

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ

ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER



EDİTÖR

Prof. Dr. Bülent PEKDAĞ

ARALIK 2025

YAYIN KODU

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / Aralık 2025 - Ankara
ISBN / 978-625-388-991-3

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER**

ARALIK 2025

EDİTÖR

Prof. Dr. Bülent PEKDAĞ

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİNİN FEN EĞİTİMİNDE UYGULANMASI ÖRNEĞİ: HAREZMİ EĞİTİM MODELİ DERS PLANI

Hatice Şeyda AKDOĞAN, Hatice MERTOĞLU 7

BÖLÜM 2

FEN EĞİTİMİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN MÜHENDİSLİK TASARIM SÜREÇ BASAMAKLARININ UYGULAMASINA İLİŞKİN BİR ÖRNEK

Tolga GÖK, Özge GÖK 31

BÖLÜM 3

STEM YAKLAŞIMINA DAYALI ÖĞRETİM TASARIMININ ÖĞRENCİLERDE AKADEMİK BAŞARI, STEM TUTUM, STEM KARİYER-İLGİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Aysel DALLI, Yeter ŞİMŞEKLİ 57

BÖLÜM 4

ÇEVRE EĞİTİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DERSİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMI

Selçuk ARABACI, Faruk KARDAŞ, Çağdaş ERBAŞ 73

BÖLÜM 1

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİNİN FEN EĞİTİMİNDE UYGULANMASI ÖRNEĞİ: HAREZMİ EĞİTİM MODELİ DERS PLANI

Hatice Şeyda AKDOĞAN¹, Hatice MERTOĞLU²

¹ Öğretmen, MEB, ORCID:0009-0006-2150-172X

² Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi ORCID:0000-0002-3172-7443

Giriş

Ülkemizde 2023-2024 eğitim öğretim yılında Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada Maarif Model'in amaçları doğrultusunda fen eğitiminin etkililiğini arttırmak üzere Harezmi Eğitim Modeli yaklaşımının uygulandığı örnek bir ders planı önerilmiştir. Çağımız toplumlarının genel ihtiyaçlarına, karmaşık ve çok boyutlu sorunlarına çözüm yolları bulunurken bireylerin yalnızca akademik bilgiye sahipliği yeterli olmamaktadır. Eleştirel düşünme, problem çözme becerisi ve ek olarak sosyal duyuşsal beceri gelişimlerinin de varlığı sorunlara alternatif ve işlevsel çözüm yolları geliştirebilmeyi gerekli kılmaktadır (Ceylan, Öğten, Tüfekçi ve Özsevimli Yurttaş, 2020). Oluşan bu ihtiyacı karşılayan en etkili yolu, toplumu yeniden şekillendirmektir ve bu süreçte eğitimin belirleyici bir rolü vardır (Çelik ve Gömleksiz, 2000; Karduman, 2005). Dünya'da ve ülkemizde eğitim alanında geliştirilen yeni yaklaşımlar geleneksel eğitim-öğretim modellerinin yerine öğrenciyi merkeze alan, sorgulamasına imkan tanıyan, yaparak yaşayarak öğrenmesine ortam sunan, 21. yy ihtiyaçlarına uyum sağlayabilme kapasitesi yüksek üst düzey düşünme becerileri ile donatılmış bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadır (Özbay, 2009; Koçoğlu, 2018; Yalçın, 2018). Bu bağlamda geliştirilen eğitim yaklaşımlarının odağı yalnızca bilgi aktarımı yapan değil bilgiyi üreten, sorgulayan, yorumlayan, değiştiren, eleştirel düşünebilen, iletişim odaklı ve yenilik odaklı bireyler yetiştirilmesi olmuştur (Çoşkun Keskin, Karaloğlu ve Erdoğan, 2024). Geliştirilen bu yaklaşımlar bilgi çağının gereksinimlerine uygun olarak 21.yüzyıl becerilerinin gelişimini de beraberinde getirmiştir (Tokmak, 2023).

21. yüzyıl becerileri, bireylerin hızla değişen ve gelişen dünyada etkin bir şekilde var olabilmeleri için gerekli olan bilişsel, duyuşsal ve sosyal yeterlikleri kapsar (Larson ve Miller, 2011). Bu beceriler temel olarak yaratıcılık, iletişim, işbirliği, eleştirel düşünme, bilgi ve iletişim teknolojileri okuryazarlıkları ve sosyal ve kültürel yeterlilikler olarak sınıflandırılmaktadır. (Erten, 2020). Bireylerin gündelik hayatta karşılaştıkları problemleri çözebilme, yenilikçi fikirler geliştirme ve yaşadığı çağda yer edinebilme kapasitesini güçlendirir. Bu beceriler, öğrencilerin yaşam boyu öğrenme süreçlerinde kendi öğrenmelerini yönetebilmelerine, bilgi üretiminde aktif rol üstlenebilmelerine ve toplumsal sorunlara çözüm odaklı yaklaşabilmelerine katkı sağlar (MEB, 2023). 21.yy becerilerinin erken yaşlarda kazanılması gelecekte ülkenin ekonomik ve toplumsal rekabet gücüne katkı sağlayacaktır (Yalçın, 2018). Yapılandırılacak eğitim sistemlerinin bireylerin bilişsel becerilerinin geliştirmesinin yanı sıra, üst düzey düşünme ve öğrenmelerini geliştirmek, hayat kalitelerini iyileştirme sağlamak amacıyla 21. yüzyıl becerileri ile donatılması hedeflenmektedir (Orhan Göksun, 2016). Bu bağlamda günümüzde bireylere bilgiyi yalnızca aktarmakla kalmayıp, etkili ve kalıcı öğrenmeyi amaçlayan aynı zamanda 21.yy becerilerini geliştirmeyi hedefleyen çeşitli alternatif eğitim modelleri uygulanmaya başlanmıştır.

Geliştirilen eğitim modellerinden biri olan STEM eğitimi (Science, Technology, Engineering, Mathematics), 21. yüzyılın gerektirdiği problem çözme, yenilikçilik, iş birliği ve eleştirel düşünme becerilerini öğrencilere kazandırmayı hedefleyen disiplinlerarası bir yaklaşımdır. Geleneksel öğretim yaklaşımlarından farklı olarak STEM, bilgilerin aktarımını değil, bilgilerin gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilerek çözüm geliştirmelerini sağlamaktadır (Beers, 2011; Bybee, 2013). STEM eğitimi modeli fen-teknoloji-mühendislik-matematik alanlarını multidisipliner olarak öğrencilere bilgi edinmenin ötesinde eleştirel düşünme, problem çözme ve yenilikçi düşünme becerileri kazandırmayı hedefleyen bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır (Hallström, Norström, Schönbörn, 2023). STEM fen bilimleri, matematik, mühendislik ve teknolojik araçları disiplinler şeklinde bütünleştirilerek öğrencilerde keşfetme, sorgulama ve üretme süreçlerine aktif katılımlarını sağlamaktadır (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Bu disiplinlerarası yapı öğrencilerin bilişsel ve psikomotor becerilerinin gelişimini destekler.

STEM eğitimiyle öğrenciler karşılaştıkları bir problemi tanımlar, araştırır, çözüm için farklı yollar dener ve prototip oluşturup test eder ve değerlendirerek sonuca ulaşana dek süreci tekrar eder (MEB, 2025). Alanyazın incelendiğinde araştırmalar STEM çalışmalarının öğrencilerde yaratıcılığı ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiğini göstermektedir (Gökbayrak ve Karışan, 2017; Bahşi ve Açıkgül Fırat, 2020; Ünal ve Aksüt, 2021; Kalyoncu, 2021). STEM eğitimi modeli çoğunlukla fen ve mühendislik eksenli olduğundan, değerler eğitimi, etik farkındalık ve toplumsal duyarlılık boyutlarında sınırlı kalabilmektedir. Bu noktada ülkemizde 2016 yılında İstanbul Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından geliştirilen Harezmi Eğitim modeli karşımıza çıkmaktadır. Harezmi Eğitim Modeli, disiplinler arası bütünleşmeyi temel alan yapısıyla 21. yüzyılın gerektirdiği eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık, işbirliği, dijital okuryazarlık gibi temel becerilerin öğrencilerin yaparak yaşayarak öğrendiği bir ortam üzerinden geliştirilmesini hedeflemektedir. Modelin bilişim teknolojileri, sayısal bilimler, sosyal bilimler ve sanat-tasarım ile spor bilimleri gibi alanları bütünleştiren yapısı STEM yaklaşımıyla bir uyum içindedir. Her iki yaklaşımda da öğrencinin gerçek yaşam problemlerini analiz ederek çözüm üretmesi ve bu çözümü teknoloji desteğiyle tasarımlara dönüştürmesi teşvik edilmektedir. Harezmi Eğitim Modeli, STEM'in yapısını bilişim teknolojileri, sosyal bilimler ve değer eğitimi de içine katarak çok boyutlu bir öğrenme modeli haline getirmiştir. Harezmi Eğitim Modeli üst düzey düşünme becerileriyle birlikte öğrencilerin bilgiyi yalnızca edinmesi dışında bilgiyi analiz edebilmesi, yaşamına transfer edebilmesi ve yorumlayabilmesi beraberinde algoritmik düşünmeyle birlikte dijital araçların kullanıldığı öğretim süreçleri tasarladığı bir modeldir (Tokmak, 2022).

Harezmi Kimdir?

Harezmi, tam adıyla Ebu Abdullah bin Musa el- Harezmi 780 yılı civarında Horasan yakınlarında doğduğu bilinen Orta Çağ'da yaşamış ünlü matematikçi, astronom ve coğrafyacı olan bilim insanıdır. Bağdat'ta kurulduğu çağın bilim ve kültür merkezi olarak kabul edilen Bilgelik Evi'nde çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yaşadığı dönemde yazdığı eserlerle özellikle matematik alanına büyük katkıları olmuş ve cebire dair yazdığı eserle matematik alanında öncü olmuştur. El Harezmiyet tabirinden alınmış algoritma günümüzde bilgisayar ve programlamanın temelini oluşturmuştur (Tez, 1991). Harezmi'nin çalışmalarıyla mantıksal düşünme, sistematik akıl yürütme ve problem çözme becerilerinin tarihsel temelini atmıştır. El-Cebr ve'l Mukabele adlı eserinde bina yapımı, miras paylaşımı gibi konuların matematiksel çözüm yollarına ilişkin günlük yaşamda karşılaşılan problemlere de çözüm bulmuştur (Göker, 1998). Harezmi'nin disiplinler arası düşünme ve çalışma becerisi, geliştirdiği bilgi işlemsel düşünme becerisi ve günlük hayat problemlerine getirdiği çözümlerden esinlenilerek Harezmi Eğitim Modeli oluşturulmuştur (MEB, 2025).

Harezmi Eğitim Modeli Nedir?

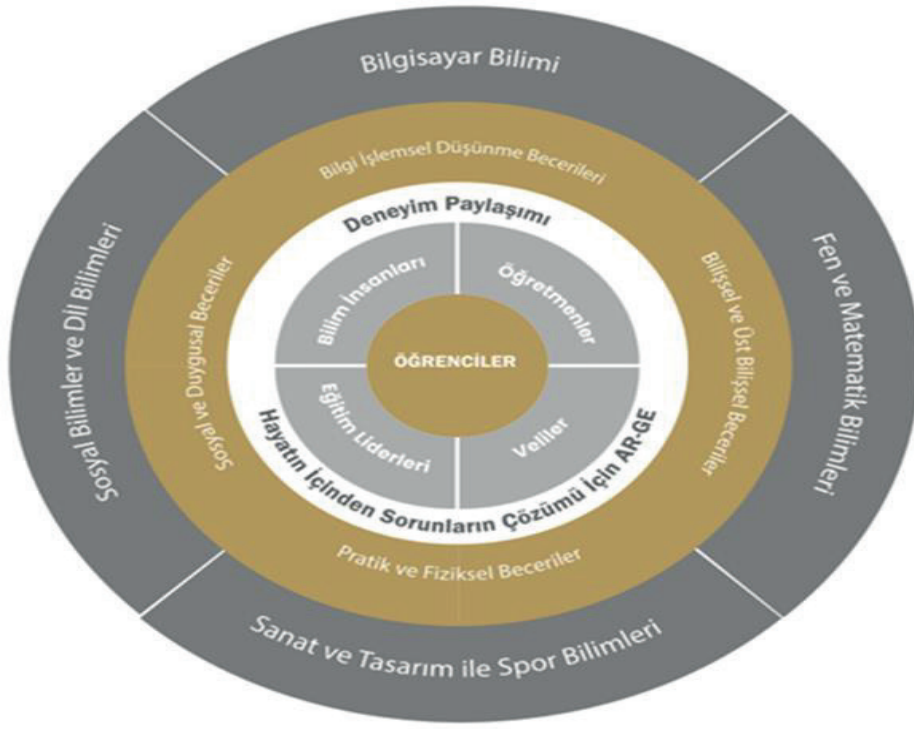
İstanbul İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından 2016 yılında geliştirilen ve uygulamaya sunulan Harezmi Eğitim modeli disiplinlerarası iş birliğine dayalı düşünmeyi, ezberden uzak üretken öğrenmeyi, algoritmik düşünmeyi, sosyal ve duygusal becerilerin geliştirilmesini sürece teknolojiyi entegre ederek hedefleyen bir modeldir (MEB, 2025). Model sayısal bilimler, sosyal bilimler, bilişim teknolojileri ve sanat ve tasarım ile spor bilimleri disiplinlerini bir araya getirmektedir. Öğrenme sürecinde öğrencilerin gerçek yaşam problemleriyle karşılaşmaları sağlanarak bu sorunlara farklı disiplinlerin bakış açılarıyla yenilikçi çözümler üretmelerini teşvik edilmektedir (MEB, 2025). Öğrencileri bilgiye hazır olarak ulaşan değil bilgiyi anlamlandıran, dönüştürüp işleyen 21.yüzyılın yeniliklerine milli ve manevi değerleri entegre

eden birey olarak yetiştirmeyi hedeflemektedir (MEB, 2025). Modeli'nin disiplinler arası düşünmeyi, üretken öğrenmeyi ve değerlerle bütünleşmiş bir eğitimi önceleyen yapısıyla örtüşen Harezmi Eğitim Modeli, öğrencilerin iş birliğine dayalı, proje temelli ve gerçek yaşamla ilişkili öğrenme süreçlerine aktif olarak katılımlarını sağlarken aynı zamanda ahlaki ve duyuşsal yönlerini de geliştirmeyi hedeflemektedir.

Harezmi Eğitim Modelinin İçeriği ve Özellikleri

Günümüzde eğitim sistemleri, soyut bilginin doğrudan aktarımı yerine öğrencilerin bilgiyi anlamlandırma, yorumlama, kullanma, ihtiyaçları çerçevesinde yeniden üretme ve gündelik ihtiyaçlarına, karşılaştığı problem durumlarına çözüm üretme becerileri kazanması amacıyla dönüşmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda geleneksel eğitim yöntemlerine alternatif modeller geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olarak ülkemizde Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli vizyonu amaçlarına uygun olarak geliştirilmiş Harezmi Eğitim Modeli ön plana çıkmaktadır. Harezmi Eğitim Modeli 21.yy gelişen topluma uyum sağlamak içinde bulunduğumuz toplumu daha ileriye taşımak adına öğrencilerin sahip olması gereken becerileri kazandırmada güçlü bir sistem olarak görülmektedir (MEB, 2025). Harezmi Eğitim Modeli ile öğrencilerin sadece pasif öğrenen olmaktan çıkarak bilgiyi üreten, dönüştüren ve içinde yaşadıkları topluma katkı sağlayan bireyler olarak yetiştirmeyi hedeflemektedir. Öğrencilerin etik ve ahlaki değerleri içselleştirerek teknolojiyi ve programlama araçlarının bilinçli kullanımını esas alır. Öğrencilerin öğrenme süreçlerine algoritmik düşünme sisteminin entegre ederek bilimsel araştırma yöntemleri basamakları ile süreci yürütüp değerlendirdiği dinamik bir yapıdır (Koçoğlu, 2018). Öğrencilerin farklı disiplinlerdeki öğretmenleri eşliğinde günlük yaşamdan seçtiği bir sorun konu veya problem durumunun çözüm süreci aşağıdaki 4 ilkeye göre düzenlenir (MEB, 2025).

