebilir.
- Öğrenciler sunum ve raporlama becerilerini geliştirir.

Portfolyoda Yer Alabilecek İçerikler

Aşağıda bir STEM portfolyosunda yer alabilecek örnek içerikler sıralanmıştır:

İçerik Türü	Açıklama
Proje fikir haritası	Beyin fırtınası aşamasında oluşturulan ilk fikir şemaları
Araştırma notları	Öğrencinin proje konusu hakkında topladığı bilgiler
Tasarım planı	Maket çizimi, dijital tasarım şemaları, adım adım plan
Kodlama ekran görüntüleri	Programlama tabanlı projeler için ara çıktılar
Prototip fotoğrafları	Fiziksel ürünlerin yapım sürecine ait görseller
Veri tabloları ve grafikler	Deney, ölçüm, test vb. süreçlerdeki analiz çıktıları
Yansıtıcı günlükler	Öğrencinin süreçle ilgili düşünceleri, zorluklar, öğrenilenler
Grup içi görev dağılımı	Ekip çalışmasında öğrencinin rolü ve sorumlulukları
Sunum materyalleri	Afiş, dijital sunum dosyaları, infografik vb.
Değerlendirme belgeleri	Rubrik puanlamaları, öz/akran değerlendirmeleri, öğretmen yorumları

Örnek Portfolyo Uygulaması: “Geri Dönüşümlü Sulama Sistemi”

Yaş Grubu: 5.–6. sınıf

Amaç: Atık şişeler ve sensörlerle otomatik sulama prototipi geliştirme

 Öğrenci Portfolyosunda Bulunabilecekler:

1. Problemin tanımı ve proje özeti
2. Araştırma notları: Damla sulama sistemleri, sensörler
3. Tasarım planı: Çizim, malzeme listesi

4. Geliştirme sürecine dair fotoğraflar
5. Kodlama ekran görüntüleri (örneğin: Micro:bit kod blokları)
6. Test verileri: Toprak nemi, sulama süresi
7. Sonuç değerlendirmesi: Hangi sistem verimli oldu?
8. Öz değerlendirme formu
9. Grup arkadaşlarından alınan geri bildirim
10. Sunum sırasında kullanılan afiş dosyası



Portfolyonun Değerlendirilmesi: Ne, Nasıl, Neye Göre?



Değerlendirme Ölçütleri:

- **Tamamlayıcılık:** Öğrenci tüm süreci belgeleyebilmiş mi?
- **Yansıtıcılık:** Öğrenci süreci kendi diliyle analiz edebilmiş mi?
- **Düzen:** Belgeler mantıklı ve kronolojik bir sırada mı?
- **Çeşitlilik:** Yalnızca ürün değil; süreçteki farklı belgeler yer alıyor mu?
- **Derinlik:** Öğrenci sadece “ne yaptığını” değil, “neden yaptığını” da açıklamış mı?



Uygulama Önerisi:

Öğretmen, proje sonunda “**Portfolyo Sunum Günü**” düzenleyebilir. Öğrenciler hazırladıkları ürün dosyalarını:

- Panoda sergileyebilir
- 5 dakikalık kısa sunumlar yapabilir
- Akranlarıyla karşılıklı değerlendirme yapabilir



Öğretmenler İçin Uygulama İpuçları

- Portfolyoyu **dijital ortamda** (Google Drive, Padlet, eTwinning blog vb.) tutmak erişimi kolaylaştırır.
- Her proje başında öğrencilere **portfolyo şablonu** verin.
- Süreç boyunca belirli aralıklarla (haftalık/iki haftada bir) güncellenmesini isteyin.

- Her öğrenciye farklı bir biçim izni tanıyın: yazılı metin, çizim, video, ses kaydı vb.
- Dönem sonunda portfolyolar üzerinden **gelişim analizi** yapılabilir.

Portfolyo uygulamaları, STEM eğitimini yalnızca proje üretimiyle sınırlı kalmaktan kurtarır; öğrenme sürecini görünür, izlenebilir ve değerlendirebilir hâle getirir. Öğrenciler, ne öğrendiklerini, nasıl öğrendiklerini ve bu sürecin kendilerine ne kattığını doğrudan fark ederler. Böylece portfolyo, hem öğretmen hem öğrenci için bir gelişim ve rehberlik aracı hâline gelir.

9.4. Öğrenci Öz Değerlendirme ve Akran Değerlendirme Uygulamaları

Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini sorgulamaları, değerlendirmeleri ve başkalarının sürecine yönelik geri bildirim verebilmeleri, çağdaş eğitim yaklaşımlarının temel hedeflerinden biridir. Bu kapsamda **öz değerlendirme ve akran değerlendirme**, yalnızca birer ölçme aracı değil; aynı zamanda öğrenmeyi derinleştiren, sorumluluk kazandıran ve yansıtıcı düşünmeyi teşvik eden önemli öğretim uygulamalarıdır (Andrade & Valtcheva, 2009).

STEM eğitimi gibi üretim temelli, iş birliğine dayalı ve süreç odaklı yaklaşımlarda bu değerlendirme türleri, öğrencilerin hem bireysel farkındalıklarını hem sosyal öğrenmelerini geliştirmelerini sağlar.

1. Öz Değerlendirme: “Kendi Öğrenmeme Ayna Tutuyorum”

Öz değerlendirme, öğrencinin kendi öğrenme sürecine dönüp bakarak neyi ne kadar başardığını, hangi yönlerinin geliştiğini ve hangi alanlarda desteğe ihtiyacı olduğunu belirlemesidir. Bu süreç, **öz farkındalık, öğrenme sorumluluğu ve öz düzenleme becerisi** gibi üst düzey öğrenme davranışlarının gelişmesine katkı sağlar (Zimmerman, 2002).

Öz Değerlendirmede Kullanılabilecek Yöntemler:

- **Yansıtıcı günlükler** (Bugün ne öğrendim? Ne zorlayıcıydı? Ne yaparsam daha iyi olur?)
- **Kısa öz değerlendirme formları**
- **“Trafik lambası” yöntemi:** Öğrenci bir etkinlik sonunda kendini yeşil

(anladım), sarı (kısmen), kırmızı (anlamadım) ile işaretler.

- **Beş parmak değerlendirme:** 5 parmak = tamamen anladım / 1 parmak = hiç anlamadım.
- **Dijital araçlar:** Padlet, Mentimeter, Google Form ile haftalık yansıma alınabilir.

🔗 Örnek – Öz Değerlendirme Soruları (STEM Projesi Sonrası):

- Bu projede en çok hangi aşamada zorlandım?
- Yaptığım çalışmayla gurur duyduğum nokta nedir?
- Daha iyi olması için neyi farklı yapabilirdim?
- Takım çalışmasında katkım ne oldu?
- Öğrendiğim becerilerden hangileri başka projelerde de işime yarayacak?

🔄 2. Akran Değerlendirme: “Birbirimizin Gelişimine Katkı Sunuyoruz”

Akran değerlendirme, öğrencilerin birbirlerinin ürün ve süreçlerine yapıcı geri bildirim verdiği, öğrenmenin kolektif olarak desteklendiği bir ölçme uygulamasıdır. Bu tür değerlendirme, öğrencilerin eleştirel bakış açısı kazanmalarını ve birlikte öğrenme süreçlerine daha etkin katılmalarını sağlar (Topping, 2009).

Akran Değerlendirmede Dikkat Edilecek İlkeler:

- Değerlendirme yapıcı, saygılı ve geliştirme odaklı olmalıdır.
- Öğrencilere değerlendirme ölçütleri önceden açıklanmalı ve örneklenmelidir.
- Değerlendirme süreci rehber sorular ya da rubriklerle yönlendirilmelidir.
- Öğrencilere “nasıl geri bildirim verilir?” eğitimi verilmelidir.

Örnek – Akran Değerlendirme Rubriği Parçası (Basitleştirilmiş):

Kriter	Evet (✓)	Kısmen (●)	Hayır (×)	Açıklama
Grup üyeleri eşit şekilde katkı sağladı mı?				
Prototipin amacı açık bir şekilde anlatıldı mı?				
Sunum sırasında takım uyumu nasıldı?				
Ürün yenilikçi ve işlevsel miydi?				

Akran Geri Bildirimi Örneği:

“Tasarımınız çok yaratıcıydı. Özellikle geri dönüştürülebilir malzeme kullanmanız dikkatimi çekti. Ancak sunum sırasında biraz daha net konuşsaydınız, fikrinizi daha iyi anlayabilirdik.”

Öz ve Akran Değerlendirmenin STEM’e Katkıları

Katkı Alanı	Açıklama
Yansıtıcı düşünme	Öğrenciler ne öğrendiklerini, nasıl öğrendiklerini fark eder.
Süreç bilinci	Öğrenciler ürün kadar sürecin önemini kavrar.
Sosyal öğrenme	Ekip çalışmasında geri bildirim kültürü oluşur.
Öz motivasyon	Öğrenciler kendi gelişimlerini gözlemledikçe öğrenme isteği artar.
Empati ve yapıcı eleştiri	Öğrenciler karşılıklı olarak saygılı, objektif değerlendirme yapmayı öğrenir.

Öğretmenler İçin Uygulama Önerileri

- Her STEM etkinliğinin sonunda **5 dakikalık öz değerlendirme** için zaman ayırın.
- Öğrencilere 3 soruluk mini yansıtıcı formlar dağıtın. (Bugün ne öğrendim?

Ne zorlayıcıydı? Neye katkı sundum?)

- Akran değerlendirmelerini **anonim** ya da eşleştirme yöntemiyle yaptırabilirsiniz.
- Değerlendirme sonuçlarını öğrencilerle bireysel olarak paylaşın ve gelişim hedefleri belirleyin.
- Sunum günü gibi büyük etkinliklerde izleyici öğrencileri aktif izleyici olarak görevlendirin (örneğin “Sunum gözlemcisi”, “Prototip değerlendirici” gibi).

Öz değerlendirme ve akran değerlendirme uygulamaları, STEM eğitiminin öğrenci merkezli doğasını güçlendiren ve değerlendirme süreçlerine insanî ve yapıcı bir boyut kazandıran önemli araçlardır. Bu uygulamalar sayesinde öğrenciler yalnızca öğrenen değil, öğrenmesini sorgulayan, başkasının öğrenmesine katkı sunan ve bu süreçten anlam çıkarabilen bireyler hâline gelirler. Böylece STEM eğitimi yalnızca teknik ve içeriksel değil; **bilişsel, duyuşsal ve sosyal** açıdan da bütüncül bir öğretim modeline dönüşür.