- Bilim dallarının (bilgisayar bilimleri; fen ve matematik bilimleri, sosyal bilimler, sanat ve tasarım ile spor bilimleri) eşdeğer şekilde disiplinler arası yaklaşım ile süreç planlanır, uygulanır ve değerlendirilir.
- Hayatın içinden sorunlar; yerel, ulusal ve evrensel ölçekte düşünülerek öğretmenlerin rehberliğinde, öğrenciler tarafından veriye dayalı olarak belirlenir.
- Hayatın içinden sorunların çözümü için seçilen öğretim araçları (bilgisayarsız, blok veya metin tabanlı programlama, robotik, oyun, yapay zekâ programlama gibi) işe koşulur.
- Süreç, araştırma ve geliştirme yöntemleri rehberliğinde yürütülür (MEB, 2025).



İnsan için birlikte düşün, tasarla, üret.

Şekil 1. Harezmi Eğitim Modeli çerçevesi için önerilen taslak gösterim ve slogan

Harezmi Eğitim Modeli'nde farklı disiplinlerdeki öğretmenlerin ders tasarımı, uygulaması ve sürecin değerlendirme aşamasında süreç içerisinde eşdeğer düzeyde görev almaktadır. Bu disiplinler Bilgisayar bilimleri, Sayısal Bilimler, Sanat ve Tasarım ile Spor Bilimleridir. Öğrencilerin problem durumlarını tek bir bakış açısıyla değil farklı perspektiflerden yaklaşarak farklı alanlardaki bilgi ve becerilerini bütüncül kullanarak değerlendirmelerine olanak sağlanmaktadır. Harezmi Eğitim Modeli'nin tüm kademelerde uygulanabilir olması her yaş düzeyinde bilgi işlemsel becerilerin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Öğrenciler bilgisayar biliminin temel kavram ve ilkelerini öğrendiklerinde, teknolojik gelişmelere daha kolay uyum sağlayabilen, üretken ve yenilikçi bireyler hâline gelirler (Mertoğlu ve Babayiğit Durakcan, 2024) .

Harezmi Eğitim Modeli ve Problem Çözme Aşamaları

Harezmi Eğitim Modeli, öğrencilerin bilgiyi doğrudan alıp tüketen değil; karşılaştıkları hayatın içinden problem durumlarını tanıyıp çözüm üretebilen bireyler hâline gelmesini amaçlamaktadır. Problem durumları öğrenmenin bir parçası olarak görülmektedir. Bu nedenle problem çözme süreci modelin merkezine yerleştirilmiştir. Harezmi Eğitim modelinde öğrencilerin öğrenmelerin anlamlı kılınmasında ve öğrenme motivasyonlarının artırılmasında problem durumları araç olarak görülmektedir (Mertoğlu ve Babayiğit Durakcan, 2024).

Harezmi Eğitim Model’inde problem çözme aşamaları aşağıdaki gibi yapılandırılmıştır:

1. Problemlerin farkına varılması
2. Problem seçme
3. Problem durumunu araştırma
4. Problemin ispatı ve çerçevesini belirleme, Hayatın içinden sorun (HİS) cümlesinin yazılması
5. Problemin nedenlerini (alt problemleri) belirleme
6. Olası çözüm yollarını belirleme
7. Çözümü seçme
8. Seçilen çözüm yolunu uygulama
9. Uygulanan çözümü değerlendirme
10. Çözümün genellenmesi
11. Raporlama ve paylaşma (MEB, 2025)

Harezmi Eğitim Modeli, hayatın içinden gelen bir problemi çözme sürecini öğrenmenin merkezi olarak kabul eden, disiplinler arası bir yaklaşıma dayanmaktadır. Öğrenciler, çevrelerinde gözlemledikleri ya da hayatın içinde karşılaştıkları bir problemin tanımını yaparak sürece başlamaktadır. Farklı disiplinlerden öğretmenlerin rehberliğinde problemin nedenlerini tartışır, alternatif çözüm yolları geliştirerek bu çözüm yollarının uygulanması için planlamalar yapmaktadır. Bu süreçte öğrenciler algoritmik düşünme adımlarına uygun olarak problemin çözümüne ulaşmaya çalışmaktadır. Çözüm yollarının uygulanma aşamasında, robotik, programlama, oyun tasarımı ya da bilimsel deney gibi etkinliklerle ürettikleri çözümleri somutlaştırmaktadırlar (MEB, 2025). En son aşamada ise süreci değerlendirip, çözümün etkililiğini tartışarak anlamlı öğrenmeler geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Harezmi Eğitim Modelinde Hayatın İçinden Sorunlar (HİS)

Öğrencilerin günlük yaşam problemlerini tanımlayıp kapsamını belirlemek, problemin nerede ve kimlerin etkilendiği tespit edip, probleme çok yönlü bakış açısıyla yaklaşıp çözümler üretme üzerine algoritma tasarlayarak yenilikçi fikirler ortaya çıkarma sürecidir. Harezmi Eğitim Modeli’nde öğrenme süreci, öğrencilerin gündelik yaşamla doğrudan karşılaşılan bir problem durumunu tanımlamalarıyla başlar. Bu doğrultuda modelde kullanılan “HİS (Hayatın İçinden Sorun)” olarak ifade edilen kavram, öğrencilerin kendi çevrelerinde karşılaştıkları gerçek yaşam problemlerini fark etmelerini ve bu sorunlara disiplinler arası iş birliğiyle çözüm üretmelerini hedeflemektedir. Böylece öğrenme, öğrencilere bilgi aktarımından ziyade öğrencinin günlük yaşamıyla bütünleşen, yaparak yaşayarak elde ettiği kalıcı bir sürece dönüşür (MEB, 2024). HİS cümlesi en kısa şekilde sorunun ifade edilmesidir (Mertoğlu ve Babayiğit Durakcan, 2024).

Harezmi Eğitim Modeli ve Disiplinler Arası Yaklaşım

Disiplinler arası yaklaşım öğretimde bir kavram ya da bir problem durumunu incelenirken farklı alanlardaki bilgi ve becerilerin bir araya getirilmesi olarak ifade edilmektedir (Yıldırım, 1996). Harezmi Eğitim modeli temel olarak problem durumuna çözüm ararken tek bir alandan bakmayıp farklı disiplinlerle bütünleşik çözümler bulmayı benimseyen bir yaklaşımdır. Modelde bilgisayar bilimleri, fen ve matematik bilimleri, sosyal bilimler ve dil bilimleri, sanat, tasarım ve spor bilimleri alanlarının eşit düzeyde katkı sağladığı bir öğrenme ortamı oluşturulmaktadır (MEB, 2025). Oluşturulan bu yapı farklı disiplinlerin bakış açısı ve düşünme biçimlerini bir araya getirerek hayatın içinden bir problem durumuna yaklaşılmasını

sağlamaktadır. Disiplinler arası yaklaşım öğrencilerin problem çözme becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır (Özçelik ve Semerci, 2016). Bu süreçte farklı branşlardan oluşturulan öğretmen ekipleri birlikte dersleri planlar, yürütür ve değerlendirir (Çeliköz ve Güven Hastürk, 2024). Bu sayede öğrenciler, farklı disiplinlerin bilgi ve becerilerini kazanarak bu bilgi ve beceriler arasında bağlantı kurar, bilgiyi diğer alanlara transfer edebilme becerilerini geliştirmektedir (Yıldırım, 1996). Disiplinler arası yaklaşımın sürece entegrasyonu öğrencilerin problem çözme becerileri geliştirmesine katkı sağlamaktadır (Grice, 2011). Harezmi Eğitim Modeli, yalnızca bilişsel değil erdem değer ahlak temelli öğrenmeyi de disiplinler arası sürecin doğal bir parçası hâline getirir. Bu yönüyle Harezmi Eğitim Modeli, STEM yaklaşımının farklı olarak, değer eğitimini de öğrenme sürecinin içerisine katarak çok yönlü bir öğrenme süreci oluşturur (Dikmen ve Dikmen, 2024).

Her yıl daha fazla yaygınlaşarak daha çok öğretmen ve öğrenci görüşlerinin araştırıldığı bununla birlikte sosyal bilgiler (Tokmak, 2022), fen bilimleri eğitimi (Babayiğit Durakcan, 2024; Zeybek, 2024), diğer alanlarda (Çimen, 2022; Seçer, 2021; Erdem, 2023; Kök, 2024) çalışmaları yer almaktadır.

Babayiğit Durakcan (2024) 'ın çalışmasında Fen Bilimleri dersinde Saf Madde ve Karışımlar/ Maddenin Doğası ünitesinde Harezmi Eğitim Modeli uygulanarak hazırlanan ders planlarının etkisinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi amaçlanmıştır. 7.sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilen Harezmi Eğitim modeline uygun ders planları ve çalışmalar deney grubuna, mevcut fen bilimleri müfredatı da kontrol grubuna uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde Harezmi Eğitim Modeli kullanılarak yapılan ders planlarının uygulandığı deney grubunun akademik başarısının yanı sıra bilgi işlemsel düşünme ve 21. yüzyıl becerilerinde anlamlı ve olumlu bir gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Nitel veriler incelendiğinde öğrencilerin fen bilimleri dersine karşı ilgilerinin arttığı, bilgisayar ortamındaki etkinliklerden keyif aldıkları ve grup çalışmalarında akran iletişimlerinin ve desteklerinin geliştiği gözlemlenmiştir. Zeybek (2024) 'ın araştırmasında 2022-2023 eğitim öğretim dönemi içerisinde bir devlet okulunda öğrenim gören 5.ve 6.sınıflarda fen bilimleri dersinde karşılaşılan kavramların öğreniminde Harezmi Eğitim Modeli'nin etkisi, uygulayıcı öğretmenlerin ve uygulama yapılan öğrencilerin Harezmi Eğitim modeli hakkındaki görüşlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde Harezmi Eğitim Modeli kullanılarak işlenen konularda öğrencilerin akademik başarılarında anlamlı bir artış olduğu görülmüştür. Aynı zamanda fen bilimleri dersine karşı ilgi ve isteklerinin arttığı görülmüştür. Öğretmen görüşleri sonuçları incelendiğinde modelin yaparak yaşayarak öğrenmeyle birlikte iş birlikli öğrenmeyi de desteklemesi açısından derslerdeki kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Kök (2024) 'ün araştırmasının amacı Harezmi Eğitim Modeli'nin Avrupa Komisyonu'na tanımı yapılan hayat boyu öğrenmenin temel sekiz alanından üçüne dijital, matematiksel ve bilimsel yeterliliklere olan etkisini incelemektedir. Araştırma bir devlet okulundaki 6.sınıf öğrencileriyle yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Harezmi Eğitim Modeli'nin öğrencilerin fen, matematik ve dijital okuryazarlık yeterliliklerinin gelişimine anlamlı katkılar sağladığı görülmüştür. Erdem (2023)'ün araştırmasının amacı Harezmi uygulayıcısı öğretmen ve yöneticilerin model hakkındaki görüşlerinin incelenmesidir. Araştırma, 2021–2023 yılları arasında gerçekleştirilmiş olup, belirlenen ilkokullarda görev yapan 30 öğretmen ve 10 okul yöneticisi ile yürütülmüştür. Araştırma bulguları incelendiğinde, öğretmenlerin Harezmi Eğitim Modeli uygulamalarını materyal ve teknolojik donanım eksiklikleri nedeniyle yeterli düzeyde bulmadıklarını ortaya koymuştur. Modelin öğrenciler üzerinde iş birliği yapma, problem çözme, farklı bakış açıları geliştirme, öğrenme isteğini artırma ve kendini ifade etme becerilerini güçlendirme yönünde olumlu etkiler yarattığı belirlenmiştir. Ayrıca uygulamaların, öğretmenlerin mesleki deneyimlerini zenginleştirdiği ve öğretim süreçlerine yönelik yeni bakış

açıları kazandırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Modeli uygulama için verilen hizmet içi eğitimlerin içerik açısından yeterli olmasına karşın süre açısından yetersiz, yönetici eğitimlerinin ise eksik olduğu ifade edilmiştir. Seğer (2021)'in araştırmasında 2019-2020 eğitim öğretim yılında farklı kademelerdeki Harezmi Eğitim Model'i uygulaması yapan öğretmenlerden seçilen 40 öğretmenin model hakkındaki görüşlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma bulguları incelendiğinde Harezmi Modeli uygulama eğitiminin eksikleri olduğu, buna karşın öğretmenlerin aldıkları eğitimin mesleki ve kişisel gelişimlerine olumlu katkı sağladığı da vurgulanmıştır. Modeli uygulama sürecinde teknolojik ekipman ve donanım eksikleri kaynaklı sorunlar yaşanmasına karşın modelin öğrencilere özellikle yardımlaşma, dayanışma ve sorumluluk gibi değerlerin edinimi sağladığı da bulgulara ifade edilmiştir. Tokmak (2022)'in araştırmasında Sosyal Bilgiler dersinde Harezmi Eğitim Modeli'nin sınıf içi kullanımına yönelik çalışma yapılmıştır. Araştırma bir devlet ortaokulunda 7.sınıf öğrencileriyle yürütülmüştür. Araştırma bulguları incelendiğinde Harezmi Eğitim Modelinin müfredata uyarlanmasıyla işlenen derslerdeki öğrencilerin akademik başarısında işlenmeyen gruba göre artış olduğu, öğrencilerin bilişsel farkındalıkları ve bilgi işlemsel düşünme becerilerindeki yetkinlik inançlarında olumlu algılar görülmüştür. Koçoğlu (2018) 'nın araştırmasında Harezmi Eğitim Modelinin etkililiğine yönelik bu alanda uzman akademisyenlerin görüşlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesiyle eğitim modeli hakkında öneriler sunmak amaçlanmıştır. Çalışma grubu olarak alanda yetkinliği olan akademisyenler seçilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde Harezmi Eğitim Modeli'nin temel amacının öğrencilerin yaparak ve yaşayarak öğrenmelerini sağlamak ve edindikleri bilgileri günlük yaşam becerisi haline getirebilmeleri olduğunu ortaya koymaktadır. Model, öğrenci merkezli bir yaklaşımı benimseyerek bilimsel araştırma yöntemlerine dayalı, teknoloji destekli öğrenme ortamları sunmakta ve anlamlı öğrenmeyi hedeflemektedir. Ceylan, Ökten, Tüfekçi ve Özsevimli Yurttaş (2020)'in araştırmasında Harezmi Eğitim Modeli uygulamasının öğrencilerdeki metamorfik algılarını açığa çıkarmak amaçlanmıştır. Araştırma İstanbul ilinde Harezmi Eğitim Modeli uygulanan farklı ilçe, kurum ve kademelerde bulunan 482 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde Harezmi eğitim modeli öğrenciler tarafından 21 kategoride metafor edilirken en çok kullanılanlar “hayat” ve “bilgi kaynağı” olarak belirtilmiştir. Çimşir (2024) 'in araştırmasının amacı Harezmî Eğitim Modeli uygulamasının, ilkökul 3. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerileri ve akademik başarı algıları üzerindeki etkisini belirlemektir. Çalışma 2021-2022 eğitim öğretim yılında 3.sınıf seviyesindeki 36 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Deney grubuna Harezmî eğitim modeli uygulanırken kontrol grubuna mevcut müfredat ders kitaplarıyla hazırlanan ders planları uygulanmıştır. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde Harezmi eğitim modeli uygulanan öğrencilerin problem çözme becerisi, problem çözme becerisine güven ve kaçınma alt boyutlarında anlamlı bir farka yol açtığı görülmüştür. Ayrıca, uygulanan eğitimin öğrencilerin başarı algısının bilişsel, duyuşsal ve davranışsal alt boyutları üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Ayra, Deliaslan, Berber, Kahvecioğlu ve Doğanşün (2025)' ün çalışmalarının amacı Hârezmî Eğitim Model'ine yönelik öğretmen görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sakarya ili Adapazarı ilçesinde modelin uygulayıcı olan bir devlet okulunda dokuz öğretmenle gerçekleştirilmiştir. Harezmî Eğitim Modeli' nin en güçlü yönleri 21. yüzyıl becerilerini destekleme, iş birliği ve takım çalışması olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde Harezmi Eğitim Modeli'nin güçlü ve zayıf yönleri belirlenmiştir. Modelin örgün eğitimde sınıf içine entegre edilebilmesi, öğrencilerde iş birliği becerisinin gelişimine katkı sağlaması, yardımlaşma gibi değerlerin gelişimini desteklemesi ve problem çözme becerilerinin geliştirdiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Derdiyok, Topal ve Demir (2025) 'in araştırmasında, Harezmi Eğitim Modelinin ortaokul öğrencilerinin sınıf içi etkinliklere katılım düzeyleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Araştırma İstanbul'da bir devlet okulunda 2023-2024 eğitim öğretim yılında öğrenim gören 32 ortaokul öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde Harezmi Eğitim

Modeli uygulamasının yapıldığı öğrencilerde sınıf içi etkinlikleri katılım düzeylerinde, iletişim becerilerinde anlamlı fark olduğu, deneyime dayalı ifadeleri kullanma becerilerinde artış olduğu görülmektedir. Orhan (2025) 'ın araştırmasının amacı Harezmi Eğitim Modeli ile gerçekleştirilen akademik çalışmaların incelenmesidir. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde Harezmi Eğitim Modeli uygulamasının öğrencilerde akademik başarılarında, sınıf içi etkinliklere katılım düzeylerinde ve disiplinler düşünme becerilerinde artış sağladığı görülmüştür. Öğretmenler açısından farklı disiplinlerle iş birliği sağlayarak öğretimsel becerilerine katkı sağladığı ve rehberlik stillerini geliştirerek kapsayıcı ve sürdürülebilir bir eğitim modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ

Günümüz gelişen değişen dünyasında toplumsal kültürel ve teknolojik gelişmeler eğitim müfredatlarının yeniden yapılanmasını güncellenmesini beraberinde getirmiştir. Bireylerin çağa uyum sağlayabilmesi karşılaşılan problem durumlarına karşı etkin çözümler bulabilmesi, sosyal, duyuşsal ve bilişsel yönden bütüncül gelişimle mümkündür (Leu ve diğerleri, 2013) .Bu ihtiyaçlar doğrultusunda Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli geliştirilmiştir. TYMM'nin genel amaçları belirlenirken, 1739 sayılı Millî Eğitim Temel Kanunu'nun 2. maddesinde ifade edilen “Türk Millî Eğitiminin Genel Amaçları” ve “Türk Millî Eğitiminin Temel İlkeleri” esas alınarak hazırlanmıştır (MEB,2025) . Türkiye'nin eğitim vizyonunu çağın gerekliliklerine uygun hale getirmek öğrencileri “yetkin ve erdemli insan” olarak yetiştirmek doğrultusunda güncellenmiştir (MEB, 2025). TYMM öğretim programlarını “erdem- değer- eylem” çatısında yeniden şekillendirmiştir. Maarif Modeli yetiştirilen nesilde temel erdem olarak kabul gören adalet, saygı, sorumluluk, sabır gibi temel erdemlerin yanı sıra aile bütünlüğü, eşitlik, dostluk, dürüstlük gibi toplumsal değerlerin kazanımıyla bütüncül gelişim sağlamaya önem verir. Eğitim öğretim sürecini yalnızca bilgi aktarımından olmaktan ziyade, öğrencinin bilgiyi anlamlandırarak eylemleştirmesini ve yaşamında uygulamasını hedeflemektedir (MEB, 2025).

Maarif Modeli'n temel stratejisi öğretim programı, yetiştirilmesi istenen öğrenci profili, Erdem-Değer-Eylem çerçevesi, beceri alanlarının bir araya gelmesiyle bütüncül bir eğitim modeli olmasıdır (MEB,2025). Öğrencilerin toplumsal mirasımız olan değerlerimizi, ezberden uzak anlamlı öğrenmelerle sahip olduğu bilgi ve becerilerle donatarak onların bütüncül gelişimi hedeflemektedir. Program öğrencilerin yalnızca akademik bilgi ile donatılması değil eleştirel düşünme, üretken olma, problem çözme becerileri, iletişim kurma becerileri ve iş birliği becerileri gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmesini hedefler. Toplumsal değerler ve evrensel temel ilkeler doğrultusunda davranabilme, çevresini anlamlandırma, düşüncelerini somut ürünlere dönüştürme ve üretim yapma becerilerinin geliştirilmesini hedeflenmektedir. Öğrencilerin vatansever, merhametli, ahlaklı, cesaretli, sağlıklı, bilge ve sanatsal yönleri geliştirilmesi Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli temel hedefleri arasındadır (MEB, 2025).

Maarif Model'de kazanım yerine öğrenme çıktısı ifadesi eklenmiştir. Öğrenme çıktısı öğrenme süreci sonunda bilgiyi ne kadar bildiği, yaşamına ne kadar uyarlayabildiği yetkinliklerinin temeli ve ölçülebilirliğini ifade etmektedir (Kaya ve Aydın, 2024). Bu kavram programın öğrenci merkezli ve ölçülebilir olduğunun göstergesidir. Öğrenme çıktıları içerik çerçevesi, kavramsal beceriler, fiziksel beceriler, eğilimler ve alan becerileri olarak sınıflandırılmıştır. Kavramsal beceriler öğrencilerin soyut bilgileri anlamlandırma, ilişki kurma ve yeni durumlara uygulayarak eyleme geçirme yetisidir. Bu beceriler öğrencilerin üst düzey düşünme adımlarını gerçekleştirebilmesi için temel teşkil eder. Derslerin planlamasında “sınıflandırma”, “yorumlama”, “çözümleme” gibi aktif öğrenme adımlarına yön verir. Öğrencilerin bilgiyi

zihinlerinde işlemlerini sağlarken süreci üretken öğrenmeye dönüştürmeyi esas alır. Kavramsal beceriler “KB1.Temel Beceriler, KB2. Bütünleşik Beceriler, KB3. Üst Düzey Düşünme Becerileri” üç başlıkta ele alınmıştır (MEB, 2025). Maarif Model öğrencilerin bütüncül gelişimini hedeflemektedir. Fiziksel beceriler de bu bütüncül gelişimde bireylerin bedenini, el-göz koordinasyonunu ve ince-kaba motor yetilerini kontrollü şekilde kullanma kapasitesini ifade eder. Bu beceriler, öğrencilerdeki öğrenmeyi zihinsel süreçleriyle destekleyerek bedensel bir deneyim hâline getirir. Beden ve zihin gelişimi arasındaki uyum değer ve eğilimlerle birleşerek kalıcı öğrenme sağlanmış olur (MEB, 2025). Eğilimler, öğrencilerin sahip oldukları becerileri davranışa dönüştürmede tetikleyici bir rol üstlenir. Öğrencilerin öğrenme sorumluluklarını alarak süreçte karşılaştıkları sorunlarla başa çıkma becerilerini güçlendirmeleri ve erdemli davranışlara yönelme potansiyelleri olarak ifade edilir. Eğilimler; bireyin dünyayı algılama biçiminden davranışlarına, karşılaştığı problem durumları karşısında yaptığı seçimlere bilgiyi öğrenme tarzı gibi örüntüler bütünüdür. Bir öğrencinin bir kavramı nasıl ele aldığı, bir problemi çözme biçimi, duygusal boyuttaki becerileri, adalet empati sorumluluk bilinci gibi kazanımlar öğrenme eğilimlerinin birer göstergesi olarak kabul edilir. Maarif Modeli'nde eğilimler benlik eğilimleri, sosyal eğilimler ve entelektüel eğilimler olarak üzere üçe ayrılarak ilgili olduğu becerilerle gruplandırılmıştır (MEB, 2025). Bir diğer beceri grubu olarak alan becerileri bulunmaktadır. Alan becerileri dersin kapsamına uygun olarak bilgi, beceri ve değerleri bütüncül şekilde bir araya gelmesidir. Öğrencinin belirli bir disipline ait bilgi kümesini, o alana ait yöntem ve uygulama biçimleriyle etkin şekilde kullanabilme becerisini ifade eder. Her dersin düşünme biçimi bulunduğu kabul edilerek, öğrencinin bu disipline ait kavramsal, sorgulama ve davranışa dönüştürme yeterlikleri geliştirmesinin yanı sıra öğrencinin bir alanda öğrendiği beceriyi diğer alanlardaki bilgi ve becerileriyle bir araya getirerek disiplinler arası düşünmesini bağlantı kurmasını sağlar (MEB, 2024).

Programlar arası bileşenler bireylerin bütüncül gelişimini sağlayan beceriler olarak öğrenme çıktılarına ulaşmaya katkı sağlayan öğretim programının tamamlayıcısı konumunda işlev görmektedir (MEB, 2025). Programlar arası bileşenler sosyal-duyusal öğrenme becerileri, erdem-değer-eylem çerçevesi ve okuryazarlık becerileri başlıkları altında toplanmıştır.

Günümüzde 21. yüzyıl becerilerinin eğitim ortamlarına entegre edilmesi, öğretim stratejilerinin yeniden şekillendirilmesi ve eğitim teknolojilerinin etkin kullanımı büyük bir önem taşımaktadır (Babayiğit Durakcan ve Mertoğlu, 2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Köklerden Geleceğe vizyonu ile milli ve manevi değerler gibi birçok bileşen çerçevesinde çağımızın ihtiyaçlarına uygun olarak hazırlanan bütüncül bir eğitim modelidir. Harezmi Eğitim Modeli de disiplinler arası yaklaşımı ve bütüncül ders tasarımları ile iş birlikli öğrenmeye dayalı bir eğitim uygulamasıdır (Babayiğit Durakcan ve Mertoğlu, 2025). Bu bağlamda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin etkili olarak uygulanmasında Harezmi Eğitim Modeli'ni eğitim modeli kullanılması önerilmektedir. Aşağıda fen eğitiminde örnek bir ders planı yer almaktadır.

Kaynakça

- Ayra, M., Deliaslan, A., Berber, F., Kahvecioğlu, M. & Doğangün, S. (2025). *Teacher Views on the Hârezmî Education Model*. Uluslararası Eğitim ve Bilim Araştırmaları Dergisi, 2025, 2(1), 50-69
- Babayiğit Durakcan.Ö, (2024) *Harezmi eğitim modelinin fen bilimleri dersindeki etkilerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi* (Yayın No: 897813) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Babayiğit Durakcan Ö. ve Mertoğlu H., (2024). Harezmi Eğitim Modeli: Fen Bilimleri Ders Planı Örneği *Eğitim Bilimleri Alanında Gelişmeler* Ed. Dalkılıç, M ve Soslu Ö. içinde 32. Bölüm s: 737-774 Platanus Publishing.
- Babayiğit Durakcan Ö. ve Mertoğlu H., (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ne Örnek Bir Uygulama: Harezmi Eğitim Modeli İstanbul Eğitim Araştırmaları Kongresi özet kitabı.
- Bahşi, A., & Açıkgül Fırat, E. (2020). *STEM Etkinliklerinin 8. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerilerine, Bilimsel Epistemolojik İnançlarına ve Fen Başarılarına Etkisinin İncelenmesi*. Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty, 39(1), 1-22. <https://doi.org/10.7822/omuefd.616509>
- Beers, S. Z. (2011). *21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future*. The Science Teacher, 78(1), 28-33.
- Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA press https://books.google.com.tr/books/about/The_Case_for_STEM_Education.html?id=gfn4AAAAQBAJ&redir_esc=y
- Ceylan,Ö., Öğten,M., Tüfekçi,V. & Özsevimli Yurttaş,M. (2020) *Öğrencilerin harezmi eğitim modeline yönelik metaforik algılarının belirlenmesi* Millî Eğitim Cilt: 49 Sayı: 225, (227-251)
- Çelik, V., & Gömleksiz, M. N. (2000). *Küreselleşmenin Eleştirel Bir İncelemesi ve Eğitim Üzerindeki Etkileri*. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9(17), 133-144.
- Çeliköz, M., & Güven Hastürk, D. (2024). *Evaluation of Harezmi Education Model Applications According to Student Opinions: An Exploratory Sequential Mixed Design*

- Research. International Journal of Educational Research Review*, 9(3), 214-237.
<https://doi.org/10.24331/ijere.1433643>
- Çimşir, S. (2024). *Hârezmî Eğitim Modeli'nin İlkokul 3.Sınıf Öğrencilerinin Problem Çözme Becerisi ve Başarı Algısına Etkisi*. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 25(2), 1017-1052. <https://doi.org/10.29299/kefad.1272478>
- Çimen, A. (2022). *Harezmi eğitim modeli uygulama verisinin metin madenciliği teknikleriyle değerlendirilmesi*. (Yayın No: 779805) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Coşkun Keskin, S., Karaloğlu, İ. & Erdoğan, H. (2024) *Harezmi Eğitim Modeli'nin Uygulayıcıları Olan Öğretmenlerin Görüşleri Doğrultusunda İncelenmesi* Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 43(1), June 2024: 259-311.
- Derdiyok, İ., Topal, M., & Demir, S. (2025) *The Effect of the Khwarizmi Education Model on Middle School Students' Participation Levels in Classroom Activities* . Uluslararası Eğitim ve Bilim Araştırmaları Dergisi, 2025, 2(1), 1-19
- Dikmen, S., & Dikmen, M. (2024). *Türkiye Yüzyılı'nın Maarif Modeli: Erdem, Değer ve Eylem Üzerine Kuramsal Bir Yaklaşım*. *Eğitim Bilimlerinde Güncel Araştırmalar 2024* (ss. 31–46
- Erdem, Ş. (2023). *Harezmi Eğitim Modeli Uygulanan Okullardaki Öğretmenlerin Ve Yöneticilerin Modele Yönelik Görüşleri* (Yayın No: 829388) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Erten, P. (2020). *Öğretmen adaylarının 21. Yüzyıl becerileri yeterlilik algıları ve bu becerilerin kazandırılmasına yönelik görüşleri*. *Milli Eğitim Dergisi*, 49(227):33-64
- Gonzalez, H. B. & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service. <https://sgp.fas.org/crs/misc/R42642.pdf> adresinden 26.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- Gökbayrak, S., & Karışan, D. (2017). *STEM Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi*. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 63-84.
- Göker, L. (1998). *Fen Bilimleri Tarihi ve Türk- İslam Bilginlerinin Yeri*. Milli Eğitim Basımevi.

- Grice, J. (2011). Curriculum Integration in Ontario High Schools. *Pathways: The Ontario Journal of Outdoor Education*. Council of Outdoor Educators of Ontario. 1185 Eglinton Avenue East, Toronto, Ontario, M3C 3C6, Canada. e-mail: info@COEO.org; Web site: <http://www.coeo.org/publication.htm>. 02.11.2025 tarihinde ulaşılmıştır.
- Hallström, J., Norström, P., & Schönborn, K.J. (2023). *Authentic STEM education through modelling: an international Delphi study*. International Journal of STEM Education, 10: 62
- Kalyoncu, T. (2021). *60-72 Aylık Çocukların Bilimsel Süreç Becerilerine Stem-A Etkinliklerinin Etkisinin İncelenmesi*. (Yayın No:676732) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Kaya, M. ve Aydın, E. (2024). 2019 Türkçe dersi öğretim programı ile 2024 Türkçe dersi öğretim programı'nın karşılaştırılması. Harran Maarif Dergisi, 9 (1), 108-146. doi: 10.22596/hej.1482003.
- Koçoğlu, E. (2018). *Türkiye'de pilot uygulama sürecinde olan harezmi eğitim modelinin alan uzmanlarının görüşleri doğrultusunda analizi*. Turkish Studies Educational Sciences Volume 13/19, Summer 2018, p. 1187-1200 DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.14050>
- Kök, F. (2024) *Harezmi Eğitim Modeli'nin hayat boyu öğrenme anahtar yetkinliklerinden; Matematik, fen ve dijital okuryazarlık yetkinliklerine etkisi: Karma bir çalışma* (Yayın No: 863964) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Larson, L. C. & Miller, T. N. (2011). 21st Century Skills: Prepare Students for the Future, Kappa Delta Pi Record, 47:3, 121-123.
- Leu, D. J., Jr., Kinzer, C. K., Coiro, J., Castek, J., & Henry, L. A. (2013). *New Literacies: A Dual-Level Theory of the Changing Nature of Literacy, Instruction, and Assessment*. DOI: [10.1598/0710.42](https://doi.org/10.1598/0710.42)
- MEB. (2023) 21. Yüzyıl Becerileri Ve Değerlere Yönelik Araştırma Raporu. [11153521_21.yy_becerileri_ve_degerlere_yonelik_arastirma_raporu.pdf](https://www.meb.gov.tr/11153521_21.yy_becerileri_ve_degerlere_yonelik_arastirma_raporu.pdf) adresinden 25.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- MEB. (2025) Stem Nedir? <https://scientix.eba.gov.tr/stem/> adresinden 25.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.