Genel Değerlendirme

STEM eğitimi, yalnızca bilgi aktarımına dayalı değil; üretim, tasarım, keşif ve iş birliği süreçlerini odağına alan bütüncül bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu yönüyle klasik ölçme ve değerlendirme anlayışları, STEM pedagojisinin doğasına yeterince karşılık verememekte; bunun yerine süreç odaklı, çok boyutlu ve otantik ölçme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde ele alınan değerlendirme araçları ve uygulama örnekleri, STEM uygulamalarının yalnızca sonuçlarını değil; sürecin kendisini görünür ve anlamlı hâle getirmeyi hedeflemiştir.

STEM uygulamalarında değerlendirmenin yalnızca “ürün” üzerinden değil; öğrencinin nasıl düşündüğü, süreci nasıl yönettiği, ekibiyle nasıl iş birliği yaptığı, **ürettiği çözümün ne kadar işlevsel olduğu** gibi çok sayıda boyutu içermesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu nedenle değerlendirme, bir sonucun puanlanmasından çok, bir gelişimin izlenmesi ve yönlendirilmesi aracı olarak görülmelidir.

Bu bölümde sunulan süreç odaklı değerlendirme, performansa dayalı ölçme, rubrikler, portfolyolar, **öz ve akran değerlendirmeleri**, öğrenci gelişimini destekleyen ve öğretmen rehberliğini kolaylaştıran ölçme sistemleri olarak

yapılandırılmıştır. Her araç, hem uygulamaya hem de pedagojik temellere dayandırılmış; örnek etkinliklerle zenginleştirilmiştir.

STEM'in yapısına uygun şekilde geliştirilen bu değerlendirme uygulamaları, öğrencinin **öz farkındalık geliştirmesini**, düşünme sürecini yapılandırmasını, geribildirim kültürüyle gelişmesini ve en önemlisi **öğrenmeye karşı sorumluluk almasını** desteklemektedir. Bu da STEM eğitimini yalnızca teknik becerilerin değil; duyuşsal ve sosyal becerilerin de gelişimine katkı sunan bir eğitim yaklaşımı hâline getirmektedir.

Değerlendirme, STEM eğitiminin planlama ve uygulama kadar kritik bir bileşenidir. Bu değerlendirme süreci, sadece öğretmenin karar verme sürecine değil; aynı zamanda öğrencinin öğrenme sorumluluğunu sahiplenmesine ve kendi gelişimini yönetmesine de katkı sunar. Bu yönüyle etkili ölçme ve değerlendirme uygulamaları, STEM eğitiminin bütüncül, demokratik ve öğrenci merkezli yapısını güçlendiren en önemli öğretim araçlarından biridir.

10. BÖLÜM

ÖĞRETMENLER VE EĞİTİM ORTAMLARI

10.1. Öğretmen Yeterlilikleri ve STEM

10.2. STEM Öğretiminde Liderlik Rolü

10.3. STEM İçin Eğitim Ortamlarının Tasarımı

10.4. Aile Katılımı ve Toplum İş Birliği

BÖLÜM 10: ÖĞRETMENLER VE EĞİTİM ORTAMLARI

STEM eğitiminin etkili ve sürdürülebilir biçimde uygulanabilmesi, yalnızca müfredat tasarımı ve etkinlik planlaması ile değil; aynı zamanda öğretmenin sahip olduğu bilgi, beceri ve tutumlarla, içinde bulunulan fiziksel ve sosyal eğitim ortamlarının niteliğiyle doğrudan ilişkilidir. STEM pedagojisi; disiplinler arası düşünmeyi teşvik eden, problem çözme ve üretime odaklanan, iş birliğini ve dijital yetkinlikleri öne çıkaran bir yaklaşım olduğu için, bu yapının sınıf düzeyinde hayata geçirilebilmesi ancak donanımlı bir öğretmen profili ve esnek, öğrenci merkezli öğrenme ortamları ile mümkündür (Bybee, 2013; Johnson vd., 2016).

Öğretmenler, STEM uygulamalarında yalnızca bilgi aktarıcı değil; aynı zamanda rehber, kolaylaştırıcı, mentör ve öğrenme lideri rollerini üstlenmektedirler. Bu da öğretmenlerin pedagojik yeterliliklerinin yanı sıra, teknoloji okuryazarlığı, disiplinler arası planlama, problem temelli öğrenme, mühendislik tasarım süreci gibi alanlarda da sürekli gelişim içinde olmalarını gerektirir (Roehrig vd., 2012). Nitelikli öğretmen, öğrencinin merakını tetikler, sürece aktif katılımını sağlar ve her bireyin kendi öğrenme yolculuğunu destekleyecek farklı öğrenme yolları sunar.

Diğer yandan, STEM eğitimi yalnızca bireysel öğretmen yeterliliğiyle sınırlı değildir. Eğitim ortamlarının fiziksel düzeni, materyal zenginliği, dijital donanımı, iş birliğini teşvik eden yapısı da öğrenmenin niteliğini doğrudan etkiler. Kodlama, robotik, 3D modelleme, veri analizi gibi uygulamaların yapılabileceği STEM atölyeleri, sınıf dışı öğrenme alanları ve okul-toplum iş birlikleri, STEM'in yalnızca derslik içinde değil; okulun tamamına yayılmış bir öğrenme kültürü olarak yapılandırılmasını sağlar.

Bu bölümde, STEM öğretiminde öğretmen yeterlilikleri, liderlik rolleri, eğitim ortamlarının tasarımı ve aile-toplum iş birliği gibi temel bileşenler ele alınacak; öğretmenlerin STEM süreçlerindeki çok yönlü rolleri ile çağdaş öğrenme ortamlarının nasıl şekillendirilebileceği bütüncül biçimde değerlendirilecektir. Amaç, STEM uygulamalarının nitelikli insan kaynağı ve uygun öğrenme ekosistemleri ile desteklenmesini sağlayacak kuramsal ve pratik bir çerçeve sunmaktır.

10.1. Öğretmen Yeterlilikleri ve STEM

STEM eğitiminin sınıf ortamında etkili bir biçimde uygulanabilmesi, öncelikle bu süreci yönetecek öğretmenin sahip olduğu bilgi, beceri, değer ve tutumlara bağlıdır. STEM yaklaşımı, sadece dört disiplinin entegrasyonunu değil; aynı zamanda öğrenci merkezli, problem temelli ve üretim odaklı bir öğretim anlayışını da beraberinde getirir. Bu nedenle STEM uygulamalarını planlayan ve yürüten öğretmenlerin yalnızca alan bilgisi yeterliğine değil; pedagojik donanım, teknoloji okuryazarlığına, iş birliği kültürüne ve yaratıcı düşünme becerilerine de sahip olmaları gerekmektedir (NRC, 2012; Gess-Newsome, 2015).

◆ STEM Öğretmeni Profili: 21. Yüzyıl Yetkinlikleriyle Uyum

STEM öğretmenleri, klasik öğretmen rollerinin ötesine geçerek, aşağıdaki çok boyutlu yeterlik alanlarında gelişmiş bir profil ortaya koymalıdır:

Yeterlik Alanı	Açıklama
Disiplinler arası düşünme	Öğrenciye fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını bir bütün olarak sunabilme
Problem çözme ve tasarım becerisi	Gerçek yaşam problemlerini öğretime entegre etme ve çözüm yolları üretme konusunda rehberlik etme
Teknoloji okuryazarlığı	Kodlama, robotik, simülasyon ve dijital tasarım araçlarını öğrenme-öğretme sürecine entegre edebilme
Yaratıcılık ve esneklik	Açık uçlu görevler geliştirme, öğrencilerin farklı yollarla çözüm üretmesine imkân tanıma
İletişim ve iş birliği	Takım temelli öğrenmeyi yönetme, disiplinler arası öğretmen iş birlikleri kurabilme
Süreç değerlendirme becerisi	Ürün kadar öğrenme sürecini de izleyebilecek ölçme araçları kullanabilme (rubrik, portfolyo, öz değerlendirme)

Bu yetkinlikler yalnızca bireysel öğretmen nitelikleriyle sınırlı kalmaz; okulun genel öğrenme kültürüne ve ekip içi iletişim süreçlerine de doğrudan etki eder.

◆ Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Bağlamında Öğretmen Roller

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 2024 yılında kamuoyuna sunulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM), öğretmenlerin yalnızca bilgi aktarıcı değil; rehber, kolaylaştırıcı, gözlemci, geri bildirim sunucu ve değer kazandırıcı roller üstlenmesini ön plana çıkarmaktadır. Bu modele göre, öğretmenlerin şu yeterlik alanlarında gelişim göstermesi beklenmektedir:

- Öğrenmeyi yapılandıran bir rehber olma

- Sorgulama temelli öğrenme süreçlerini yönetme
- Üretim temelli görevler oluşturma
- Değerlendirmeyi öğrenmenin bir parçası olarak yapılandırma
- Dijital araçları eğitim süreçlerine anlamlı şekilde entegre etme
- Toplumsal ve kültürel değerleri içeren öğrenme ortamları hazırlama

Bu bağlamda STEM yaklaşımı, TYMM ile pedagojik anlamda yüksek düzeyde örtüşmekte; öğretmenin gelişmiş çoklu yeterliliklerle donatılmasını gerekli kılmaktadır.

◆ Öğretmen Yeterliklerinin Geliştirilmesine Yönelik Uygulamalar

STEM öğretiminde öğretmenlerin bu yeterlikleri kazanması, çeşitli profesyonel gelişim programları, hizmet içi eğitimler, eylem araştırmaları ve disiplinler arası iş birlikleri yoluyla desteklenmelidir. Bu süreçte önerilebilecek bazı uygulamalar şunlardır:

-  **STEM Eğitimleri ve Atölyeleri:** STEM öğretiminde kullanılan 5E modeli, mühendislik tasarım süreci, kodlama araçları (Scratch, Micro:bit vb.) gibi konularda yapılandırılmış eğitim programları
-  **Okul Temelli Meslekî Gelişim Toplulukları:** Branşlar arası öğretmen gruplarının haftalık STEM planları geliştirmesi, örnek uygulamaları paylaşması
-  **Aksiyon Araştırması:** Öğretmenlerin kendi sınıflarında STEM uygulamalarını deneyimleyip süreç üzerine yansıtıcı raporlar hazırlamaları
-  **STEM Mentörlük Sistemleri:** Alanında uzman öğretmenlerin farklı okullarda STEM uygulamaları için danışmanlık yapması
-  **Dijital Topluluklar ve Paylaşım Platformları:** EBA, eTwinning, STEM.org gibi platformlarda dijital kaynakların ve örnek senaryoların paylaşılması

◆ Öğretmenlere Yönelik Öneriler

Uygulama Alanı	Öğretmene Yönelik Stratejik Öneri
Planlama	Her STEM etkinliğini 5E modeline uygun biçimde yapılandırın.

Uygulama Alanı	Öğretmene Yönelik Stratejik Öneri
Öğretim	Problem temelli ve üretime dayalı görevler sunun.
Teknoloji	Dijital araçları işlevsel biçimde kullanın, öğrenciyi teknoloji tüketicisi değil üreticisi yapın.
Değerlendirme	Süreç değerlendirme araçları (rubrik, öz değerlendirme) kullanın.
İş birliği	Diğer branş öğretmenleriyle disiplinler arası STEM projeleri geliştirin.
Rehberlik	Her öğrencinin düşünme biçimini keşfetmeye çalışın, sabırlı ve yönlendirici olun.

10.2. STEM Öğretiminde Liderlik Rolü

STEM eğitimi, yalnızca sınıf içi uygulamalarla sınırlı olmayan; okul kültürünü, öğretmen iş birliklerini, toplumsal ilişki ağlarını ve vizyoner yönetim anlayışlarını da içeren çok katmanlı bir dönüşüm sürecidir. Bu dönüşümün sürdürülebilir ve etkili biçimde yönetilmesi ise, okul liderlerinin ve öğretmen liderlerinin STEM pedagojisinde üstlendikleri rollerle doğrudan ilişkilidir (Katzenmeyer & Moller, 2009; Fullan, 2014).

◆ Liderlik, STEM Uygulamalarının Kaldıraç Gücüdür

Etkili bir STEM öğretimi, güçlü bir **pedagojik liderlikle** mümkün hâle gelir. Özellikle okul yöneticileri ve öğretmen liderler, STEM yaklaşımının okul kültürüne yerleşmesini sağlayacak stratejik planlamalar yapmalı, ekip çalışmasını teşvik etmeli ve yenilikçi uygulamaları destekleyen bir öğrenme ortamı oluşturmalıdır.

Bu bağlamda STEM öğretiminde liderlik;

- Ortak vizyon oluşturma,
- Öğrenme kültürü inşa etme,
- Öğretmen motivasyonunu artırma,
- Kurumsal iş birliklerini güçlendirme,

- Süreç odaklı değerlendirmeyi yönlendirme gibi çok boyutlu işlevler üstlenir (Spillane, 2006).

◆ STEM Liderliğinin Öğretmen ve Yönetici Boyutları

1. Okul Yöneticisi Olarak STEM Lideri

Okul yöneticileri STEM kültürünün kurumsallaşmasında aşağıdaki alanlarda aktif rol almalıdır:

Liderlik Rolü	Açıklama
Vizyonerlik	Okulun STEM temelli gelişim hedeflerini belirler, bu doğrultuda kaynak planlaması yapar.
Destekleyicilik	Öğretmenlerin STEM eğitimi konusunda hizmet içi eğitimlere katılımını teşvik eder.
İş birliği kolaylaştırıcılığı	Branşlar arası öğretmen etkileşimlerine zemin hazırlar.
Kaynak sağlayıcılığı	STEM atölyeleri için fiziksel, teknolojik ve finansal kaynakların teminini sağlar.
Eylem planı yöneticiliği	Okul düzeyinde STEM temelli proje, etkinlik, yarışma, sergi gibi uygulamaların sistemli planlanmasını organize eder.

2. Öğretmen Lideri Olarak STEM Uygulayıcısı

STEM öğretiminde öğretmen liderliği, sınıf dışına taşan ve diğer öğretmenlerle örnek olan bir pedagojik etki yaratmayı ifade eder. STEM öğretmeni, sadece kendi sınıfında etkinlik uygulayan değil; aynı zamanda yenilikçi fikirler geliştiren, materyal tasarlayan, akran öğretimi yapan ve okul çapında STEM farkındalığı oluşturan bir öğrenme lideridir (York-Barr & Duke, 2004).

Öğretmen liderliğinde öne çıkan görev alanları:

- STEM kulüpleri, atölye çalışmaları düzenleme
- Öğretmen çalışma gruplarında mentörlük yapma
- Disiplinler arası ders planları oluşturma

- STEM alanında okul içi sunumlar ve örnek dersler gerçekleştirme
- İlçe/il düzeyindeki STEM platformlarında aktif rol alma

◆ Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nde Liderlik Vurgusu

TYMM, öğretmeni bir “etkinlik yöneticisi” olmanın ötesinde, **öğrenme ortamını şekillendiren, değerlere rehberlik eden, iş birliklerini yöneten ve topluma örnek bireyler yetiştiren** liderler olarak konumlandırmaktadır. Bu bağlamda STEM öğretimi, öğretmenin liderlik kapasitesini geliştirirken; okulun tamamına yayılan öğrenen topluluklar oluşmasını da destekler.

Bu modelde STEM liderliği;

- Ortak kültürel değerlerle bilimsel bilgi üretimi arasında köprü kurar,
- Toplum temelli öğrenme ortamlarını (müze, doğa, atölye, kurumlar) öğrenme sürecine entegre eder,
- Problem çözme ve proje üretme süreçlerini okul vizyonunun bir parçası hâline getirir.

◆ Örnek Uygulamalar: Liderlik Rolünün Somut Yansımaları

Uygulama Tipi	Açıklama
STEM Haftası Organizasyonu	Okul yöneticisi ve öğretmen lider iş birliğiyle planlanan etkinliklerde sergiler, atölyeler ve öğrenci sunumları yapılır.
STEM Mentör Öğretmen Programı	Deneyimli STEM öğretmenleri yeni başlayanlara yol gösterir. Ders gözlemleri, birlikte planlama ve ortak uygulamalar gerçekleştirilir.
Disiplinler Arası STEM Takımları	Fen, matematik, teknoloji, sanat ve sosyal bilgiler öğretmenleri ortak proje geliştirir.
Toplumla İş Birliği	Belediye, üniversite, yerel işletmeler ile iş birlikleri kurularak STEM projelerine destek alınır.

STEM Liderliği İçin Öğretmenlere ve Yöneticilere Öneriler

Rol	Öneri
Okul Yöneticisi	STEM öğretiminde görevli öğretmenleri destekleyici bir iklim oluşturun. Başarılı uygulamaları görünür kılın ve paylaşın.
Öğretmen	Kendi sınıfınızdaki iyi uygulamaları meslektaşlarınızla paylaşın. STEM projelerinde rol model olun.
Ortak	Okul içinde “STEM liderlik ekibi” oluşturun ve yıl boyunca hedefler belirleyerek yürütücü olun.

10.3. STEM İçin Eğitim Ortamlarının Tasarımı

STEM eğitiminin etkili biçimde uygulanabilmesi için yalnızca öğretim yöntemlerinin değil, **öğrenme ortamlarının** da yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Öğrencilerin sorgulama, araştırma, tasarlama, üretme ve sunum gibi çok boyutlu etkinliklerde aktif rol almalarını sağlayacak öğrenme ortamları, STEM pedagojisinin temel taşlarından biridir (Honey, 2014). Bu ortamlar fiziksel, dijital ve pedagojik bileşenlerin bir araya geldiği, disiplinler arası üretim süreçlerini destekleyen öğrenme ekosistemleri olarak kurgulanmalıdır.

STEM Eğitim Ortamlarının Temel Özellikleri

Bir STEM öğrenme ortamı, aşağıdaki temel nitelikleri taşımalıdır:

Özellik	Açıklama
Esneklik	Gruplarla çalışmaya, deney yapmaya, hareket etmeye ve fikir geliştirmeye imkân tanıyan mobilya düzeni
Malzeme Zenginliği	Tasarım, prototipleme, deney, ölçüm ve kodlama için gerekli araç-gereçler
Dijital Erişim	Kodlama, modelleme, veri analizi ve sunum için bilgisayar, tablet, internet ve uygun yazılımlar
Görsel Sunum Alanları	Beyin fırtınası, planlama, çizim ve sunumlar için pano, beyaz tahta, dijital ekranlar
Güvenlik ve Ergonomi	Yaş düzeyine uygun düzenleme, güvenli malzeme kullanımı, net alan ayrımları (kesim, elektronik, deney vb.)

✂ Bu yönüyle STEM sınıfları geleneksel sınıf modelinin ötesine geçerek, laboratuvar, atölye ve yaratıcı stüdyo yapılarının birleştiği hibrit alanlara dönüşmektedir (Martinez & Stager, 2013).

TYMM ve Öğrenme Ortamı Vizyonu

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, öğrenmenin sadece bilgi aktarımıyla sınırlı olmadığı; öğrencinin aktif katılımı, üretimi ve toplumsal fayda üretmesi esasına dayalı bir yapı öngörmektedir. Bu model doğrultusunda STEM ortamları da:

- **Üretim merkezli,**
- **Değer temelli,**
- **İş birliğine dayalı,**
- **Yerel ve küresel sorumlulukları gözetten**
alanlar olarak yapılandırılmalıdır.

TYMM çerçevesinde, öğrenme ortamlarının kültürel bağlamla ilişkilendirilmiş, problem çözmeye olanak tanıyan ve farklı disiplinleri buluşturan bir yapıya sahip olması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda STEM sınıfları sadece fiziksel değil; **kavramsal ve değer temelli** bir yeniden inşa süreci gerektirir.