- MEB. (2025) Harezmi Eğitim Modeli. *Harezmi Eğitim Modeli Uygulama Kılavuzu*. [11093502_harezmi_egitimmodeli_uygulama_kilavuzu_web.pdf](https://ogm.meb.gov.tr/11093502_harezmi_egitimmodeli_uygulama_kilavuzu_web.pdf) adresinden 17.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- MEB. (2025) Harezmi Eğitim Modeli. *Harezmi Eğitim Modeli Yaygınlaştırma Raporu*. [2023_2024_yayginlastirma_raporu.pdf](https://ogm.meb.gov.tr/2023_2024_yayginlastirma_raporu.pdf) a dresinden 17.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- MEB. (2024) Harezmi Eğitim Modeli. <https://ogm.meb.gov.tr/> adresinden 17.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- MEB. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. <https://tymm.meb.gov.tr/> adresinden 27.10.2025 tarihinde elde edilmiştir.
- Mertoğlu H., Babayiğit Durakcan Ö. (2024). Eğitim Bilimleri Alanında Gelişmeler, Dalkılıç Mehmet, Soslu Özay, Editör, Platanus Yayın Grubu, Ankara, Ss.738-775, 2024
- Orhan Göksün, D. (2016). *Öğretmen adaylarının 21. Yy. Öğrenen becerileri ve 21. Yy. Öğreten becerileri arasındaki ilişki*. (Yayın No:425506) [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Orhan, S. (2025). *Eğitimde Disiplinlerarası Yaklaşım: Harezmi Modeli Üzerine Bir Doküman Analizi*. International Journal Of New Horizons In The Social Sciences (JOSSCI3023-6614), Volume: 2, Issue: 2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16211179>
- Özbay, A. F. (2009). *Yapılandırmacılık kuramına dayalı olarak İngilizce dersinin işlenişine ilişkin öğretmen görüşleri*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Özçelik, C. & Semerci, N. (2016) *Disiplinler Arası Öğretim Yaklaşımına Dayalı Hazırlanan Öğretim Etkinliklerinin, Öğrencilerin Geometrik Cisimlerin Hacimleri Konusundaki Akademik Başarılarına Etkisi* Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi The Journal of International Social Sciences Cilt: 26, Sayı: 2, Sayfa: 141-150,
- Seçer, T (2021). Harezmi Eğitim Modelini Uygulayan Öğretmenlerin Model Hakkındaki Görüşlerinin Belirlenmesi.(Yayın No:676687) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Tez, Z. (1991). *Ortaçağ İslam Dünyasında Bilim ve Teknik*. Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları No:14

- Tokmak, A. (2022). *Harezmi Eğitim Modelinin Sosyal Bilgiler Dersinde Uygulanması*. Yayın No: 745357) [Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Tokmak, A. (2023). *Harezmi Eğitim Modelinin Problem Çözme Becerisinin Geliştirilmesine Etkisi*. Millî Eğitim, 52 (Özel Sayı), 437-456. DOI: 10.37669/milliegitim.1309222
- Ünal, M., & Aksüt, P. (2021). 4-6 yaş çocuklarına etkinlik temelli STEM eğitiminin bilimsel süreç becerilerine etkisinin incelenmesi. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi*, 5(1), 109–134. <https://doi.org/10.24130/ecccd-jecs.1967202151290>
- Yalçın, S. (2018). *21. Yüzyıl Becerileri ve Bu Becerilerin Ölçülmesinde Kullanılan Araçlar ve Yaklaşımlar*. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi Yıl: 2018, Cilt: 51, Sayı: 1, 183-201 DOI:10.30964/auebfd.405860
- Yıldırım, A. (1996). Disiplinler Arası Öğretim Kavramı ve Programlar Açısından Doğurduğu Sonuçlar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 12: 89-94
- Zeybek, A. (2024) *Harezmi eğitim modelinin bazı fen kavramlarını öğrenmeye etkisinin incelenmesi, öğretmen ve öğrencilerin modele yönelik görüşleri* (Yayın No: 871236) [Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

**TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİ BAĞLAMINDA HAREZMİ EĞİTİM MODELİ
UYGULLAMA DERS PLANI**

Hafta/ Ders Süresi:3 hafta(80+80+80)

Sınıf seviyesi: 5.sınıf

Öğretmen Branşları: Fen Bilimleri, Türkçe, Bilişim Teknolojileri, Görsel Sanatlar

Çıktıyı tasvir ediniz.	Belirlenen haftalar sonucundaki nihai çıktıyı tarif ediniz: Maddeleri ışığı geçirme durumlarına göre sınıflandırabilme (Öğrenme Çıktısı) Bu amacınızı gerçekleştirmek için süreçte öğrencilerinize hangi bilgi ve becerilerin kazandırılmasına ihtiyaç vardır? FBAB1. Bilimsel Gözlem, FBAB2. Sınıflandırma E1.2. Bağımsızlık, E2.5. Oyunseverlik, E3.7 Sistematik Olma SDB1.2. Kendini Düzenleme (Öz Düzenleme), SDB2.1. İletişim KB2.5. Sınıflandırma, KB.2.6. Bilgi Toplama, KB2.7. Karşılaştırma, KB2.9. Genelleme, KB2.13. Yapılandırma OB1. Bilgi Okuryazarlığı, OB2. Dijital Okuryazarlık, OB5. Kültür Okuryazarlığı, OB7. Veri Okuryazarlığı
Süreçte neler yapılacak belirleyiniz.	Ders Akışı: İlişkilendirme (20 dakika): Türkçe öğretmeni derse öğrencilerin ilgisini çekecek bir örnek olayla başlar (TAB1: TAB3.) <i>“Bir sabah Efe erkenden uyanıyor. Gözlerini açar açmaz odası aydınlık, çünkü penceresinde ince beyaz bir tül var. Ama ablası Elif’in odası hâlâ karanlık. Onun penceresinde kalın, koyu renkli bir perde var. Efe kalkmış kahvaltısını yapıyor, Elif hâlâ uyuyor.</i> <i>Sizce neden Elif’in odası karanlık kaldı, Efe’ninki aydınlık oldu?”</i> Fen öğretmeni yönlendirici sorular sorar: <i>Sizce neden böyle oldu?</i> <i>Her perde aynı mı? (KB2.7.)</i> <i>Işık bazı yerlerden geçip bazı yerlerden geçmiyor olabilir mi? (KB2.7.)</i> <i>Perde ışığın geçmesini etkiler mi? (KB2.8.)</i> <i>Bunu nasıl anlayabiliriz? Öğrenciler kendi tahminlerini paylaşırlar.(KB2.11.)</i> Daha sonra Türkçe öğretmeni şu yönergeyi verir: <i>“Bu kelimelerden birkaçını kullanarak Elif ve Efe’nin odasını anlatan bir cümle kurun.”(TAB4.)</i> Öğrenciler örnekler yazar: Elif’in perdesi ışığı geçirmediği için odası karanlık. Efe’nin odasına ışık geçtiği için daha aydınlık. Vb Fen öğretmeni, yazılan cümleleri değerlendirir ve bağlantıyı kurar: Demek ki bazı maddeler ışığı geçiriyor, bazıları ise engelliyor. Hangi maddeler ışığı tamamen geçirir? (Öğretmen tahminleri alır.) Hangi maddeler ışığı hiç geçirmez? (Tahminler alınır.) Bazı maddeler ışığı az geçiriyor olabilir mi? (Tahminler alınır.) (Öğrenciler bu sorular üzerinden yola çıkarak ışığın maddelerle etkileşimini keşfetmeye, gözlem yaparak veri toplamaya ve malzemeleri ışığı geçirme durumuna göre sınıflandırma konusunda yönelim sağlatılır ve problem durumu sınıfça oluşturulur.) “Işık neden bazı maddelerden geçerken bazılarında geçmez ve bu özelliği tasarımlarımızda nasıl kullanabiliriz?” Öğrencileri gruplara ayırır. TECRÜBE ETME (40 Dakika)

	Etkinliğin Adı: Işığın İzinde Maddeler Etkinliğin Amacı: Öğrencilerin farklı maddelerin ışığı geçirme durumunu gözlemlmeleri, saydam, yarı saydam ve opak kavramlarını kendi gözlemleriyle keşfetmeleri sağlama. Etkinliğin Yapılışı: Fen öğretmeni sınıfı 4'er kişilik gruplara ayırır. (SDB2.2.) Her gruba aynı materyal seti dağıtılır. Grupların verilen materyalleri test ederek tabloya işlemesi sağlanır. OB7. FBAB1. FBAB2. Malzemeler: • El feneri • Cam parçası, • Şeffaf plastik dosya, • Buzlu cam veya yarı saydam plastik, • Kağıt, • Karton, • Renkli şeffaf plastik kap. • Kumaş parçası vs Her grup kendi gözlem sonucuna göre tabloyu doldurur. (FBAB1: FBAB2 : SDB2.2. :SDB3.1. : SDB3.3. : SDB2.2. : KB1. : KB2.2. : KB2.4. : KB2.5. : KB2.7. : KB2.8. : KB2.9. : KB2.11. : KB2.13. : KB2.14. : KB2.20. : KB3.1.) (EK1) Etkinlik sonucunda gruplar gözlem sonuçlarını sırayla tahtada sunar. (TAB1. TAB3 OB7. SDB2.1. KB2.14.) UYGULAMA (20 DAKİKA) Fen öğretmeni sorar: Gözlemlerimize göre ışık her maddeden aynı şekilde geçiyor mu? (SDB3.3.) F. Ö: O halde maddeleri nasıl sınıflandırabiliriz? (OB7.) F.Ö: Maddeler ışığı geçirme durumuna göre saydam, yarı saydam ve opak olarak üçe ayrılır. Tanım yapılır ve öğrencilerden defterlerine not almaları istenir. (OB1.) Görsel Sanatlar öğretmeni derse kapanış yapar. Bir sonraki derste, bu gözlemlerimizi bir modelle anlatmaya çalışılacağını ve bir ev maketinde maddelerin ışık geçirgenliklerine göre odaları tasarlanacağı söylenir. İŞ BİRLİĞİ (80 dakika) Görsel Sanatlar öğretmeni sınıfa görevi verir: Bir ev maketi yapacağız. Her grup bir oda tasarlayacak (SDB2.2.) Odanın penceresinde kullanılacak malzeme, odanın ışık ihtiyacına göre seçilecek veya banyoda duşakabin camı, odaların kapıları vb. (SDB3.3.) Gruplar kendi odalarını kura ile alır: Çalışma Odası, Yatak Odası, Sinema/Projeksiyon Odası, Banyo, Salon/ Oturma odası Bilişim öğretmeni, tahta üzerinde örnek bir algoritma şeması gösterir ve gruplar kendi planlarını yazar: (KB1.) 1. Problemi tanımla: Odam ne kadar ışığa ihtiyaç duyuyor?/ Hangi kısmı ne kadar görmeliyim? 2. Malzeme seç: Bu ihtiyaca uygun malzeme hangisi? 3. Tasarımını çiz: Odanın üstten görünüşü + pencere duvarı + pencere alanı+ mobilya+ duş alanı. 4. Malzemeyi yerleştir: Seçilen malzeme (saydam/yarı saydam/opak). 5. Test et: Feneri dışarıdan tut → iç aydınlığı 0–3 ölçeğinde değerlendir.
--	--

	6. Gerekirse düzenle: Aydınlık istenen düzeyde değilse pencere alanını/katmanını değiştir. 7. Etiketle ve açıkla: Oda adı, malzeme türü ve gerekçe kartı. Etkinliğin Adı: Maketi Üret Ve Test Et Malzemeler: · Oda/ev olarak tasarlanacak karton kutu/koli · Saydam alanlar için asetat/cam görünümlü plastik. Yarı saydam alanlar için yağlı kâğıt/buzlu cam filmi. Opak alanlar karton/folyo/ışık sızdırmaz bant Etkinliğin Yapılışı Tasarım planı kâğıdı doldurulur. (EK 2) Gruplar bir ev kutusu verilir, her grup kendi oda modülünü yapıp eve takar. (SDB3.1.) (SAB4.) Her grup odasının dış duvarına oda etiketi, pencere yanına malzeme etiketi, iç duvara açıklama kartı yapıştırır. Her grup 1 dakikalık mini sunumla odasını sınıfa anlatır (tasarımı gerekçesiyle birlikte) (TAB3.). Gruplar süreç sonunda akran değerlendirme formunu uygular. (EK 3)(KB3.3.) Sunumlar sırasında öğretmenler dereceli puanlama anahtarıyla değerlendirme yapar. (EK4) TRANSFER ETME (80 Dakika) Fen öğretmeni öğrencilerle şu problem durumunu tartışır: “Fotoğraf stüdyoları, seralar, müzeler ve evler gibi yerlerde ışığın geçiş özellikleri nasıl kullanılmaktadır?”(KB2.9.) Öğrenciler örnekler getirir: (SDB1.3.) • Seralarda cam tavan → saydam madde • Banyo camı → yarı saydam • Sinema salonu duvarı → opak Her öğrenciye not kağıtları dağıtılır, kendi yaşamından bir örnek seçer ve şu başlıkları doldurduktan sonra panoya asması istenir.(OB5.) • Ortam: • Işığın durumu: • Kullanılan madde türü: • Neden bu madde seçilmiştir? Sınıfça okunup değerlendirilir. (SDB3.3.) Ardından öğrenciler 4 gruba ayrılır. Her grup, “ışığın maddelerle etkileşimi” konulu kısa bir dijital ürün üretir. (BTYAB4. ; SDB2.2. ; SDB2.1 ; SDB3.2. Dijital Etkinlik 1. Işığın İzinde Dijital Gazete (Canva / Google Slides) (BTYAB4.) Uygulama: · Gruplar 'Fen Dünyasından Haberler' adlı dijital bir gazete sayfası oluşturur. · Her grup ışığın geçişiyle ilgili bir köşe hazırlar. · Görseller, kısa yazılar ve başlıklar eklenir. · Ürün Canva veya Google Slides ile hazırlanır.
--	---