STEM Sınıfı/Atölyesi Tasarımı İçin Somut Bileşenler

Alan	İçerik ve Materyal Önerileri
Tasarım & Üretim	LEGO parçaları, karton, kesici/kıvrırıcı aletler, yapıştırıcılar, maket bıçakları
Deney Alanı	Termometre, mikroskop, basit kimya ve fizik deney malzemeleri
Elektronik & Kodlama	Arduino, Micro:bit, breadboard, kablolar, sensörler, led lambalar, motorlar
Dijital Alan	Bilgisayar/tablet, internet, 3D yazıcı, Tinkercad, Scratch, robotik yazılımlar
Sunum & Tartışma	Proje panosu, akıllı tahta, poster alanı, öğrencilerin ürünlerini sergileyebileceği platformlar

Bu alanlar **dinamik** ve **modüler** olmalı, öğrenci fikirlerine göre yeniden düzenlenebilir bir yapıya sahip olmalıdır.

Uygulama Örnekleri: Okul Ortamında STEM Tasarımları

Örnek 1: “Mobil STEM Köşesi”

Özellikle sınıfı değiştirilemeyen okullar için portatif STEM kutuları veya STEM römorkları tasarlanabilir. Bu kutular içinde kodlama kitleri, tasarım araçları ve temel deney malzemeleri bulunur.

Örnek 2: “STEM Lab + Maker Space”

Fen laboratuvarlarının bir bölümünün tasarım ve üretim amaçlı kullanılabilir hâle getirilmesiyle entegre bir STEM/Maker alanı oluşturulabilir.

Örnek 3: “STEM Koridoru”

Okul koridorlarında sergi panoları, matematik problemleri, QR kodla interaktif videolar, yerleştirilmiş deney istasyonları gibi pasif alanlar aktif öğrenme alanlarına dönüştürülebilir.

Öğretmenler İçin Ortam Tasarımı Önerileri

Strateji	Açıklama
Küçükten başla	Tüm sınıfı değiştirmek zorunda değilsiniz. Bir masa bir köşe bile STEM uygulamaları için yeterli olabilir.
Öğrenci katılımı	Öğrencilerinizden sınıf düzeni, ihtiyaç listesi ve malzeme yerleşimi konusunda fikir alın.
İş birliği geliştir	Görsel sanatlar, fen, matematik ve bilişim öğretmenleriyle birlikte kullanılacak ortak alanlar tasarlayın.
İkinci el malzeme kullanımı	Atık malzemeler, evde kullanılmayan basit elektronikler (mouse, saat vb.) sınıf projelerinde kullanılabilir.
Kademeli gelişim	Her ay küçük bir değişiklikle sınıfınızın STEM altyapısını zenginleştirin (örneğin: bu ay sensör köşesi, sonraki ay robotik modülü).

STEM eğitiminin başarıya ulaşmasında öğrenme ortamlarının tasarımı kritik bir rol oynar. Fiziksel alanın sunduğu imkânlar, pedagojik yaklaşımların işler hâle gelmesini sağlar. Bu nedenle sınıflar ve okul mekânları, STEM'in sorgulama, üretim, iş birliği ve sunum döngüsünü destekleyecek şekilde yeniden düzenlenmelidir. Bu sadece bir mekân değişimi değil; aynı zamanda öğrenmeye bakış açısının yeniden inşası anlamına gelir.

10.4. Aile Katılımı ve Toplum İş Birliği

STEM eğitiminin yalnızca sınıf içinde değil, okul dışı çevreyle bütünleşik şekilde yürütülmesi, öğrenmenin kalıcılığı ve toplumsal etkisi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda ailelerin ve toplumun STEM süreçlerine dâhil edilmesi, öğrencilere daha güçlü, anlamlı ve destekleyici öğrenme deneyimleri sunar. STEM yaklaşımı; sadece akademik becerileri geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda çocukların yaşadığı sosyal çevreyle bağ kurmasını, yerel sorunlara duyarlılık geliştirmesini ve öğrenmeyi yaşamın bir parçası olarak görmesini teşvik eder (Epstein, 2011; Beers, 2011).

Aile Katılımının STEM Eğitime Katkısı

Aileler, çocuklarının öğrenme süreçlerinde rehber, destekleyici ve modelleyici bir rol üstlenebilir. Evdeki basit gözlemler, geri dönüşüm uygulamaları, doğa yürüyüşleri, enerji tasarrufu gibi gündelik yaşam etkinlikleri STEM düşüncesinin pratiğe dökülmesidir. Ayrıca aileler, STEM projelerine katılarak çocuklarının çalışmalarını daha yakından tanıma ve destekleme fırsatı bulurlar.

STEM eğitiminin aile boyutundaki katkıları şunlardır:

- Öğrencinin öğrenme motivasyonunu artırma
- Akademik gelişimini ev ortamında da destekleme
- Bilimsel ve teknolojik farkındalığı artırma
- Aile içi iletişimi güçlendirme
- STEM mesleklerine yönelik kariyer ilgisini pekiştirme

Uygulama Örnekleri:

- Aile-öğrenci STEM etkinlik geceleri (örneğin: “Birlikte robot yapıyoruz”)

temalı akşam etkinlikleri)

- Evde STEM kutusu uygulamaları (basit devre, güneş fırını gibi evde yapılabilecek kitler)
- Ailelerin jüri üyesi olduğu okul içi STEM sergileri
- Öğrencilerin aileleriyle birlikte hazırladığı STEM sunumları veya videoları

Ayrıca ailelerin çeşitli mesleklerden olmaları da (mühendis, sağlıkçı, çiftçi, esnaf vb.) çocuklara farklı disiplinleri tanıtmada zenginlik sağlar. Örneğin, bir marangoz ebeveynin ölçü alma, kesme, birleştirme süreçlerini anlatması, STEM'in mühendislik ve matematik boyutuna doğrudan katkı sunabilir.

Toplumla İş Birliğinin Önemi ve Katkıları

STEM eğitiminin yalnızca bireysel ve sınıf temelli bir çaba olarak kalması, bu modelin asıl gücünü sınırlayacaktır. STEM'in toplumsal boyutu; okulun yerel yönetimlerle, üniversitelerle, sanayi kuruluşlarıyla, tarım ve sağlık sektörleriyle, STK'larla ve kültürel kurumlarla iş birliği kurmasıyla genişler. Bu iş birlikleri, hem öğrenmenin gerçek yaşamla ilişkisini güçlendirir hem de öğrencilerin geleceğe dair mesleki vizyonlarını geliştirir (Honey, 2014)).

Toplumsal iş birliğinin STEM eğitime katkıları:

- Gerçek problem alanlarına erişim sağlar (örneğin: su kaynaklarının korunması, yerel ulaşım sorunları)
- Alan uzmanlarının eğitime katılımıyla otantik öğrenme ortamları yaratır
- Yerel kalkınma sorunlarına çözüm odaklı projeler geliştirilmesini teşvik eder
- Sosyal sorumluluk ve yurttaşlık bilinci kazandırır
- Okul dışı öğrenme ortamlarını çeşitlendirir (fabrikalar, müzeler, belediyeler, köyler, sanayi tesisleri, tarım alanları vb.)

Uygulama Örnekleri:

- Yerel belediye iş birliğiyle “Sürdürülebilir Şehir Tasarımı” yarışmaları
- Üniversitelerle iş birliği içinde laboratuvar ziyaretleri ve akademisyen sunumları
- Sanayi kuruluşlarının desteklediği STEM atölyeleri

- Tarım kooperatifleriyle yürütülen “yerel ürünler için ekolojik ambalaj tasarımı” projeleri
- STK’larla yürütülen çevre temalı STEM kampanyaları

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) Çerçevesinde Aile ve Toplumun Rolü

TYMM, öğrencinin sadece bireysel gelişimini değil; ait olduğu kültürel çevreyle etkileşimini de merkeze alan bütüncül bir eğitim modeli sunmaktadır. Bu modelde yer alan değer eğitimi, aktif vatandaşlık, çevre bilinci, toplumsal fayda üretme gibi yönelimler; STEM’in aile ve toplumla bütünleştiği projeler aracılığıyla doğrudan desteklenebilir.

Örneğin:

- TYMM’de vurgulanan “değerler temelli öğrenme” anlayışı, STEM projelerinde sosyal sorumlulukla birleştiğinde, öğrencilere hem üretme hem fayda sağlama amacı kazandırır.
- “Gelişimsel bütünlük” ilkesi doğrultusunda öğrencinin okul-ev-toplum üçgeninde tutarlı deneyimler yaşaması, STEM’in yaşamla bütünleşen bir öğrenme süreci olmasını sağlar.

◆ Öğretmenlere Yönelik Uygulama Önerileri

- **Velilere bilgilendirme seminerleri düzenleyin.** STEM’in ne olduğu, evde nasıl desteklenebileceği konusunda rehberlik sunun.
- **Aileleri etkinliklere dâhil edin.** Kodlama atölyeleri, proje günleri, sunum sergileri gibi süreçlere ebeveynleri davet edin.
- **Yerel kurumlarla bağlantılar kurun.** Okulun çevresindeki belediye, sanayi odası, ziraat odası, kooperatif gibi kurumlarla proje tabanlı iş birlikleri geliştirin.
- **STEM toplulukları oluşturun.** Okul bünyesinde öğrenciler, veliler ve öğretmenlerden oluşan gönüllü STEM ekipleri kurulabilir.
- **Rol model sunumları organize edin.** Farklı mesleklerden kişiler (kadın mühendisler, tarım teknisyenleri, robotik geliştiriciler vb.) okulda öğrencilerle buluşturulabilir.

Aile katılımı ve toplum iş birliği, STEM eğitiminin sürdürülebilirliği, toplumsal etki yaratması ve öğrencilerin öğrenmelerini gerçek bağlamlara taşıya-

bilmesi açısından vazgeçilmez bileşenlerdir. Öğrenci yalnızca okulda değil, evde ve çevresinde de öğrenmeye devam eder. Bu yüzden STEM, yalnızca bir ders ya da proje değil; tüm paydaşların katıldığı **yaşayan bir öğrenme kültürü** olarak değerlendirilmelidir.

Genel Değerlendirme

Bu bölümde, STEM eğitiminin etkili biçimde uygulanabilmesi için kritik öneme sahip olan dört temel bileşen ayrıntılı şekilde ele alınmıştır: öğretmen yeterlilikleri, öğretim liderliği, öğrenme ortamlarının tasarımı ve aile-toplum iş birliği. STEM, yalnızca bir öğretim yöntemi değil; aynı zamanda disiplinler arası düşünme, problem çözme, üretim ve iş birliğine dayalı yeni bir eğitim kültürü sunar. Bu kültürün sınıf ortamına taşınması, ancak nitelikli öğretmenler ve uygun öğrenme ekosistemleri ile mümkün olabilmektedir.

STEM öğretmeni, yalnızca bilgi aktaran değil; öğrenme süreçlerini tasarlayan, öğrencilere rehberlik eden ve onları keşfetmeye yönlendiren bir liderdir. TYMM çerçevesinde öğretmenlerden beklenen rehberlik, kolaylaştırıcılık ve değer kazandırıcılık rolleri; STEM yaklaşımıyla bütünleştğinde çok yönlü bir öğrenme ortamı ortaya çıkmaktadır. Bu da öğretmenlerin teknoloji okuryazarlığı, disiplinler arası planlama, üretim temelli öğretim ve süreç değerlendirme gibi alanlarda sürekli gelişim içinde olmalarını gerektirmektedir.

Ayrıca STEM uygulamalarının sürdürülebilirliği için yalnızca bireysel çaba yeterli değildir. Okul yöneticilerinin vizyoner liderlik anlayışı, öğretmen liderlerin meslektaşlarına yönelik destekleyici rolleri ve okul kültürü içinde kolektif öğrenme topluluklarının oluşması, STEM'in kurumsallaşması açısından son derece değerlidir. Liderlik, burada yalnızca yönetsel bir süreç değil; aynı zamanda pedagojik dönüşümü destekleyen stratejik bir aktörlük olarak konumlanmaktadır.

Bununla birlikte, STEM eğitiminde öğrenme ortamlarının yapısal ve işlevsel açıdan yeniden kurgulanması büyük önem taşır. Esnek oturma düzeni, üretime olanak sağlayan malzeme zenginliği, dijital erişim ve öğrenci merkezli alanlar; öğrenmeyi daha anlamlı, etkileşimli ve sürdürülebilir kılar. TYMM'nin değer temelli ve bütüncül öğrenme anlayışı, bu ortamların yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda kültürel ve duyuşsal düzlemde de öğrenciye hitap etmesini gerektirir.

Son olarak, STEM'in okul sınırlarını aşarak ev ortamına ve topluma yayılma-

sı, öğrenmenin derinliği ve etkisi açısından hayati bir noktadır. Ailelerin sürece aktif olarak dâhil edilmesi, çocukların öğrenme motivasyonunu artırmakta ve öğrenmeyi yaşamın doğal bir parçası hâline getirmektedir. Toplumla iş birliği içinde yürütülen STEM projeleri ise öğrencilerin gerçek yaşam problemlerine çözüm geliştirme kapasitesini artırmakta, toplumsal sorumluluk ve çevresel farkındalık gibi değerlerle öğrenmeyi pekiştirmektedir.

Bu bağlamda, öğretmenlerin mesleki yeterliliklerini artırmaları, okul yöneticilerinin STEM pedagojisine liderlik etmeleri, eğitim ortamlarının dönüştürülmesi ve okul-aile-toplum üçgeninde güçlü bir öğrenme ağı kurulması, STEM'in etkili biçimde uygulanması için temel koşullardır. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca ders başarısını değil; yaşam boyu öğrenen, üreten ve topluma katkı sunan bireyler yetiştirmeyi hedefleyen bir eğitim vizyonunun ifadesidir.

EKLER

- STEM Etkinlik Şablonları
- Örnek Etkinlik Değerlendirme Formları
- STEM Uygulama Günlüğü Örneği
- STEM Alanında Yararlanılabilecek Dijital Araçlar
- Yararlanılan Kaynaklar ve Okuma Önerileri

STEM ETKİNLİK ŞABLONLARI

Bu bölümde sunulan STEM etkinlik şablonları, öğretmenlerin farklı yaş ve branş düzeylerinde disiplinler arası etkinlikler planlamasına yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır. Şablonlar, STEM pedagojisinin temel yapı taşları olan problem temelli öğrenme, mühendislik tasarım süreci, disiplinler arası entegrasyon ve üretim odaklı yaklaşımı destekleyecek şekilde yapılandırılmıştır.

Etkinlik planlamasında öğretmenlerin şunlara dikkat etmesi önerilir:

- Gerçek yaşam problemleriyle ilişki kurma
- Disiplinler arası içerik entegrasyonu
- Süreç boyunca öğrenci katılımını, iş birliğini ve yaratıcılığı teşvik etme
- Ürün ve süreç değerlendirmesine yer verme

Bölüm	Açıklama / Örnek Rehberlik
Etkinliğin Adı	Örneğin: “Sürdürülebilir Ev Tasarımı”
Sınıf Seviyesi / Yaş Grubu	Örn: 6. sınıf (11–12 yaş)
Ders Alanları	Fen, Matematik, Teknoloji, Mühendislik (gerekirse Türkçe, Sosyal Bilgiler vb.)
Etkinliğin Süresi	Tek ders / 2 ders / 1 hafta / 4 hafta vb.
Problemin Tanımı	Gerçek yaşamla bağlantılı açık uçlu bir sorun yazılmalı. Örn: “Soğuk iklimlerde ısı kaybını azaltacak bir ev nasıl tasarlanabilir?”
Amaç ve Hedeflenen Kazanımlar	Disiplin bazlı kazanımlar + beceri hedefleri Örn: “Isı yalıtımı mantığını kavrar”, “Basit prototip tasarlar”, “Veri toplar ve yorumlar”
Kullanılacak Malzemeler	Karton, folyo, termometre, pipet, çizim araçları vb.
Etkinlik Aşamaları	1. Problem tanımı 2. Beyin fırtınası 3. Araştırma 4. Tasarım planı 5. Prototip üretimi 6. Test etme 7. Yansıtma ve geliştirme 8. Sunum
Değerlendirme Araçları	Rubrik, gözlem formu, öz değerlendirme, ürün sunumu, akran değerlendirme
Notlar / Gözlemler	Etkinlik sırasında karşılaşılan güçlü–zayıf yönler öğretmen tarafından not alınabilir.

Aşama	İçerik
1. SORUNU TANIMLA	Öğrencilerin çözmesi gereken probleme kısa, net, açıklayıcı bir başlık yazılır. <i>Örn: “Sınıf içi ışık kullanımını azaltmak için doğal aydınlatma sistemi geliştirebiliriz.”</i>
2. ARAŞTIR	Öğrencilerin konuyla ilgili bilgi toplama, örnekleri inceleme ve önceki çözümleri değerlendirme süreci planlanır.

Aşama	İçerik
3. FİKİR ÜRET	Beyin fırtınası yapılır, alternatif çözümler geliştirilir. Öğrencilere farklı yollarla çözüm üretmeleri teşvik edilir.
4. PLANLA	Seçilen fikre göre adım adım tasarım yapılır. Malzeme listesi hazırlanır. Teknik çizim veya dijital taslaklar oluşturulur.
5. ÜRET (PROTOTİP)	Plan doğrultusunda ürün geliştirme süreci başlar. Öğrenciler materyalleri kullanarak prototip oluştururlar.
6. TEST ET	Prototip test edilir. Eksiklikler gözlemlenir. Veriler toplanır (ölçüm, gözlem vb.)
7. GELİŞTİR	Test sonrası iyileştirmeler yapılır. Ürün optimize edilir. Alternatif yollar denenebilir.
8. SUNUM & PAYLAŞIM	Ürün sınıf içinde sunulur. Sunum sırasında öğrenciler problemi, çözüm sürecini ve elde ettikleri sonuçları açıklar.

Alan	Açıklama
Senaryonun Adı	Örn: “Mahallemizdeki su birikintisi sorununa çözüm”
Hedef Grup / Sınıf	6. sınıf (11–12 yaş)
Problem Tanımı	Yaşanılan çevrede ya da okulda gözlenen açık uçlu bir sorun. Örn: “Okulumuzun arka bahçesinde yağmur sonrası su birikiyor.”
Senaryo Süreci	1. Gözlem yap 2. Sorunu analiz et 3. Veri toplama 4. Çözüm önerileri geliştir 5. Prototip tasarla 6. Test et ve değerlendir
STEM Disiplinleri	Fen: Su döngüsü, zemin türleri Matematik: Alan ölçümleri Mühendislik: Tahliye sistemi Teknoloji: Maket yapımı, sunum
Kazanımlar	Problem çözme, iş birliği, bilimsel düşünme, mühendislik tasarım döngüsü
Sunum Türü	Poster, maket, dijital infografik
Değerlendirme Yöntemi	Süreç rubriği + akran değerlendirmesi + gözlem formu

Alan	Açıklama
Etkinlik Başlığı	Örn: “Bir Robotun Günlüğü”
Hedef Grup	5.–7. sınıf
Senaryo / Hikâye Fikri	Öğrencinin geliştirdiği STEM projesi, bir karakterin (robot, çocuk, bilim insanı vb.) gözünden hikâyeleştirilir.
STEM Proje Bağlantısı	Örn: Kodlanan trafik ışığı sisteminin tasarımı
Hikâye Unsurları	1. Giriş: Karakterle tanışma 2. Problemle karşılaşma 3. Çözüm geliştirme (STEM süreci) 4. Başarı ya da başarısızlık 5. Sonuç ve ders
Yaratıcı Çıktılar	Öykü defteri, illüstrasyon, dijital animasyon, resimli hikâye kitabı
Kazanımlar	Yaratıcı yazma, süreç değerlendirme, empati kurma, teknik bilgiye dilsel yaklaşım
Değerlendirme	Yazılı ürün + sunum + öz değerlendirme formu

Etkinlik Başlığı	Örn: “Bahçedeki Toprağın Su Tutma Kapasitesini Ölçüyoruz”
Hedef Grup	4.–6. sınıf
Yer / Alan	Okul bahçesi, bostan, doğa parkuru, tarla
Problemin Tanımı	“Bahçemizde hangi toprak daha verimli su tutar?”
STEM Disiplinleri	Fen: Toprak türleri ve su Matematik: Ölçüm ve veri analizi Mühendislik: Sulama sistemi geliştirme Teknoloji: Veri kaydı ve sunumu
Uygulama Aşamaları	1. Gözlem yap 2. Numune al 3. Deney uygula 4. Veriyi kaydet 5. Tasarım geliştir 6. Sunum yap
Kazanımlar	Doğa ile öğrenme, çevresel sorumluluk, veri okuryazarlığı, mühendislik döngüsü
Sunum Biçimi	Sunum panosu + gözlem formu + basit prototip
Ek Öğeler	Fotoğraf çekimi, doğa günlüğü, küçük video röportajlar

ÖRNEK ETKİNLİK DEĞERLENDİRME FORMLARI

Değerlendirme Formu 1: STEM Ürün Rubriği (Üst Düzey – 6.–8. Sınıf)

Kullanım amacı: Öğrencilerin ortaya koyduğu ürün/prototiplerin işlevsellik, yaratıcılık ve sunum becerileri açısından değerlendirilmesi.