	2. Işık Dedektifleri Dijital Oyun Tasarımı (Kahoot / Wordwall / Blooket) (BTYAB4.) Uygulama: - Grup kendi mini quiz oyununu tasarlar. - Sorular günlük yaşamla ilişkilidir (örneğin 'Banyoda neden buzlu cam kullanılır?'). - Kahoot, Wordwall veya Blooket üzerinden oluşturulur. 3. Kameranın Arkasında Işık (Kısa Video / Stop-Motion) (BTYAB4.) Uygulama: - Grup ışığın geçişini anlatan 1 dakikalık kısa videolar çeker. - Basit stop-motion veya cep telefonu çekimi yapılabilir. - Videolar sınıfta paylaşılır ve tartışılır. 4. Işığın İzinde Dijital Hikâye (StoryJumper / PowerPoint) (BTYAB4.) Uygulama: - Öğrenciler 'Işık ile Madde' temasında dijital hikâye kitabı oluşturur. - Karakterler (örneğin Saydam, Opak, Yarı Saydam kardeşler) kullanılır. - Her sayfada kısa açıklama, çizim ve bilimsel mesaj bulunur. - Kitaplar sınıf panosunda paylaşılır. Her gruba bir öğretmen eşlik eder. Süreç sonunda grup sunumları yapılır. Öğretmenler Ek 5 form ile değerlendirme yapar. Türkçe öğretmeni dijital etkinlikleri sınıf ortamında kısaca özetler. Ardından fen öğretmeni hepiniz ışığın maddelerle etkileşimini hem gözlemlediniz hem de bunu dijital ortama taşıdınız. Peki hangi etkinlik sizce bilgiyi en iyi anlattı? Hangi süreçte en çok öğrendiniz? (KB3.3.) Gruplar birbirlerinin ürünlerini kısaca değerlendirir ve dönüt verir.
	Disiplinler arası ilişki Öğrenciler fen alanında ışığın maddelerle etkileşimini gözlemleyerek saydam, yarı saydam ve opak maddeleri sınıflandırırken, bu bilimsel bilgiyi bilişim dersi çıktılarından algoritmik düşünme adımları ve dijital araçlarla dijital ürünlere dönüştürmüştür. Görsel sanatlar disipliniyle ilişkilendirilerek öğrenciler ışığın geçiş özelliklerini renk, ton, gölge ve şeffaflık kavramlarıyla ifade etmiş; tasarımlarında estetik bir bütünlük oluşturmuştur. Türkçe dersi öğrenme çıktılarıyla öğrenciler, gözlem ve deneyimlerini bilimsel dil kurallarına uygun biçimde yazılı ve sözlü olarak ifade etmiş, hem iletişim becerilerini hem de bilimsel anlatım yetkinliklerini geliştirmiştir.
	Öğrenci sorumluluğu ✓ Etkinliklere aktif katılım sağlamak ✓ Grup çalışmasında iş birliği yapmak ✓ Grup çalışmalarında sorumluluk sahibi olmak ✓ Arkadaşlarının fikirlerine saygı göstermek, dinlemek, mütevazı olmak, ✓ Etkinliklerde sabırlı olmak
	Öğrenme çıktısı Bilgisayar Bilimi Öğrenme Çıktıları: BTY.5.2.1 Görsel düzenleme programlarından yararlanabilme BTY.5.2.2 Görsel için kurgu oluşturabilme BTY.5.2.3 Görsel dosyası geliştirebilme BTY.5.2.6 Sunum programlarından yararlanabilme BTY.5.2.7 Sunum dosyası geliştirebilme Fen ve Matematik Bilimleri Öğrenme Çıktıları: FB.5.4.2.1. Maddeleri ışığı geçirme durumlarına göre sınıflandırabilme

	Sosyal Bilimler Öğrenme Çıktıları: T.D.5.1. Dinlemede/izlemede materyal seçimini yönetebilme T.D.5.2. Dinlemede/izlemede strateji ve yöntem seçimlerini yönetebilme T.D.5.8. Dinlediğinin/izlediğinin derin anlamını belirlemeye yönelik üst düzey çıkarımlar yapabilme T.D.5.10. Dinledikleri/izledikleri arasında karşılaştırma yapabilme T.D.5.12. Dinlediğini/izlediğini yorumlayabilme T.D.5.24. Dinlediğindeki/izlediğindeki probleme çözüm üretebilme T.D.5.25. Dinleme/izleme sürecine yönelik öz yansıtma yapabilme/kendini uyarlayabilme T.K.5.15. Sözlü olarak özetleyebilme T.K.5.19. Problem çözümüne yönelik konuşma yapabilme T.K.5.26. Konuşma sürecine yönelik öz yansıtma yapabilme/kendini uyarlayabilme T.Y.5.1. Yazma sürecini yönetebilme T.Y.5.3. Yazısında içerik ve yapıya yönelik seçimlerini yönetebilme T.Y.5.5. Yazılı etkileşiminde uygun tepki verebilme T.Y.5.10. Yazısında sınıflandırma yapabilme T.Y.5.12. Yazılı olarak özetleyebilme T.Y.5.16. Problem çözümüne yönelik yazabilme Sanat, Tasarım ve Spor Bilimleri Öğrenme Çıktıları: GS.5.4.1. Doğal nesnelerin doku özelliklerini yansıtan desen yapabilme Alan Becerileri: : FBAB1. Bilimsel Gözlem, FBAB2. Sınıflandırma, TAB1. Dinleme/İzleme, TAB2. Okuma, TAB3. Konuşma, TAB4. Yazma, SAB4. Sanatsal Üretim Yapma, BTYAB4. Dijital Ürün Geliştirme Okuryazarlık Becerileri: OB1. Bilgi Okuryazarlığı, OB2. Dijital Okuryazarlık, OB4. Görsel Okuryazarlık, OB5. Kültür Okuryazarlığı, OB7. Veri Okuryazarlığı Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerileri: SDB2.2. İş Birliği, SDB2.3. Sosyal Farkındalık SDB3.1. Uyum, SDB3.2. Esneklik, SDB3.3. Sorumlu Karar Verme, SDB1.1. Kendini Tanıma (Öz Farkındalık Becerisi), SDB1.2. Kendini Düzenleme (Öz Düzenleme Becerisi), SDB1.3. Kendini Uyarlama (Öz Yansıtma Becerisi), SDB2.1. İletişim, SDB2.2. İş Birliği, SDB2.3. Sosyal Farkındalık, SDB3.2. Esneklik, SDB3.3. Sorumlu Karar Verme Beceriler Arası İlişkiler: KB1. Temel Beceriler, KB2.2. Gözleme, KB2.4. Çözümleme, KB2.5. Sınıflandırma, KB2.6. Bilgi Toplama, KB2.7. Karşılaştırma, KB2.8. Sorgulama, KB2.9. Genelleme, KB2.11. Gözleme Dayalı Tahmin Etme, KB2.13. Yapılandırma, KB2.14. Yorumlama, KB2.20. Sentezleme, KB3.1. Karar Verme, SAB1.2. Sanatsal Gözleme, KB3.3. Eleştirel Düşünme
	Öğrenme çıktısının ölçülmesi - Kriter Bazlı Akran Değerlendirme Formu - Dereceli Puanlama Rubriği Maket Üretim Projesi - Dijital Ürün Değerlendirme Formu - Öğretmen gözlem formu

EK**EK 1-Işığın İzinde Maddeler Etkinliği Madde Tanımlama Formu**

Grup Adı:

Verilen her maddeye ışık tutun, gözlem yapın ve kararı ortak alın. Sonuçları tabloya yazın.

Madde Adı	Işık Geçiyor (✓)	Kısmen Geçiyor (✓)	Geçmiyor (✓)	Gözlem Notu (Kısa açıklama)

Ek 2 Maket Tasarım Planı Algoritma Tablosu

Tasarım Planı

Oda Adı:

Işık İhtiyacı: ☐ Çok aydınlık ☐ Orta ☐ Karanlık

Seçilen Malzeme: _____ (Saydam / Yarı saydam / Opak)

Gerekçe:

Tasarım Algoritmam:

1. Problemi tanımladım:
2. Malzememi seçtim:
3. Çizim yaptım:
4. Modeli oluşturdum:
5. Test ettim ve düzeltme yaptım:

EK 3- Kriter Bazlı Akran Değerlendirme Formu

Akran Değerlendirme Formu

Ölçüt	3 – Her zaman	2 – Bazen	1 – Hiçbir zaman
Fikirlerini açıkça ifade etti			
Görevini sorumlulukla yaptı			
Arkadaşlarına saygı gösterdi			
Grup kararlarına katkı sağladı			
Zamanı etkili kullandı			
Malzeme ve araçları özenli kullandı			

Eklemek istedikleriniz.

.....

EK 4- Dereceli Puanlama Rubriği Maket Üretim Projesi

Grup Adı:

Değerlendirme Ölçütü	4 – Çok İyi	3 – İyi	2 – Geliştirilebilir	1 – Yetersiz
Fen Kavramı Doğruluğu	Işık geçişi kavramı tamamen doğru, malzeme seçimi fen bilimlerine uygun.	Küçük kavram hataları dışında doğru.	Bazı seçimler yanlış veya ilişkilendirme hataları var.	Kavramlar karışmış veya yanlış kullanılmış.
Tasarım Süreci ve Algoritma	Planlama, çizim ve uygulama basamakları eksiksiz, mantıklı.	Küçük estetik hata ve eksikliklerle uygulanmış.	Adımların bir kısmı eksik.	Planlama yapılmamış veya düzensiz.
Ürün Estetiği ve İşlevselliği	Ürün düzenli, malzemeler uygun, ışık testi net yapılabilir.	Ufak estetik eksiklikler dışında işlevsel.	Malzeme seçimleri karışık veya hatalı.	Ürün tamamlanmamış, işlev göstermiyor.
İş Birliği ve Katılım	Grup üyeleri arasında güçlü iletişim, görev paylaşımı adil, yardımlaşma yüksek.	Çoğu üye aktif, zaman yönetimi yeterli.	Bazı üyeler pasif kaldı, görev paylaşımı zayıf.	Grup içi iletişim kopuk, işbirliği oluşmamış.
Erdem, Değer ve Ahlak Düzeyi	Saygı, sorumluluk, adalet ve paylaşım davranışları sürekli gözleniyor; grup içinde hoşgörölü, empatik ve örnek tutum sergiliyor.	Genellikle saygılı ve adil, nadiren rehberliğe ihtiyaç duyuyor.	Bazen empati ve sabır eksikliği gösteriyor.	Sorumluluk bilinci zayıf, arkadaşlarına karşı duyarsız davranıyor.
Sunum ve Bilimsel İfade	Bilimsel dili doğru kullanıyor, neden-sonuç ilişkisini açık ve akıcı anlatıyor.	Açıklama anlaşılır, küçük dil hataları var.	Yüzeysel ifade, neden-sonuç ilişkisi eksik.	Sunum yetersiz veya konu dışı.

EK 5 -Dijital Ürün Değerlendirme Formu

Grup Adı:

Ölçüt	4 – Çok İyi	3 – İyi	2 – Geliştirilebilir	1 – Yetersiz
Fen kazanımına uygunluk	Fen kazanımı tamamen doğru yansıtılmış.	Küçük hatalar dışında doğru.	Kavramsal karışıklıklar var.	Konu ile ilgisi zayıf.
Bilimsel dil kullanımı	Kavramlar doğru ve akıcı.	Çoğunlukla doğru, az hata var.	Bazı kavramlar eksik veya hatalı.	Bilimsel dil kullanılmamış.
Görsel düzen / estetik	Ürün dikkat çekici, düzenli, özgün.	Genellikle düzenli ve anlaşılır.	Karmaşa veya eksiklik var.	Düzensiz, anlaşılmıyor.
Yaratıcılık ve özgünlük	Farklı fikirler, özgün içerikler kullanılmış.	Kısmen özgün, birkaç yeni fikir var.	Sıradan, az yenilik içeriyor.	Kopya içerik kullanılmış.
Dijital araç kullanımı	Araç etkin ve doğru kullanılmış.	Küçük eksikliklerle kullanılabilmiş.	Yardıma ihtiyaç duymuş.	Kullanımda zorluk yaşamış.
Teknik uygunluk	Ürün sorunsuz çalışıyor, bağlantılar düzgün.	Küçük teknik eksikler var.	Bazı bağlantılar/görseller hatalı.	Ürün tamamlanmamış.
Görev dağılımı ve katılım	Her üye görevini sorumlulukla yerine getirmiş.	Çoğu üye aktif, küçük dengesizlikler var.	Bazı üyeler pasif kalmış.	Grup çalışması zayıf.
Saygı, empati, adalet	Grup içinde hoşgörü ve saygı yüksek.	Genellikle saygılı, nadiren rehberlik gerekiyor.	Zaman zaman çatışma yaşanmış.	İletişim sorunlu.
Sunum becerisi	Ürün etkili sunulmuş, iletişim güçlü.	Sunum yeterli ama akıcılık zayıf.	Okuma ağırlıklı sunum.	Sunum eksik veya ilgisiz.
Öğrenme farkındalığı	Öğrenci ne öğrendiğini net ifade ediyor.	Kısmen farkında, örneklerle açıklıyor.	Yüzeysel değerlendirme yapıyor.	Farkındalık görülmüyor.

EK 6 Öğretmen Ders Gözlem Formu Maddelerin Işığı Geçirme Durumları Likert Ölçeği

Aşağıdaki her bir ifade için öğrenci performansını Likert tipi ölçek üzerinden işaretleyiniz.

- 1 – Hiç Katılmıyorum
 2 – Katılmıyorum
 3 – Kısmen
 4 – Katılıyorum
 5 – Tamamen Katılıyorum

No	Gözlem İfadesi	1	2	3	4	5
1	Öğrenci dersin başındaki problem durumunu anladı ve merak gösterdi.					
2	Işığın maddelerden geçip geçmediğini gözlemlemede aktif rol aldı.					
3	Maddeleri saydam–yarı saydam–opak olarak doğru şekilde sınıflandırdı.					
4	Grup içinde verilen görevi sorumlulukla yerine getirdi.					
5	Grup üyeleriyle iş birliği ve etkili iletişim kurarak çalıştı.					
6	Tasarım/üretim aşamasında ışık geçirgenliğine uygun malzemeler seçti ve gerekçelendirdi.					
7	Dijital etkinlikte (Kahoot/Canva vb.) aracı amaca uygun biçimde kullandı.					
8	Sunum sırasında gözlem sonuçlarını bilimsel dil kullanarak açıkladı.					
9	“Işık neden bazı maddelerden geçer?” sorusuna gerekçeli şekilde yanıt verebildi.					
10	Öğrendiği bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirebildi.					
11	Grup çalışmalarında adalet, saygı ve sorumluluk değerlerine uygun davranışlar gösterdi.					
12	Sınıfın ortak iyiliğini gözeterek yardımsever ve katkı sağlayan bir tutum sergiledi.					

Öğretmen Notları

.....

BÖLÜM 2

FEN EĞİTİMİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN MÜHENDİSLİK TASARIM SÜREÇ BASAMAKLARININ UYGULAMASINA İLİŞKİN BİR ÖRNEK

Tolga GÖK¹, Özge GÖK²

¹ Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, ORCID ID: 0000-0001-7612-7348

² Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, ORCID-ID:0000-0002-0095-8206

İçinde bulunduğumuz bilgi ve dijital çağ, toplumların hızlı değişim ve dönüşüm süreçlerine tanıklık ettiği bir dönem olarak nitelendirilmektedir. Toplumların bilim, eğitim, ekonomi, iletişim, sağlık, sanat ve benzeri alanlarda sürdürülebilir gelişim ve rekabet gücü elde edebilmeleri, bilimsel ve teknolojik yeniliklere uyum sağlama becerileriyle doğrudan ilişkilidir (Brown, 2015; Kwon, 2017). Bu bağlamda, toplumsal refahın artırılması, rekabetçi bir ekonomik yapı oluşturulması ve küresel düzeyde söz sahibi olunabilmesi için eğitime, özellikle de fen eğitime verilen önemin artırılması temel bir gereklilik hâline gelmiştir. Bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı gelişmeler, bireylerin yalnızca bilgi tüketicisi değil, aynı zamanda bilgi üreten ve bu bilgiyi problem çözme süreçlerinde etkili biçimde kullanabilen bireyler olarak yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, fen eğitiminin amacını, öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeylerini geliştirmekle birlikte, eleştirel düşünme, yaratıcılık, problem çözme ve yenilikçi düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini kazandırma yönünde genişletmiştir.