Uygulanabilirlik: STEM sergileri, proje sunumları, yarışmalar, STEM haftası etkinlikleri.

Değerlendirme Kriteri	4 – Mükemmel	3 – İyi	2 – Gelişiyor	1 – Yetersiz
Problem Tanımı	Özgün ve net problem belirlenmiş, gerekçelendirilmiş	Net problem tanımı var	Problem belirsiz veya genel	Problem tanımı yok / belirsiz
Tasarım ve İşlevsellik	Ürün işlevsel, yaratıcı ve hedefe tam uygun	Ürün büyük ölçüde işlevsel	Ürün kısmen işlevsel	Ürün çalışmıyor veya hedefe uygun değil
Malzeme Kullanımı	Malzemeler etkili, yaratıcı ve çevre dostu kullanılmış	Malzemeler amaca uygun	Bazı malzemeler uygun değil	Malzeme seçimi yetersiz
Sunum ve Anlatım	Akıcı, anlaşılır, görsel destekli ve ikna edici sunum	Anlaşılır, görseller kısmen etkili	Sunumda eksiklikler var	Sunum yetersiz, anlatım kopuk
Ekip Çalışması	Rol paylaşımı mükemmel, tüm üyeler aktif	Görev paylaşımı yapılmış	Katılım eşit değil	İş birliği çok zayıf

◆ **Toplam Puan:** / 20

◆ **Gelişim Notu / Geri Bildirim:**

.....

Değerlendirme Formu 2: Süreç Gözlem Formu (5E Modeli Temelli – Öğretmen Kullanımı)

Kullanım amacı: Öğrencinin STEM süreci boyunca gösterdiği performansın (özellikle süreç odaklı) öğretmen tarafından gözlemlenmesi.

Uygulama zamanı: Etkinlik esnasında, gözlem köşesinden veya dolaşarak

uygulanabilir.

5E Süreci	Gözlem Kriteri	 Gözlendi	 Gözlenmedi	Notlar
Keşfet	Öğrenci aktif olarak sorular sordu			
Açıkla	Kendi fikirlerini sözlü/yazılı ifade etti			
Derinleştir	Tasarım sürecinde alternatif çözüm yolları önerdi			
Açığa çıkar	Arkadaşlarının fikirlerine katkı sundu			
Değerlendir	Kendi ürününü eleştirel biçimde analiz etti			

◆ **Genel Gözlem Notu:**

.....

 Değerlendirme Formu 3: Öğrenci Öz Değerlendirme Formu (4.–8. Sınıf için)

Kullanım amacı: Öğrencinin kendi sürecini ve katkısını fark etmesi, metabilşsel farkındalık geliştirmesi.

Etkinliğin Adı:

Adınız:

Değerlendirme Soruları	Cevabınız
Bugünkü etkinlikte en çok neyi öğrendim?	
Tasarım sürecinde zorlandığım nokta neydi?	
Ekibime nasıl katkı sağladım?	
Daha iyi olması için ne yapabilirdim?	
Projem gerçek yaşamda nasıl bir soruna çözüm olabilir?	

◆ **Kendimi değerlendirecek olsam (1–5 arası):**

 1 = Hiç katılmadım, 5 = Tam katıldım

EK 3: STEM UYGULAMA GÜNLÜĞÜ ÖRNEĞİ

Adı Soyadı:

Sınıfı:

Tarih:

Etkinliğin Adı:

1. PROBLEMİ ANLADIM MI?

 Etkinliğin başında bize hangi problem verildi?

.....

.....

.....

.....

 Bu problemin günlük yaşamla nasıl bir ilişkisi olabilir?

.....

.....

.....

.....

2. PLANLAMA AŞAMASI

 Çözüm için hangi fikirleri geliştirdim?

.....

.....

.....

.....

 Ekip olarak nasıl bir görev dağılımı yaptık? Benim görevim neydi?

.....

.....
.....
.....

3. TASARIM ve UYGULAMA SÜRECİ

 **Tasarım yaparken hangi malzemeleri kullandık ve neden bu malzemeleri seçtik?**

.....
.....
.....

 **Prototipimizi oluştururken ne gibi değişiklikler yapmak zorunda kaldık?**

.....
.....
.....

4. TEST ETME ve GELİŞTİRME

 **Tasarımımızı nasıl test ettik? Ne işe yaradı, ne işe yaramadı?**

.....
.....
.....

 **Tasarımdaki en başarılı yön neydi? Geliştirilmesi gereken yönler nelerdi?**

.....
.....
.....

5. SUNUM ve PAYLAŞIM

 **Projeyi sunarken nelere dikkat ettim? Hangi araçları kullandım**

(afiş, maket, sunum)?

.....

.....

.....

.....

💡 Arkadaşlarım ve öğretmenim bana hangi geri bildirimleri verdi?

.....

.....

.....

.....

6. KENDİMİ DEĞERLENDİRİYORUM

💡 Bu etkinlik bana neler kazandırdı? En çok hangi becerimi geliştirdiğimi düşünüyorum?

- [] Problem çözme
- [] İş birliği
- [] Yaratıcılık
- [] Teknoloji kullanımı
- [] Sunum becerisi
- [] Kodlama / tasarım

Açıklama:

.....

.....

🌟 Bu projeye 1'den 5'e kadar kaç puan veririm?

7. YENİ BİR FİKİR

💡 Bu problemi farklı şekilde çözmem gerekse ne yapardım?

.....

.....

.....

.....

📎 Ek Dosyalar (öğrenci tarafından eklenecek):

- Proje çizimi / planlama şeması
- Fotoğraflar / ekran görüntüleri
- Veri tablosu / grafikler
- Öz / akran değerlendirme formu
- Proje sunum dosyası (afiş, PPT vb.)



Not:

Bu günlük, hem öğrencinin kendi öğrenme sürecine dair farkındalığını artırmak hem de öğretmenin süreci daha iyi değerlendirmesini sağlamak amacıyla portfolyo dosyalarında saklanabilir. Öğrencilerden her STEM etkinliği sonrası bu günlüğü doldurmaları istenebilir.

• STEM Alanında Yararlanılabilecek Dijital Araçlar

EK 4: STEM ALANINDA YARARLANILABİLECEK DİJİTAL ARAÇLAR

STEM pedagojisi; öğrencinin üretken, sorgulayıcı, iş birliğine açık ve teknoloji okuryazarı birey olarak yetişmesini hedefler. Bu sürecin desteklenmesinde dijital araçlar kritik rol oynar. Aşağıda her STEM bileşenine özgü önerilen dijital araçlara yer verilmiştir.

1. Kodlama ve Programlama Araçları

Araç	Düzey	Açıklama	Kullanım Alanı
Scratch	İlkokul / Ortaokul	Blok tabanlı görsel programlama dili	Hikâye anlatımı, oyun geliştirme, simülasyon
mBlock	Ortaokul / Lise	Scratch + Arduino uyumlu	Kodlama ve robotik entegrasyonu
Code.org	Her düzey	Kodlama için ders modülleri sunar	Oyun, animasyon ve problem çözme görevleri
Tynker	İlkokul / Ortaokul	Blok ve metin tabanlı kodlama	STEAM temelli senaryolar
Arduino IDE	Ortaokul / Lise	Metin tabanlı C diliyle programlama	Sensör tabanlı projeler, robotik sistemler
Micro:bit MakeCode	Ortaokul	Blok ve Python/C++ tabanlı kodlama	Mini robot, sensör, akıllı sistem uygulamaları

2. Mühendislik ve Tasarım Araçları

Araç	Kullanım Amacı	Özellikler
Tinkercad	3D modelleme	Basit 3D tasarımlar, devre oluşturma, simülasyon
SketchUp	Mimari çizim	Detaylı yapı tasarımı, şehir planlaması

Araç	Kullanım Amacı	Özellikler
Fritzing	Devre diyagramı	Arduino tabanlı devre tasarımı için grafiksel editör
LEGO Digital Designer	Mekanik yapı modelleme	Sanal LEGO ile prototip planlama
Autodesk Fusion 360	İleri düzey modelleme	Mühendislik düzeyinde tasarım ve analiz

3. Veri Analizi ve Görselleştirme Araçları

Araç	Kullanım Alanı	Öne Çıkan Özellik
Google Sheets / Excel	Veri girişi, tablo ve grafik	STEM deney sonuçlarını analiz etme
Desmos	Fonksiyon grafikleri	Matematik temelli STEM uygulamaları
PhET Simulations	Fen simülasyonları	Etkileşimli deney ortamı, özellikle fen öğretimi için
GeoGebra	Geometri ve ölçüm	Matematikle tasarımı birleştirme
Logger Pro	Sensör verisi analizi	Grafik ve veri toplama (lise düzeyi)

4. Sunum ve Proje Paylaşım Araçları

Araç	Kullanım Amacı	Açıklama
Canva	Afiş, sunum, infografik	STEM projeleri için estetik sunum hazırlama
Padlet	Dijital pano	Grup içi fikir paylaşımı ve proje takibi
Google Slides / PowerPoint	Sunum	Proje sunumlarının görselleştirilmesi
Prezi	Dinamik sunumlar	STEM süreçlerinin döngüsel sunumu
Flipgrid	Video tabanlı yansıtma	Öğrencilerin ürün sunumu veya öz değerlendirmesi

5. İnteraktif Öğrenme Ortamları

Platform	Açıklama	Önerilen Kullanım
Kahoot!	Quiz tabanlı oyunlaştırma	STEM temelli eğitsel yarışmalar
Quizizz	Test ve ödev platformu	Anlık değerlendirme için kullanılabilir
Mentimeter	Anket, fikir alma	Öğrencilerden hızlı geri bildirim
Plickers	Kağıt tabanlı etkileşim	Teknolojiye erişimin sınırlı olduğu sınıflarda STEM değerlendirmesi
Nearpod	Etkileşimli içerik	Etkinlik sırasında öğrencinin katılımını artırır