21. yüzyıl bireylerinden; analitik düşünme, yaratıcı, problem çözme, iş birliği yapabilme, etkili iletişim kurma, bilgiye erişme ve bilgi üretme gibi üst düzey becerilere sahip olmaları beklenmektedir. Bununla birlikte, bireylerin teknolojiyi etkin biçimde kullanabilen, yeniliklere açık, esnek, uyumlu, girişimci, risk alabilen, sorumluluk bilinci gelişmiş ve takım çalışmasına yatkın olmaları önem arz etmektedir. Ayrıca, empati kurabilen, sosyal ve kültürel yönleri güçlü, özgüven sahibi, öğrendiklerini günlük yaşam problemlerinin çözümünde kullanabilen bireylerin yetiştirilmesi eğitimin temel hedefleri arasında yer almaktadır (Gök, 2024). Bu niteliklerin bireylerde geliştirilmesi ise ancak etkili, yenilikçi ve nitelikli öğretim süreçleriyle mümkündür.

Günümüzde bireylere nitelikli bir eğitim sunabilmek için geleneksel öğretim yöntemlerinin ötesine geçilerek çağdaş eğitim anlayışına uygun yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, akran öğrenmesi, araştırma ve sorgulamaya dayalı öğrenme, probleme dayalı öğrenme ve proje tabanlı öğrenme gibi öğrenci merkezli yaklaşımların öğretim süreçlerine entegre edilmesi önerilmektedir (Bodner & Elmas, 2020). Son yıllarda bu yaklaşımlara ek olarak, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını bütüncül bir biçimde bir araya getiren STEM eğitimi yaklaşımı da giderek artan bir önem kazanmaktadır.

STEM, fen (Science), teknoloji (Technology), mühendislik (Engineering) ve matematik (Mathematics) disiplinlerini bütünleştirerek bireylerin gündelik yaşamda karşılaştıkları problemlere yenilikçi çözümler üretebilmelerini amaçlayan bir eğitim yaklaşımıdır. Bu model, problemlere yönelik farklı stratejiler geliştirmeyi, bilgi ve kanıta dayalı en uygun çözüm yollarını belirlemeyi ve mühendislik tasarım sürecini etkin biçimde kullanmayı teşvik eder. STEM eğitimi, öğrencilere disiplinlerarası problem çözme becerisi kazandırarak değişen dünya koşullarına uyum sağlamalarına katkı sunar. Ayrıca bireylerin çözüm üretme yetkinliğini geliştirir, öğrenme sürecini sistematik bir biçimde yapılandırır, hatalardan öğrenmeyi destekler ve takım çalışmasını teşvik eder. Bu yönüyle STEM, yalnızca ürün odaklı değil; süreç, beceri ve düşünme odaklı bir öğretim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır.

STEM eğitimi kapsamında eleştirel düşünme, girişimcilik, etkili iletişim, karar verme, liderlik, takım çalışması, problem çözme ve sorumluluk alma gibi 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması hedeflenmektedir (Bybee, 2010; Sanders, 2009). Bu bağlamda yapılan araştırmalar, STEM eğitiminin öğrencilerin tutum, motivasyon, ilgi, akademik başarı, bilimsel süreç becerileri, robotik ve kodlama yeterlikleri ile yaratıcılık düzeyleri üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir (Awad & Barak, 2018; Gök, 2022; Lloyd et al., 2018).

STEM eğitimi, farklı öğretim yöntem ve yaklaşımlarıyla zenginleştirilmektedir. Özellikle proje tabanlı öğrenme (Samsudin, Jamali, Zain & Ebrahim, 2020) ve probleme dayalı öğrenme (Husin et al., 2016) gibi yöntemler, STEM uygulamalarının etkililiğini artıran güçlü araçlar olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda ise STEM eğitiminin mühendislik tasarım süreciyle bütünleştirilmesine yönelik çalışmaların artması dikkat çekmektedir. Bu bütünleştirme, öğrencilerin yalnızca bilgi tüketen değil, aynı zamanda bilgi üreten, sorgulayan ve tasarlayan bireyler olarak yetiştirmelerine olanak sağlamaktadır.

Mühendislik Tasarım Süreci

Bireyler, karşılaştıkları problemlerin üstesinden gelebilmek ve bu problemlere etkili çözümler geliştirebilmek için mühendislik tasarım süreçlerine ihtiyaç duymaktadır (Winarno et al., 2020). Mühendislik tasarımı, bir mühendislik problemine yönelik farklı çözüm yolları geliştirmeyi, bu çözümler arasından en uygun olanını belirlemeyi ve işlevsel bir ürün ortaya koymayı içeren dinamik bir süreçtir (Elmas & Adıgüzel Ulutaş, 2022; Guzey, Moore & Harwell, 2016).

STEM eğitiminin temel amacı, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştirerek öğrencilerin bu alanlardaki bilgi, beceri ve tutumlarını geliştirmektir. Bu entegrasyonun sağlanmasında en etkili yollardan biri, fen bilimleri, matematik ve teknoloji kavramlarını gerçek yaşam bağlamlarıyla ilişkilendiren mühendislik temelli öğrenme deneyimlerinin kullanılmasıdır. Fen bilimleri derslerinde mühendislik tasarım sürecinin uygulanması, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları problemlere sınıf ortamında alternatif çözümler üretmelerine olanak tanır. Bu süreçte öğrenciler, tek bir doğru cevabın olmadığı, bir problemin birden fazla çözüm yoluna sahip olabileceği anlayışını geliştirirler. Mühendislik Tasarım Temelli Fen Öğretimi (MTTFÖ), öğrencilerin bilimsel araştırma ve mühendislik tasarım süreçlerini kullanarak günlük yaşam problemlerine çözüm üretmelerini, bu çözümler arasından en uygun olanını seçmelerini ve STEM disiplinlerini bütünleştirerek aktif rol üstlenmelerini sağlayan bir öğretim yaklaşımıdır (Daugherty, 2012; Wendell, 2008).

Mühendislik tasarım süreci, öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini mevcut bilgileriyle ilişkilendirerek ve süreç içinde yeni bilgiler edinerek çözmelerini hedefler. Öğrenciler bu süreçte, öğretmenlerinin rehberliğinde problem analizinden çözüm geliştirmeye kadar birçok aşamayı deneyimler ve ortaya somut bir ürün koyma fırsatı bulurlar. Böylece yalnızca ürün tasarlamakla kalmaz, alternatif çözümler geliştirerek problem çözme becerilerini de geliştirirler. Süreci içselleştiren öğrenciler, karşılaştıkları beklenmedik durumlara uyum sağlama, yeni stratejiler geliştirme ve yaratıcı çözüm önerileri sunma konusunda yetkinlik kazanır. Mühendislik tasarım süreci genellikle problemi tanımlama, planlama, test etme, karar verme ve ürün geliştirme aşamalarından oluşan döngüsel bir yapıya sahiptir (Alemdar et al., 2018).

Yapılan araştırmalar, mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin fen ve matematik başarılarını artırdığını; problem çözme becerilerini, motivasyonlarını, özyeterlilik algılarını, bilimsel yaratıcılıklarını ve kariyer farkındalıklarını geliştirdiğini göstermektedir (Gale et al., 2018; Lie, Guzey & Moore, 2019; Mangold & Robinson, 2013; Shahali et al., 2016). Genel olarak, mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin; a) öğrencilerin ve öğretmenlerin mühendislik temel süreç becerilerini geliştirmede, b) eleştirel ve analitik düşünme yeteneklerini kazandırmada, c) problem çözme ve alternatif çözüm üretme becerilerini artırmada, ve d) STEM alanlarına yönelik farkındalık oluşturmada önemli katkılar sağladığı söylenebilir.

Mühendislik Tasarım Süreç Basamakları

Mühendislik tasarım süreci, bireylerin eğitim düzeylerine göre farklı biçimlerde tanımlansa da genel olarak benzer aşamaları içermektedir (Cunningham & Hester, 2007; Fan & Yu, 2016; Hynes ve diğerleri, 2011; Moore ve diğerleri, 2014; Wendell & Rogers, 2013). Mühendislik tasarım sürecinde sıklıkla tercih edilen modellere aşağıda yer verilmiştir. İlköğretim düzeyinde en yaygın olarak kullanılan model, *Engineering is Elementary (EiE)* (2013) projesidir. Cunningham ve Hester (2007) tarafından geliştirilen bu model, çocuklara yönelik basit ve anlaşılır bir mühendislik tasarım süreci olup beş aşamadan oluşmaktadır: Soru sor, hayal et, planla, yarat ve geliştir. Bu aşamalar, öğrencilerin mühendislik düşünme biçimini sistematik hale getirmesini sağlarken aynı zamanda problem çözme ve yaratıcılık becerilerini desteklemektedir.

Wendell ve diğerleri (2010), ilköğretim seviyesine uygun olarak LEGO tabanlı, uygulamalı ve keşif temelli bir mühendislik tasarım döngüsü geliştirmiştir. Bu model, öğrencilerin deneyerek öğrenmelerini ve mühendislik becerilerini geliştirmelerini teşvik eder. Süreç beş aşamadan oluşmaktadır: Problemin tanımlanması ve keşfedilmesi, olası çözümlerin araştırılması ve fikir

üretme, tasarımın prototiplenmesi ve inşa edilmesi, test etme ve iyileştirme, sonuçların sunumu ve değerlendirme. Bu yaklaşım, öğrencilerin problem çözme, yaratıcı düşünme ve iş birliği becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar. Ayrıca LEGO mühendisliği aracılığıyla fen derslerini daha etkileşimli ve eğlenceli hale getirerek öğrenmeyi destekler.

King ve English (2016), ilköğretim seviyesinde “mühendislik düşüncesi” gerektiren yinelemeli tasarım süreci üzerine çalışmalar yürütmüştür. Yinelemeli mühendislik tasarım süreci; problemi tanımlama, fikir üretme, tasarım oluşturma, değerlendirme ve geliştirme aşamalarından oluşmaktadır. Sürecin her aşaması, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve iş birliği becerilerini geliştirmeye yöneliktir. Ayrıca her aşama, önceki aşamalardan elde edilen geri bildirimler doğrultusunda sürekli olarak yeniden düzenlenir; bu yönüyle süreç dinamik ve döngüsel bir yapıya sahiptir.

Hynes ve diğerleri (2011) ise lise seviyesine yönelik olarak mühendislik tasarım sürecini dokuz basamaktan oluşan bir modelle açıklamıştır: Problemi tanımlama, problemi araştırma, olası çözümler geliştirme, en iyi çözümü seçme, prototip oluşturma, çözümü test etme ve değerlendirme, sonuçları iletilme, yeniden tasarlama ve tamamlamadır. Bu basamaklar, öğrencilerin problem çözme yeteneklerini sistematik biçimde geliştirmelerine ve mühendislik süreçlerini etkili biçimde uygulamalarına olanak tanır.

Lise düzeyindeki mühendislik tasarım süreci modelleri, öğretim programları için rehber niteliğinde olup öğrencilerin eleştirel düşünme, iş birliği ve yenilikçi düşünme becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. Wheeler, Whitworth ve Gonczi (2014) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım döngüsü, lise öğrencilerine yönelik altı aşamadan oluşmaktadır: Beyin fırtınası, araştırma, tasarım, oluşturma ve test etme, yeniden tasarım ve değerlendirme. Bunların yanı sıra mühendislik tasarım temelli fen öğretiminde kullanılan diğer modeller arasında Moore ve diğerleri (2014), NASA (2015), Wendell ve diğerleri (2010) ile Wheeler, Whitworth ve Gonczi (2014) tarafından geliştirilen süreçler de yer almaktadır.

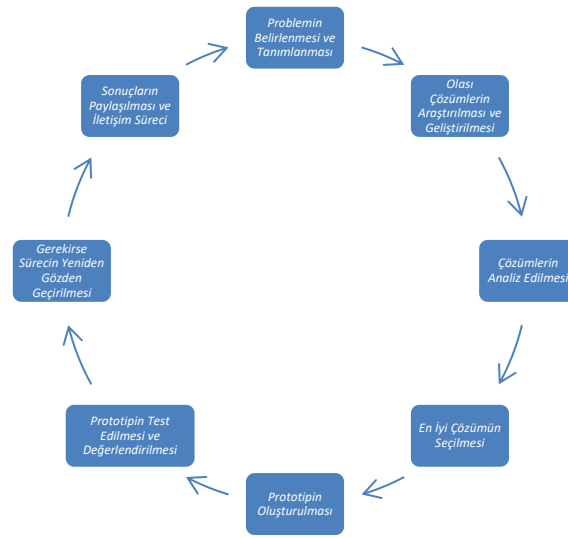
Moore ve diğerleri (2014), nitelikli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesini geliştirerek, anaokulundan lise düzeyine kadar tüm eğitim basamaklarını kapsayan dokuz aşamalı bir yapı önermiştir: Tasarım süreci, bilim, mühendislik ve matematik bilgilerinin uygulanması, mühendislik düşüncesi, mühendis ve mühendislik kavramları, mühendislik araçları, teknikleri ve süreçleri, sorunlar, çözümler ve etkiler, etik, ekip çalışması ve mühendislikle ilgili iletişim. Bu yapı, mühendislik eğitiminin yalnızca teknik yönünü değil, aynı zamanda öğrencilerin profesyonel ve sosyal becerilerini geliştirmeyi de amaçlamaktadır.

Fen Eğitimine Yönelik Geliştirilen Mühendislik Tasarım Süreç Basamakları

Mühendislik tasarım süreçleri, eğitim düzeyleri ve öğrenen özelliklerine bağlı olarak farklı biçimlerde tanımlansa da, temelde benzer aşamalardan oluşan döngüsel bir yapıya sahiptir (Hynes ve diğerleri, 2011; Mangold & Robinson, 2013; Moore ve diğerleri, 2014). Bu bağlamda, tüm eğitim kademelerinde uygulanabilir bütüncül bir modelin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Mühendislik düşüncesi, özünde belirli bir probleme yönelik alternatif çözüm yolları geliştirme, bu çözümleri değerlendirme ve en uygun çözümün seçilmesine dayanan bilişsel ve yaratıcı bir süreçtir. Sürecin her aşamasında öğrencilerin karar verme, eleştirel düşünme ve yaratıcılık becerileri belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, mühendislik tasarımının başlangıç noktası, problemin tanımlanması ve çözüm gerektiren durumun açık biçimde ortaya konulmasıdır.

Problemin çözümüne yönelik öğrenme süreci, probleme dayalı öğrenme yaklaşımı çerçevesinde ele alınabilir. Bu süreçte öğrencilerden; bilgilerini organize etmeleri, mevcut bilgi birikimlerinden yararlanmaları ve çözüm için gerekli yeni bilgileri araştırmaları beklenmektedir. Sürecin sonunda ise öğrenciler, edindikleri bilgileri yapılandırarak mühendislik tasarım sürecinin aşamalarını etkin biçimde kullanır. Böylelikle mühendislik tasarımı, hem bilişsel hem de uygulamalı bir öğrenme döngüsü olarak yapılandırılır.

Mühendislik tasarım süreç döngüsü, Piaget'nin bilişsel gelişim kuramı, Vygotsky'nin sosyokültürel öğrenme yaklaşımı ve Bruner'in keşfederek öğrenme modeliyle de kuramsal olarak temellendirilebilir. Özellikle Vygotsky'nin sosyokültürel kuramı, mühendislik tasarım sürecinde işbirlikli öğrenmenin ve sosyal etkileşimin öğrenmeyi nasıl desteklediğini açıklamaktadır. Öğrenciler, takım çalışması içinde bilgiyi birlikte yapılandırarak hem bilişsel hem de sosyal becerilerini geliştirirler. Bununla birlikte, mühendislik problemlerinin çözümü sürecinde öğrencilerin bilgiyi anlamlandırma, uygulama, analiz etme, sentezleme ve değerlendirme gibi bilişsel süreçleri etkin bir şekilde kullanmaları, Bloom'un revize edilmiş taksonomisiyle de uyumludur. Ancak, mevcut mühendislik tasarım modellerinin çoğu kuramsal temeller açısından sınırlı bir açıklama sunmaktadır. Bu nedenle, gelecekte geliştirilecek modellerin yapılandırmacı öğrenme ilkeleriyle daha güçlü biçimde temellendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, tüm eğitim kademelerine uyarlanabilecek kuramsal bir çerçeve içinde şekilde gösterildiği gibi sekiz basamaktan oluşan bir mühendislik tasarım süreç modeli geliştirilmiştir.



Şekil 1. Geliştirilen Mühendislik Tasarım Süreç Basamakları

1. Problemin Belirlenmesi ve Tanımlanması

Bu aşama, öğrencilerin gündelik yaşamda karşılaştıkları veya çözüm üretmeye ihtiyaç duydukları problemleri fark etmelerini ve tanımlamalarını içerir. Sürecin başlangıcında öğrencilerden, açık uçlu, birden fazla çözümü mümkün kılan, özgün bir problem belirlemeleri beklenir. Bu basamak, öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini harekete geçirerek çözüm odaklı düşüncelerini sağlar. Ayrıca, öğrencilerin belirledikleri probleme duygusal ve bilişsel olarak bağlanmaları, sürece sahiplenme düzeylerini artırır ve öğrenme motivasyonlarını güçlendirir. Bu basamakta dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- ✓ Problemin açık uçlu olması, çoklu çözüm yollarına olanak tanımalıdır.
- ✓ Problem, öğrencilerin farklı bakış açıları geliştirebileceği biçimde yapılandırılmalıdır.
- ✓ Problemin öğrenciler tarafından anlamlı ve çözülmeye değer olarak algılanması, sürece katılımı artırır.

2. Olası Çözümlerin Araştırılması ve Geliştirilmesi

Bu aşamada öğrenciler, belirledikleri probleme yönelik alternatif çözüm yolları geliştirir ve bu çözümleri destekleyen bilgi kaynaklarını araştırır. Süreç boyunca öğrenciler, problemi etkileyen değişkenleri belirleyerek benzer problemlere getirilen önceki çözümleri incelerler. Bu araştırma, öğrencilerin problemi daha derinlemesine anlamalarını ve çözüm sürecini bilinçli biçimde yapılandırmalarını sağlar. Bu basamakta dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- ✓ Kapsamlı literatür ve alan araştırması yapılmalıdır.
- ✓ Alternatif çözüm yolları geliştirilmeli, farklı bakış açıları değerlendirilmelidir.
- ✓ Öğrenciler araştırma sürecinde yeni sınırlılıklar ve fırsatlar keşfedebilir, bu da çözümün niteliğini artırır.

3. Çözümlerin Analiz Edilmesi

Bu aşamada geliştirilen çözüm önerileri grup çalışmaları ve beyin fırtınası yöntemleriyle analiz edilir. Öğrenciler, çözüm alternatiflerinin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirir; problem kriterlerine ve kısıtlamalarına göre en uygun çözümü belirlemeye çalışırlar. Bu süreç, iletişim, işbirliği ve eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini destekler. Bu basamakta dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- ✓ Çözüm çeşitliliği artırılmalı, tek bir seçeneğe erken odaklanılmamalıdır.
- ✓ Grup tartışmaları, etkili iletişim ve dinleme becerilerini geliştirir.
- ✓ Öğrenciler, tercih ettikleri çözümü gerekçelendirmeyi öğrenir.

4. En İyi Çözümün Seçilmesi

Bu aşama, öğrencilerin geliştirdikleri çözüm alternatiflerini değerlendirdikleri ve problem kriterlerine göre en uygun çözümü seçtikleri kritik bir karar verme sürecidir. Bu süreçte öğrenciler, seçtikleri çözümün gerekçesini açık biçimde ifade etmeli, bilimsel ve matematiksel kanıtlarla desteklemelidir. Bu basamakta dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- ✓ Farklı bakış açılarına saygı duyulmalı ve grup kararı demokratik biçimde alınmalıdır.
- ✓ Her çözüm önerisi, problem tanımı ve elde edilen kanıtlar ışığında savunulmalıdır.
- ✓ Öğrenciler, fen ve matematik bilgilerinden yararlanarak rasyonel kararlar vermelidir.

5. Prototipin Oluşturulması

En uygun çözüm belirlendikten sonra, öğrenciler bu çözümü somut bir prototip olarak geliştirir. Prototip; çizim, deney, model veya tasarım gibi çeşitli biçimlerde olabilir. Bu aşamada vurgulanması gereken kritik nokta, prototipin oluşturulmasından önce önceki dört aşamanın yeterince planlanmış ve değerlendirilmiş olmasıdır; zira mühendislik tasarımı yalnızca inşa etmekten ibaret değildir.

Prototip, tasarım sürecinde öğrenciler için somut bir ürün olarak işlev görür. Bu ürün test edilebilir ve tasarım kriterleri ile kısıtlamalar açısından değerlendirilir. Öğrencilerin, prototiplerin başarısız olması durumunda ders çıkarabilmeleri ve iterasyon yoluyla geliştirme fırsatı bulmaları kritik öneme sahiptir. Bu yaklaşım, tasarım sürecinin doğası gereği bir öğrenme döngüsü olduğunu gösterir. Ayrıca, farklı özellikleri temsil eden bir dizi model oluşturmak, çözümün çeşitli yönlerinin gelişimine katkı sağlar ve öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini güçlendirir.

6. Prototipin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Bu aşamada öğrenciler, geliştirdikleri prototipi takım çalışması içinde test eder ve performansını, olası eksikliklerini ve iyileştirme gereksinimlerini değerlendirirler. Değerlendirme süreci, dışsal otoriteden ziyade problemin belirlenen kriter ve kısıtlamalarına dayalı olmalıdır. Bu yaklaşım, öğrencilerin prototipin tamamlanmış bir ürün anlamına gelmediğini ve tasarımın işlevsel bir model olarak sürekli geliştirilmesi gerektiğini anlamalarını sağlar.

Test ve değerlendirme aşaması, öğrencilerin kendi verilerine dayanarak analiz yapmalarına ve tasarımlarını optimize etmelerine olanak tanır. Bu süreç, mühendislik tasarımının yinelemeli doğasının kavranmasını ve öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve işbirliği becerilerini pekiştirmesini destekler.

7. Gerekirse Sürecin Yeniden Gözden Geçirilmesi

Test ve değerlendirme sürecinde tespit edilen eksiklikler doğrultusunda, tasarım süreci önceki aşamalara dönülerek revize edilebilir. Bu yinelemeli süreç, sürekli geri bildirim ve testlerle tasarımın optimize edilmesini sağlar. Yeniden tasarım, öğrencilerin mühendislik düşünme becerilerini geliştirmelerine ve sorun çözme yeteneklerini derinleştirmelerine katkı sunar.

8. Sonuçların Paylaşılması ve İletişim Süreci

Mühendislik tasarım sürecinin tamamlanmasının ardından öğrenciler, geliştirdikleri çözümleri belgeleyip çeşitli platformlarda paylaşarak toplum yararına sunar. Bu aşama, öğrencilerin süreç boyunca öğrendikleri bilgileri pekiştirmeleri ve proje başarılarını kutlamaları için kritik bir fırsat sunar.

Tamamlama aşamasının işlevi:

- ✓ Öğrenciler, proje sürecini belgeleyerek hem yazılı hem de sözlü olarak çözüm önerilerini iletir.
- ✓ Bu süreç, öğrencilerin bilgiyi organize etme, çözüm önerilerini net ve anlaşılır biçimde sunma becerilerini geliştirir.
- ✓ Mühendislik pratiğinde bu aşama genellikle ürünlerin üretimi veya süreçlerin uygulanmasına yol açar. Eğitim ortamında ise öğrenci projeleri genellikle sergilenir veya yarışmalara sunulur; bu da öğrencilerin tasarımlarının gerçek dünya bağlamında uygulanabilirliğini gözlemlemelerine olanak tanır.

Nihai ürün ve değerlendirme:

- ✓ Nihai ürün, yalnızca testlerden geçme ile değil; öğrencilerin tasarım gereksinimlerini optimize etme ve çözümün etkinliğine dair eleştirel değerlendirme becerilerine dayalı olarak ölçülür.
- ✓ Öğrenciler, tasarımın yeterliliğini, belirlenen kriterleri karşılama düzeyini ve sürecin işlevselliğini analiz ederler.

Sonuç:

Tasarımın tamamlanması, öğrencilerin tüm süreci gözden geçirerek projelerini uygulamaya hazır hâle getirmelerini sağlar.

- ✓ Son aşamada, tasarımın duyurulması ve paylaşılması, öğrencilerin iletişim, sunum ve işbirliği becerilerini geliştirmeleri için eşsiz bir fırsattır.

Fen eğitimine yönelik geliştirilen sekiz basamaklı mühendislik tasarım süreç modeli, öğrencilerin problem çözme, yaratıcı düşünme ve karar verme becerilerini derinlemesine geliştirmelerine olanak tanır ve mühendislik tasarım süreçlerine bütüncül bir yaklaşım sunar.

Fen Eğitimine Yönelik Geliştirilen Mühendislik Tasarım Süreç Basamaklarının Uygulanmasına Yönelik Örnek Bir Uygulama

Mühendislik tasarım süreç basamaklarının ortaokul/lise düzeyinde “elektronik atıkların geri kazanımı” konusuna uygulanmasına ilişkin bir etkinlik örneği aşağıda verilmiştir.

1. Problemin Belirlenmesi ve Tanımlanması

Amaç

Bu basamak, öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları çevresel sorunları fark etmelerini ve bu sorunlara ilişkin mühendislik temelli çözüm arayışlarını başlatmalarını

amaçlamaktadır. Bu aşamada öğrenciler, çevrelerinde giderek artan elektronik atıkların (telefon, bilgisayar, pil, şarj aleti vb.) çevresel etkileri üzerine odaklanır. Bu kapsamda öğrenciler, elektronik atıkların çevre, insan sağlığı ve ekonomi üzerindeki etkilerini sorgulayarak problemi tanımlar ve araştırmaya yönelik sorular geliştirir.

Öğretmenin Rolü

Öğretmen bu basamakta, öğrencilerin merak duygusunu harekete geçiren öğrenme ortamlarını tasarlar; tartışmaları yönlendirir, soruların derinleşmesine rehberlik eder ve öğrencilerin problem durumunu bilimsel temelde tanımlamalarına destek olur. Öğretmen, bu durumu sınıfa taşır ve öğrencilerle birlikte tartışma başlatır. "*Evimizde veya okulumuzda biriken elektronik atıkları güvenli ve sürdürülebilir şekilde nasıl geri kazanabiliriz?*" sorusu üzerinden öğrencilerin düşünceleri teşvik edilir. Bu süreçte öğretmen, konuya ilişkin bir senaryo sunar, öğrencilere eski elektronik parçalar gösterir ve öğrencileri küçük gruplar hâlinde tartışmaya yönlendirir. Öğretmen, öğrencilerin problemle ilgili sorular üretmelerine rehberlik eder ve sorgulama sürecini destekler. Süreç boyunca öğrencilerin problem tanımlama becerileri gözlem formları veya rubrikler aracılığıyla değerlendirilebilir. Öğretmen konuya ilişkin bir senaryo oluşturur.

Okulun teknoloji kulübü, her yıl düzenlenen "Sürdürülebilir Gelecek Proje Yarışması"na katılmak üzere bir proje hazırlamaktadır. Kulüp üyeleri okulun depolarını düzenlerken, bozulmuş bilgisayar kasaları, kırık telefonlar, eski yazıcı kartuşları ve kullanılmayan pillerden oluşan büyük bir yığınla karşılaşır. Öğrenciler arasında "Bunları çöpe atmak doğru mu?" ve "Bu atıklar çevreye zarar vermez mi?" şeklinde bir tartışma başlar. Bu tartışma, öğrencilerin elektronik atıkların doğa, insan sağlığı ve ekonomi üzerindeki etkilerine yönelik meraklarını artırır.

Süreç

Öğrenciler, küçük gruplar hâlinde elektronik atıkların bileşenlerini, geri dönüşüm yöntemlerini ve çevresel etkilerini araştırır. Bu araştırma sonucunda öğrenciler, elektronik atıkların çok boyutlu bir çevre problemi olduğunu fark eder. Öğrenciler tarafından üretilen sorular, problemin kapsamını netleştirir:

- ✓ Elektronik atıklar neden zararlıdır?
- ✓ Bu atıklar nasıl geri dönüştürülmektedir?
- ✓ Elektronik atıkların çevre ve ekonomi üzerindeki etkileri nelerdir?

Bazı öğrenci grupları geri dönüşüm tesislerini incelerken, bazıları atıkların alternatif kullanım alanlarını araştırır. Bir grup ise, okul içinde elektronik atıkların toplanıp dönüştürülebileceği bir sistem kurulması önerisini geliştirir. Bu noktada öğrenciler, elektronik atıkları yalnızca bir çevre sorunu olarak değil, tasarım yoluyla çözülebilecek bir mühendislik problemi olarak yeniden tanımlamış olurlar.

Öğrenme Çıktıları

Bu aşamanın sonunda öğrencilerin:

- ✓ Elektronik atıkları çevresel, ekonomik ve toplumsal boyutlarıyla tanımlamaları,
- ✓ Geri dönüşüm, yeniden kullanım ve sürdürülebilirlik kavramları arasında ilişki kurmaları,
- ✓ Problem çözme sürecine temel oluşturacak nitelikte özgün sorular üretmeleri,
- ✓ Yenilikçi çözüm fikirleri geliştirmeleri (örneğin okul içi e-atık toplama istasyonu, farkındalık kampanyası, dönüştürülmüş ürün prototipi) beklenmektedir.

2. Olası Çözümlerin Araştırılması ve Geliştirilmesi

Amaç

Bu aşamanın temel amacı, öğrencilerin elektronik atıkların (e-atık) geri dönüşüm süreçlerini, çevresel ve ekonomik etkilerini bilimsel veriler ışığında incelemelerini; mevcut geri dönüşüm yöntemlerini analiz ederek yenilikçi, sürdürülebilir çözüm fikirleri geliştirmelerini sağlamaktır. Bu doğrultuda öğrenciler, disiplinler arası düşünme, araştırma ve problem çözme becerilerini kullanarak çevreye duyarlı mühendislik yaklaşımlarını benimserler.

Öğretmenin Rolü

Öğretmen bu aşamada rehber ve kolaylaştırıcı rol üstlenir. Öğrencilerin araştırma süreçlerini yönlendirir, kavramsal doğruluğu gözetir ve bilimsel terminolojinin doğru kullanımını destekler. Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Geri dönüşüm yöntemlerine ilişkin somut örnekler sunar (ör. manyetik ayırma, hidrometalurji, elektroliz vb.).
- ✓ Kimyasal süreçlerin temel prensiplerini açıklar.
- ✓ Öğrencilere güvenilir araştırma kaynakları önerir.
- ✓ Gruplar arası tartışmaları yönlendirir ve her grubun bulgularını sınıf ortamında paylaşmasını sağlar.

Süreç

Bu basamakta öğrenciler, belirlenen problem durumuna yönelik olarak elektronik atıkların geri dönüşümüne ilişkin mevcut bilgi ve uygulamaları araştırır. Gruplar hâlinde yürütülen çalışmalar kapsamında öğrenciler; toplama, ayrıştırma, fiziksel ve kimyasal geri dönüşüm yöntemleri hakkında veri toplar, analiz eder ve elde ettikleri bulgular doğrultusunda çözüm önerileri geliştirirler.

Öğrenciler, araştırma süreçlerinde internet, kütüphane, yerel yönetimlerin geri dönüşüm projeleri, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın ve TÜBİTAK'ın konuya ilişkin hazırladığı raporlar ve diğer güvenilir bilimsel kaynaklardan yararlanır. Ayrıca, "Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisi" sanal turları veya bilgilendirici videolar incelenerek sürecin endüstriyel boyutu da kavranır.