6. Robotik Kit ve Simülasyon Platformları

Platform / Kit	Açıklama	Öneri
LEGO Mindstorms / Spike	Robotik sistem tasarımı ve görev yürütme	İlkokul sonu / Ortaokul
VEX Robotics	Mekanik ve kodlama sistemleri	Turnuva temelli STEM etkinlikleri
Makeblock mBot	Scratch ile kodlanabilir robot	Kolay kurulum, ortaokul seviyesi
Robot Virtual Worlds	Sanal robot yarışmaları	Robotik simülasyon ile yarışma deneyimi

YARARLANILAN KAYNAKLAR VE OKUMA ÖNERİLERİ

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Andrade, H. L., & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment. *Theory Into Practice*, 48(1), 12–19. <https://doi.org/10.1080/00405840802577544>
- Axelsson, M., & Jakobson, B. (2020). Negotiating science—building thematic patterns of the scientific concept sound in a Swedish multilingual lower secondary classroom. *Language and Education*, 34(3), 291-310. <https://doi.org/10.1080/09500782.2020.1740730>
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. In R. Furger (Ed.), *Powerful learning: What we know about teaching for understanding* (pp. 11–70). Jossey-Bass.
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for THEIR future*. National Education Association.
- Bequette, J. W., & Bequette, M. B. (2012). A place for art and design education in the STEM conversation. *Art Education*, 65(2), 40–47. <https://doi.org/10.1080/0043125.2012.11519167>
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45–58.
- Bozkurt, A. & Özyurt, M. (2019). Investigate the Evaluations of Prospective Teacher on STEM Education, Based on Their Experiences with Planning and Implementing STEM Activities. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 81-97.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook,

- A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.
- Carter, D. F., Razo Dueñas, J. E., & Mendoza, R. (2019). Critical examination of the role of STEM in propa-gating and maintaining race and gender disparities. In M. B. Paulsen & L. W. Perna (Eds.), *Higher Educa-tion: Handbook of Theory and Research* (Vol. 34, pp. 39-97). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03457-3_2
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C. M., Barron, B., & Osher, D. (2014). *Implications for educational practice of the science of learning and develop-ment*. Edutopia.
- Drake, S. M., & Reid, J. L. (2020). Integrated curriculum as an effective way to teach 21st century capabilities. *Asia Pacific Journal of Educational Research*, 3(1), 31–50.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourt-h-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Epstein, J. L. (2011). *School, family, and community partnerships: Preparing educators and improving schools* (2nd ed.). Routledge.
- Fensham, P. J. (2009). *Science education policy-making: Eleven emerging issues*. UNESCO.
- Fosnot, C. T. (2005). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. Teachers Col-lege Press.
- Fullan, M. (2014). *The principal: Three keys to maximizing impact*. Jossey-Bass.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill inclu-ding PCK. In A. Berry, P. J. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge.
- Hand, B., Prain, V., Lawrence, C., & Yore, L. D. (2003). Negotiating the literacy deman-ds of science. In B. Hand, M. McDermott, & V. Prain (Eds.), *Using writing in secondary science* (pp. 53–72). Springer.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching prac-tices. *The STEAM Journal*, 1(2), 15.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Acade-

- mies Press.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85.
- Jonassen, D. H. (2006). Modeling with technology: Mindtools for conceptual change. *Merrill/Prentice Hall*.
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2016). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. Routledge.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. Basic Books.
- Işık, M. ve Bahat, İ. (2021). Teknoloji bağlamında eğitimde fırsat eşitsizliği: eğitime erişime yönelik sorun-lar ve çözüm önerileri. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), 498-517.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Katzenmeyer, M., & Moller, G. (2009). *Awakening the sleeping giant: Helping teachers develop as leaders* (3rd ed.). Corwin Press.
- Kaysılı, A. (2023). Eğitimde dijitalleşme olgusunun fırsat eşitliği bağlamında değerlendirilmesi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(3), 1421-1437.
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–333). Cambridge University Press.
- Li, L., Marinus, E., Castles, A., Hsieh, M.-L., & Wang, H.-C. (2021). Semantic and phonological decoding in children's orthographic learning in Chinese. *Scientific Studies of Reading*, 25(4), 319-334. <https://doi.org/10.1080/10888438.2020.1781863>
- Martinez, S. L., & Stager, G. S. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Constructing Modern Knowledge Press.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. *Engineering Education for the 21st Century*, 35–59.
- Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy? *Computers & Education*, 59(3), 1065–1078.
- NRC (National Research Council). (2012). *A framework for K–12 science education:*

- Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2011). *Educational assessment of students* (6th ed.). Pearson.
- Papalia, D. E., & Martorell, G. (2021). *A child's world: Infancy through adolescence* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Paulson, F. L., Paulson, P. R., & Meyer, C. A. (1991). What makes a portfolio a portfolio? *Educational Leadership*, 48(5), 60–63.
- Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.). (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. National Academies Press.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H.-H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K–12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31–44.
- Sarıkoç, Z., & Ersoy, H. (2022). Tasarım Odaklı Düşünme Yaklaşımıyla STEM Uygulamaları: SPAM eTwin-ning Projesi Örneği. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 5(2), 98-122.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Shanahan, T., & Shanahan, C. (2008). Teaching disciplinary literacy to adolescents: Rethinking content-area literacy. *Harvard Educational Review*, 78(1), 40–59.
- Slavit, D., Nelson, T. H., & Lesseig, K. (2016). The teachers' role in developing, opening, and nurturing an inclusive STEM-focused school. *International Journal of STEM Education*, 3(1), Article 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0040-5>
- Spillane, J. P. (2006). *Distributed leadership*. Jossey-Bass.
- Stiggins, R. (2005). From formative assessment to assessment FOR learning: A path to success in standards-based schools. *Phi Delta Kappan*, 87(4), 324–328.
- Topping, K. J. (2009). Peer assessment. *Theory Into Practice*, 48(1), 20–27.
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences. *Education Research International*, 2012, 1–23. <https://doi.org/10.1155/2012/735556>
- Wang, H.-H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Tea-

- cher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 1–13.
- Wiggins, G. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. Jossey-Bass.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (Expanded 2nd ed.). ASCD.
- Yılmaz, C.N. (2019). Stem eğitiminin 10. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, stem ve fizik tutumları üzerine etkisi. (Yayın No. 566538) [Yüksek lisan tezi, Pamukkale Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Yore, L. D., Pimm, D., & Tuan, H.-L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 559–589.
- York-Barr, J., & Duke, K. (2004). What do we know about teacher leadership? Findings from two decades of scholarship. *Review of Educational Research*, 74(3), 255–316.
- Zhao, Y. (2022). New context, new teachers, and new teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education* 30(2), 127–133.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70.
- Wang, MT., Degol, J.L. (2017). Gender gap in science, technology, engineering, and mathematics (stem): current knowledge, implications for practice, policy, and future directions. *Educational Psychology Review*, 29(13), 119–140 <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- Özer Akkaya, M. ve Kurt Gökçeli, F. (2024). 2030 sürdürülebilir kalkınma hedefleri bağlamında 2013 Okul Öncesi Eğitim Programının incelenmesi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 14(2), 896-913.
- Kelley, T.R. & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11.
- Slavit, D., Nelson, T. H., & Lesseig, K. (2016). The teachers' role in developing, opening, and nurturing an inclusive STEM-focused school. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 7.
- Kolb, DA (1984). *Deneyimsel Öğrenme: Öğrenme ve Gelişimin Kaynağı Olarak Deneyim*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. <http://academic.regis.edu/ed205/Kolb.pdf>
- Matten, D. & moon, J. (2004). Corporate social responsibility. *Journal of Business Ethics*, 54, 323-337.
- Altan, M. Z. (1999). Çoklu zeka kuramı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 17(17), 105-117.

- Armstrong, J. (2009). OFDM for optical communications. *Journal of lightwave technology*, 27(3), 189-204.
- Thomas, I. (2009). Critical thinking, transformative learning, sustainable education, and problem-based learning in universities. *Journal of Transformative Education*, 7(3), 245-264.
- Bell, G. (2010). Fluctuating selection: the perpetual renewal of adaptation in variable environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1537), 87-97.
- Capraro, R., & Slough, S. W. (2009). Project-based learning. *An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Brophy, J. (2008). Developing students' appreciation for what is taught in school. *Educational psychologist*, 43(3), 132-141.
- Paschen, U., Pitt, C., & Kietzmann, J. (2020). Artificial intelligence: Building blocks and an innovation typology. *Business Horizons*, 63(2), 147-155.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Eccles, J. S. (1999). The development of children ages 6 to 14. *The future of children*, 30-44.
- Papalia, D., & MARTORELL, G. (2012). Desarrollo. D. Papalia, R. Feldman, & G. Martorell, *Desarrollo humano*, 352-415.
- Erden, S., & Yalçın, V. (2021). Probleme dayalı öğrenme yaklaşımına göre hazırlanan okul öncesi stem etkinliklerinin çocukların problem çözme becerileri üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 11(3), 1239-1250. <https://doi.org/10.24315/tred.789922>
- Sokol, J. T. (2009). Identity development throughout the lifetime: An examination of Eriksonian theory. *Graduate journal of counseling psychology*, 1(2), 14.
- Denham, S. A., Bassett, H. H., & Zinsser, K. (2012). Early childhood teachers as socializers of young children's emotional competence. *Early childhood education journal*, 40(3), 137-143.
- Özhan, M. B., Taşgın, A., & Kandırmaz, M. (2024). K12 beceriler çerçevesi: Türkiye bütüncül modeli bağlamında sosyal duygusal öğrenme becerileri. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(1), 1027-1054.
- Jones, S. M., & Kahn, J. (2017). The Evidence Base for How We Learn: Supporting Students' Social, Emotional, and Academic Development. Consensus Statements of Evidence from the Council of Distinguished Scientists. *Aspen Institute*.

- Mahoney, J. L., Weissberg, R. P., Greenberg, M. T., Dusenbury, L., Jagers, R. J., Niemi, K., ... & Yoder, N. (2021). Systemic social and emotional learning: Promoting educational success for all preschool to high school students. *American Psychologist*, 76(7), 1128.
- Gershon, P., & Pellitteri, J. (2018). Promoting emotional intelligence in preschool education: A review of programs. *International Journal of Emotional Education*, 10(2), 26-41.
- Goodway, J. D., Ozmun, J. C., & Gallahue, D. L. (2012). Motor development in young children. In *Handbook of research on the education of young children* (pp. 103-115). Routledge.
- Haywood, K., & Getchell, N. (2020). *Life span motor development*. Human kinetics.
- Simpson, J. E. (1972). Effects of the lower boundary on the head of a gravity current. *Journal of Fluid Mechanics*, 53(4), 759-768.
- Steinberg, S. H. (2017). *Five hundred years of printing*. Courier Dover Publications.
- Blakemore, S. J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing?. *Annual review of psychology*, 65(1), 187-207.
- Giedd, J. N., Lalonde, F. M., Celano, M. J., White, S. L., Wallace, G. L., Lee, N. R., & Lenroot, R. K. (2009). Anatomical brain magnetic resonance imaging of typically developing children and adolescents. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 48(5), 465.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 68-81.
- Ekici, F. (2022). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM farkındalıkları, STEM görüşleri ve STEM odaklı argümantasyon becerilerinin incelenmesi* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Evcim, İ., & Umdü Topsakal, Ü. (2019). Stem eğitimi alan öğretmenlerin eleştirel düşünme eğilimlerinin belirlenmesi. *The Journal of International Lingual Social and Educational Sciences*, 5(2), 254-263. <https://doi.org/10.34137/jilses.525872>
- Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM Related After-School Program Activities and Associated Outcomes on Student Learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309-322.
- Lawson, A. E. (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biological Education*, 35(4), 165-169.
- Türkmenoğlu, M., & Baştuğ, M. (2017). İlkokulda akran öğretimi aracılığıyla okuma güçlüğü'nün giderilmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi - Journal of Qualitative Research in Education*, 5(3), 36-66. www.enadonline.com DOI: 10.14689/issn.2148- 2624.1.5c3s2m
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Jour-*

- nal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Forehand, M. (2010). Bloom's taxonomy. *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*, 41(4), 47-56.
- Şeker, H. (2010). Bloom'un taksonomisinden, bilişsel süreç boyutlarının sınıflandırmasına doğru revize edilen taksonomi üzerine. *Çukurova üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1-9.
- Kuhn, D. (2009). Adolescent thinking. In R. M. Lerner & L. Steinberg (Eds.), *Handbook of adolescent psychology: Individual bases of adolescent development* (3rd ed., pp. 152-186). John Wiley & Sons, Inc.
- Blakemore, S. J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing?. *Annual review of psychology*, 65(1), 187-207.
- Dahl, R. E., Allen, N. B., Wilbrecht, L., & Suleiman, A. B. (2018). Importance of investing in adolescence from a developmental science perspective. *Nature*, 554(7693), 441-450.
- Eisenberg, N., Zhou, Q., Spinrad, T. L., Valiente, C., Fabes, R. A., & Liew, J. (2005). Relations among positive parenting, children's effortful control, and externalizing problems: A three-wave longitudinal study. *Child development*, 76(5), 1055-1071.
- Kroger, J. (2007). Why is identity achievement so elusive?. *Identity: An International Journal of Theory and Research*, 7(4), 331-348.
- Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2020). Fundamental locomotion skills of childhood. In *Human Motor Development* (pp. 335-363). Routledge.
- PEKEL, A. Ö. (2023). Erken ergenlikte farklı spor dallarının ayak tabanına etkisi. *ROL Spor Bilimleri Dergisi/Journal of ROL Sports Sciences*, 4(3).
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64(1), 135-168.
- Gabbard, G. O. (2021). Expert opinion in psychotherapy: The transformation of psychotherapy practice in the Covid-19 era. *Personalized Medicine in Psychiatry*, 27, 100075.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: A situation-based learning approach*. Human kinetics.
- Sousa, D. A. (2016). *How the special needs brain learns*. Corwin Press.
- Slavin, R. E. (2010). Co-operative learning: what makes group-work work. *The nature of learning: Using research to inspire practice*, 7, 161-178.
- Wentzel, K. R. (2015). Teacher-student relationships, motivation, and competence at school. In *Routledge international handbook of social psychology of the classroom* (pp. 167-176). Routledge.
- Immordino-Yang, M. H., Darling-Hammond, L., & Krone, C. R. (2019). Nurturing nature: How brain development is inherently social and emotional, and what this

- means for education. *Educational Psychologist*, 54(3), 185–204.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). *Education at a glance 2018: OECD indicators*. https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2018_eag-2018-en.html
- Aşlamacı, İ. (2023). *21. yüzyıl becerileri ve din eğitimi-eleştirel bir yaklaşım*. Dem Yayınları.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2011). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8-13.
- Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Research findings and recommendations.
- Torrance, E. P. (1974). Retooling education for creative talent: How goes it?. *Gifted Child Quarterly*, 18(4), 233-239.
- Dyer, J. H., Gregersen, H. B., & Christensen, C. M. (2009). The innovator's DNA. *Harvard business review*, 87(12), 60-67.
- Robinson, V. (2011). *Student-centered leadership*. John Wiley & Sons.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into practice*, 38(2), 67-73.
- Rheingold, H. (2012). *Net smart: How to thrive online*. Mit Press.
- Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy?. *Computers & education*, 59(3), 1065-1078.
- Belshaw, C. (2011). Animals, identity and persistence. *Australasian Journal of Philosophy*, 89(3), 401-419.
- Aytaş, G. & Kaplan, K. (2017). Medya okuryazarlığı bağlamında yeni okuryazarlıklar. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 291-310.
- Günaydın, S. (2018). Bloom dijital taksonomisine genel bir bakış. *International Journal of Computers in Education*, 1(1), 39-48.
- Mayer, R. E. (2005). Introduction to multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 2(1), 24.
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. Teachers College Press.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound?. *Educational researcher*, 18(1), 16-25.
- Bellanca, J. A. (Ed.). (2010). *21st century skills: Rethinking how students learn*. Solution tree press.

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School science and mathematics*, 112(1), 3-11.
- Çoşkun, V. ve Özkaya, A. (2020). Öğretmen eğitiminde mühendislik odaklı disiplinlerarası iş birliğine dayalı STEM uygulaması ve ders izlencesi, *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 327-361
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia computer science*, 20, 547-552.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086.
- Karplus, W. J. (1977). The spectrum of mathematical modeling and systems simulation. *ACM SIGSIM Simulation Digest*, 9(1), 32-38.
- Harman, G. & Yenikalaycı, N. (2021). Stem eğitiminde mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinliklere yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 53, 206-226.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education*, 94(1), 103-120.
- Kırkıç, K. A., & Aydın, E. (2018). *Merhaba STEM yenilikçi bir öğretim yaklaşımı*. Eğitim Yayınevi.
- Kim, J. Y., Kang, K., Kang, J., Koo, J., Kim, D. H., Kim, B. J., ... & Bae, H. J. (2018). Executive summary of stroke statistics in Korea 2018: a report from the Epidemiology Research Council of the Korean Stroke Society. *Journal of stroke*, 21(1), 42.
- Euler, M., Wang, Y., Heidenreich, D., Patel, P., Strohmeier, O., Hakenberg, S., ... & Weidmann, M. (2013). Development of a panel of recombinase polymerase amplification assays for detection of biothreat agents. *Journal of clinical microbiology*, 51(4), 1110-1117.
- Menzel, W., & Winter, S. (2017). First report of Mint vein banding-associated virus infecting *Mentha× gracilis* in Germany. *New Dis Rep*, 35, 9-9.
- Kağmıcı, A. (2019). STEM etkinlikleriyle zenginleştirilmiş öğrenme modelinin 11. sınıf öğrencilerinin akademik başarısına ve öğrenme anlayışlarına etkisi.
- Gülgün, C., Yılmaz, A., Avan, Ç., Akyol, B. E., & Doğanay, K. (2019). übitak tarafından desteklenen bilim şenliklerine (4007) yönelik ilkökul ve ortaokul öğrencilerinin ve atölye liderlerinin görüşlerinin belirlenmesi. *Journal of STEAM Education*, 2(1), 52-67.
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia computer science*, 20, 547-552.

- Bequette, J. W., & Bequette, M. B. (2012). A place for art and design education in the STEM conversation. *Art education*, 65(2), 40-47.
- Karplus, W. J. (1977). The spectrum of mathematical modeling and systems simulation. *ACM SIGSIM Simulation Digest*, 9(1), 32-38.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & education*, 72, 145-157.
- Uştu, H. (2019). *İlkokul düzeyinde bütünlük STEM/STEAM etkinliklerinin uygulanması: Sınıf öğretmenleriyle bir eylem araştırması* (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). Learning trajectories in early mathematics—sequences of acquisition and teaching. *Encyclopedia of language and literacy development*, 7, 1-6.
- Coople, C. & Bredekamp, S. (2009). *Developmentally Appropriate Practice in Early Childhood Programs Serving Children from Birth through Age 8* (3rd Ed.) Washington DC: National Association for the Education of Young Children.
- Fleer, M., & Hedegaard, M. (2010). *Early learning and development: Cultural-historical concepts in play*. Cambridge University Press.
- Kazak, E., & Keskin, A. (2020). Hafta içi uygulanan destekleme ve yetiştirme kurslarına ilişkin öğrenci görüşleri: Fenomenolojik bir çalışma. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 9(3), 820-844.
- Andrade, H., & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment. *Theory into practice*, 48(1), 12-19.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School science and mathematics*, 112(1), 31-44.
- Slee, R. (2020). *Changing theories and practices of discipline*. Routledge.
- Bandura, A. (1997). *Bandura* (Vol. 2). FrancoAngeli.
- Kolb, D. A. (2013). The process of experiential learning. In *Culture and processes of adult learning* (pp. 138-156). Routledge.
- Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., Cirillo, M., ... & Hiebert, J. (2020). Working across contexts: Scaling up or replicating with variations?. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51(3), 258-267.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli — Öğretim Programlarının Ortak Metni*. <https://tymm.meb.gov.tr/ortak-metni>