Araştırma Alanları ve Gruplar

Öğrenciler dört grup hâlinde farklı temalar üzerinde çalışır:

1. *Elektronik atıkların çevresel etkileri:* Toprak, su, hava kirliliği ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz sonuçlar.
2. *Geri dönüşüm süreci:* Öğrenciler geri dönüşüm süreçlerini aşağıdaki gibi inceler.
 - ✓ *Toplama ve Ayrıştırma:* Ev, okul ve endüstriyel kaynaklardan toplanan elektronik atıklar türlerine göre sınıflandırılır. Kullanılabilir parçalar (ör. devre kartları, kablolar, şarj kabloları, vb.) ayrıştırılır; zararlı bileşenler güvenli biçimde depolanır.
 - ✓ *Kırma ve Öğütme:* Atıklar özel makinelerde küçük parçalara ayrılarak malzeme bazlı ayırma için hazırlanır.
 - ✓ *Fiziksel Ayırma Yöntemleri:* Manyetik, elektrostatik ve yoğunluk farkına dayalı tekniklerle metaller, plastikler ve cam bileşenler ayrıştırılır.
 - ✓ *Kimyasal Ayırma Yöntemleri:* Hidrometalurji (asit-çözeltileri ile metal ayrıştırma), pirometalurji (yüksek sıcaklıkta metal ayrıştırma) ve elektro-kazanım (elektrolizle saf metal elde etme) yöntemleriyle değerli metallerin (ör. altın, bakır, platin) geri kazanımı sağlanır.

Pillerin kimyasal içerikleri (Li, Ni, Cd) uygun çözeltiler ve nötralizasyon yöntemleriyle ayrıştırılır.

- ✓ *Atık Yönetimi ve Bertaraf:* Geri dönüştürülemeyen zararlı bileşikler çevreye zarar vermeyecek biçimde bertaraf edilir.
- ✓ *Geri Kazanım ve Ekonomik Katkı:* Saflaştırılmış metaller elektronik sanayisinde yeniden kullanılabilir; plastik bileşenler yeni ürünlere dönüştürülerek ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik desteklenir.

Teknik Not: Geri kazanım verimliliği, kullanılan yöntem, atık türüne ve ayırma hassasiyetine bağlıdır. Öğrenciler güvenli deney ortamı sağlanması ön koşuluyla ve/veya öğretmen gözetiminde yukarıda verilen ayırma yöntemleri simülasyon veya model deneyleri ile gerçekleştirilebilir.

- ✓ *Yeniden kullanım fikirleri:* Parça bazlı değerlendirme ve okul içi kullanım potansiyelleri.
- 3. *Ekonomik yön ve sürdürülebilirlik:* Geri kazanımın ülke ekonomisine katkısı ve kaynak tasarrufu.

Her grup elde ettiği bilgileri tablo, kavram haritası veya poster biçiminde düzenleyerek sınıf içinde sunabilir.

Çözüm Fikirlerinin Geliştirilmesi

Araştırma bulgularını temel alan öğrenci grupları, okulun mevcut imkânlarını ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini dikkate alarak kendi çözüm fikirlerini oluşturur. Bu fikirler arasında:

- ✓ *Okulda E-atık toplama istasyon tasarımı* (bilgilendirici panolarla desteklenmiş çok bölmeli kutular)
- ✓ *Atık parçalardan yeni ürün veya prototip geliştirilmesi* (ör. mini rüzgar türbini)
- ✓ *Pil güvenlik kutusu tasarımı* (yalıtlı, uyarı etiketli kutular)
- ✓ *Farkındalık projesi* yürütülmesi (afiş, kısa film, sosyal medya kampanyası gibi) yer almaktadır.

Öğrenme Çıktıları

Bu basamağın sonunda öğrenciler:

- ✓ Elektronik atıkların geri dönüşüm süreçlerini bilimsel temelde açıklayabilir.
- ✓ Sürdürülebilir ve yenilikçi çözüm önerileri geliştirebilir.
- ✓ Geri dönüşümün çevresel, ekonomik ve toplumsal önemini fark eder.
- ✓ Mühendislik temelli düşünme, veri analizi ve karar verme becerileri geliştirir.
- ✓ E-atıkları “çöp” değil, yeniden değerlendirilebilir kaynaklar olarak görür.

3. Çözümlerin Analiz Edilmesi

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin ikinci basamağında geliştirilen çözüm fikirlerinin bilimsel, teknik ve uygulanabilirlik yönlerinden değerlendirilmesini kapsar. Örneğin, analiz süreçleri *verimlilik* açısından yapılacaksa "Hangi yöntemle daha fazla değerli metal geri kazanılır?" sorusuna *enerji tüketimi* açısından yapılacaksa "Pirometalurji yüksek enerji gerektirir; hidrometalurji daha az enerjiyle çalışabilir." ifadesine çevresel etki açısından yapılacaksa "Kimyasal çözeltiler, uygun arıtma yapılmazsa çevreyi kirlitebilir." ifadesine ve *maliyet* açısından yapılacaksa "İşlem ve ekipman maliyeti, uygulanabilirlik açısından önemlidir." ifadesine bir karşılık

verilmelidir. Bu bağlamda ihtiyaç duyulduğu takdirde teknik olarak metal içeriği ve geri kazanım yüzdesi hesaplanabilir. Çevresel ve ekonomik katkılar tahmini de hesaplanabilir.

Bu aşamada amaç, öğrencilerin yalnızca fikir üretmekle kalmayıp bu fikirleri gerçek dünya koşulları, sürdürülebilirlik ilkeleri ve çevresel etkiler bakımından eleştirel biçimde analiz etmelerini sağlamaktır. Böylece öğrenciler, önerilen çözümlerin güçlü ve zayıf yönlerini karşılaştırarak kanıta dayalı karar verme becerisi geliştirirler. Bu kapsamda öğrenciler:

- ✓ Geliştirdikleri çözüm önerilerini önceden belirlenmiş ölçütler doğrultusunda analiz eder,
- ✓ Bilimsel veriler ve gözlemlerle desteklenen karşılaştırmalar yapar,
- ✓ Sürdürülebilirlik, uygulanabilirlik ve eğitsel katkı açısından en uygun çözümü seçmeye yönelik tartışmalar yürütür,
- ✓ Çözümleri uygulanabilirlik, maliyet, çevresel etki, güvenlik ve sürdürülebilirlik açısından analiz eder.

Öğretmenin Rolü

Öğretmen, öğrencilerin analiz sürecinde nesnel ölçütler belirlemelerini, verilerini kanıta dayalı biçimde savunmalarını ve fikirlerini bilimsel gerekçelerle desteklemelerini sağlar. Ayrıca çevresel sürdürülebilirlik, bilimsel doğruluk ve uygulanabilirlik yönlerinden dönüt vererek öğrencilerin eleştirel bakış açılarını derinleştirir.

Süreç

Uygulama süreci üç başlık altında aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1. Değerlendirme Ölçütlerinin Belirlenmesi

Öğretmen rehberliğinde öğrenciler, çözüm fikirlerini analiz edebilmek için ortak değerlendirme ölçütleri oluşturur. Tablo 1'de verilen bu ölçütler, çözümün çevresel, teknik, yenilikçi ve eğitsel yönlerini kapsamaktadır. Bu ölçütler aracılığıyla öğrenciler, fikirleri nicel ve nitel açıdan değerlendirmeyi öğrenir; analiz süreci daha nesnel ve sistematik bir yapıya kavuşur.

Tablo1: Değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi

Ölçüt	Açıklama	Değerlendirme Aralığı
Çevresel Etki	Çözümün doğaya zarar vermeme düzeyi ve çevre bilinci oluşturma kapasitesi	Düşük – Orta – Yüksek
Uygulanabilirlik	Okul koşullarında gerçekleştirilebilirlik, maliyet, malzeme erişimi	Düşük – Orta – Yüksek
Sürdürülebilirlik	Uzun vadeli kullanım ve devamlılık potansiyeli	Düşük – Orta – Yüksek
Yenilikçilik	Çözümün özgünlüğü ve yaratıcı düşünme düzeyi	Düşük – Orta – Yüksek
Eğitsel Katkı	Öğrencilere kazandırdığı bilgi, farkındalık ve beceri düzeyi	Düşük – Orta – Yüksek

2. Alternatif Çözümlerin İncelenmesi

Öğrenciler, ikinci basamakta geliştirdikleri çözüm fikirlerini Tablo 2'de belirtilen ölçütler doğrultusunda değerlendirir. Bu analiz, her çözümün çevresel etkisi, uygulanabilirliği, sürdürülebilirliği, yenilikçiliği ve eğitsel katkısı açısından çok boyutlu olarak ele alınır. Bu analiz süreci, öğrencilerin fikirlerini yalnızca “yaratıcılık” açısından değil, aynı zamanda uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirmelerine olanak tanır.

3. Sonuçların Tartışılması ve Yorumlanması

Her grup, elde ettiği analiz sonuçlarını sınıf ortamında sunar ve grup tartışmaları aracılığıyla fikirler arası karşılaştırma yapar. Bu süreçte öğrenciler, farklı bakış açılarını dinleyerek eleştirel düşünme ve kanıta dayalı savunma becerilerini geliştirir. Tartışmalar sonunda şu çıkarımlar yapılabilir:

- ✓ *E-Atık Toplama ve Geri Dönüşüm İstasyon Tasarımı*, çevresel etki ve sürdürülebilirlik açısından en güçlü ve uygulanabilir çözüm olarak öne çıkmaktadır.
- ✓ *Pil Güvenlik Kutusu Projesi*, teknik açıdan etkili ve tamamlayıcı bir çözüm olup okul düzeyinde yaygınlaştırılabilir niteliktedir.
- ✓ *Atık Parçalardan Yeniden Ürün Tasarımı*, yenilikçi yönüyle değerli olmakla birlikte proje temelli ve dönemsel bir yaklaşım gerektirir.
- ✓ *Farkındalık Kampanyası*, toplumsal bilinci artırma potansiyeliyle diğer uygulamaları destekleyici bir etkinlik olarak önem taşır.

Öğrenme Çıktıları

Bu aşamanın sonunda öğrenciler:

- ✓ Geliştirdikleri çözüm fikirlerini bilimsel ve teknik ölçütler doğrultusunda analiz eder,
- ✓ Kanıta dayalı karar verme ve tartışma becerisi kazanır,
- ✓ Uygulanabilir, çevre dostu ve sürdürülebilir çözümleri ayırt eder,
- ✓ Eleştirel düşünme, değerlendirme ve karar verme yetilerini geliştirir.

Tablo 2: Alternatif çözümlerin incelenmesi

Çözüm Fikri	Çevresel Etki	Uygulanabilirlik	Sürdürülebilirlik	Yenilikçilik	Eğitsel Katkı	Genel Değerlendirme
E-Atık Toplama ve Geri Dönüşüm İstasyonu	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	
	Okul genelinde çevresel farkındalık oluşturur.	Düşük maliyetli, kolay uygulanabilir.	Kalıcı bir sistem oluşturur.	Bilinen ancak işlevsel bir çözüm.	Sorumluluk bilincini geliştirir.	Uygulanabilir ve sürdürülebilir bir çözüm.
Atık Parçalardan Yeniden Ürün Tasarımı	Orta	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	Yenilikçi fakat sürekliliği sınırlı bir çözüm.
	Yeniden kullanım sağlar, atık miktarını azaltır.	Teknik beceri ve ek malzeme gerektirir.	Tek seferlik olabilir.	Yaratıcı düşünmeyi teşvik eder.	Disiplinler arası öğrenmeyi destekler.	
Pil Güvenlik Kutusu Prototipi	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Orta	Teknik olarak uygun ve çevresel açıdan etkili bir çözüm.
	Zararlı maddelerin çevreye karışmasını önler.	Basit malzemelerle uygulanabilir.	Süreklilik için bakım gerektirir.	Teknik düzeyi yeterli, yenilik orta düzeydedir.	Güvenli atık yönetimi bilinci kazandırır.	
Farkındalık Kampanyası (Afis, Video, Sosyal Medya)	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Toplumsal farkındalık açısından güçlü bir çözüm.
	Toplumda farkındalık yaratır.	Düşük maliyetli ve uygulanabilir.	Etkisi kampanya süresine bağlıdır.	İletişim becerilerine dayanır.	Öğrenci katılımını artırır.	

4. En İyi Çözümün Seçilmesi

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin karar verme, seçme ve uygulama boyutunu kapsamaktadır. Bu aşamanın temel amacı, öğrencilerin önceki basamaklarda araştırdıkları, analiz ettikleri ve karşılaştırdıkları çözüm önerilerinden sürdürülebilirlik, uygulanabilirlik ve maliyet ölçütlerine göre en uygun olanını seçmeleri ve bu çözümü işlevsel bir tasarım veya model biçiminde somutlaştırmalarıdır. Böylece süreç, bilimsel düşünme ile yaratıcı tasarımın bütünleştiği bir uygulama evresine dönüşür.

Öğretmenin Rolü

Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Öğrencilere karar verme sürecinde rehberlik eder,
- ✓ Uygulama sürecinde güvenlik, çevre koruma ve sürdürülebilirlik ilkelerinin gözetilmesini sağlar,
- ✓ Yaratıcı fikirlerin desteklenmesi ve işbirliğine dayalı öğrenme ortamının güçlendirilmesi için yönlendirmede bulunur,
- ✓ Eleştirel düşünme, takım çalışması ve sorumluluk paylaşımı konularında öğrencilere rehberlik eder.

Süreç

Uygulama süreci dört başlık altında aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1. Çözümün Seçilmesi

Yapılan analizler sonucunda, “E-Atık Toplama ve Geri Dönüşüm İstasyon Tasarımı” çözümü, aşağıdaki gerekçelerle en uygun alternatif olarak belirlenir:

- ✓ Çevre bilincini ve sürdürülebilirlik farkındalığını doğrudan desteklemektedir,
- ✓ Uygulaması düşük maliyetli olup kolayca temin edilebilen geri dönüştürülebilir malzemelere dayanmaktadır,
- ✓ Okul genelinde sürekli kullanılabilecek, uzun vadeli bir sistem oluşturma potansiyeline sahiptir,
- ✓ Öğrencilerin aktif katılımını ve çevresel sorumluluk duygusunu güçlendirmektedir.

Bu gerekçeler doğrultusunda öğrenciler, seçilen çözümü temel alarak okul ortamında uygulanabilir bir prototip tasarımı gerçekleştirmeye karar verirler.

2. Prototipin Planlanması

Öğrenciler, işbirliği ve görev paylaşımını esas alarak gruplar hâlinde çalışır. Her grup, tasarımın belirli bir yönünden sorumlu olacak şekilde Tablo 3'te gösterildiği gibi organize edilir:

Tablo 3: Grupların sorumluluk alanları

Grup	Sorumluluk Alanı	Üretilcek Çıktı
Grup 1	Tasarım	İstasyonun fiziksel taslağı (kutuların şekli, boyutu, renk kodları)
Grup 2	Malzeme Seçimi	Geri dönüştürülmüş veya yeniden kullanılabilir malzemelerin belirlenmesi (ör. karton, plastik, ahşap)
Grup 3	Bilgilendirme ve Etiketleme	Kutular üzerine açıklayıcı etiketlerin hazırlanması (“Bu bölmeye sadece piller atılır.” vb.)
Grup 4	Tanıtım ve Farkındalık	Okul genelinde farkındalık yaratacak afiş, poster veya kısa tanıtım videosu hazırlanması

3. Prototipin Oluşturulması

Gruplar, geri dönüştürülebilir malzemeler (örneğin karton kutular, plastik kapaklar, ahşap parçalar) kullanarak bir E-Atık Toplama İstasyonu prototipi geliştirirler. Tasarım sürecinde ergonomi, güvenlik ve estetik unsurlar dikkate alınır.

Prototip üç ana bileşenden oluşmaktadır:

- ✓ Pil Kutusu – Yalıtımlı yapı, uyarı etiketi ile donatılmıştır.
- ✓ Elektronik Parça Kutusu – Devre kartı, kablo, çip vb. malzemeler için tasarlanmıştır.
- ✓ Plastik Kasa Kutusu – Telefon kasası veya plastik gövdelerin toplanmasına yöneliktir.

Her bölüm, farklı renkle kodlanmış ve bilgilendirici etiketlerle desteklenmiştir. Prototipin, okulun görünür bir alanında (örneğin giriş holü veya fen laboratuvarı önü) yerleştirilmesi planlanır.

4. Prototipin Sunumu ve Geri Bildirim Süreci

Her grup geliştirdiği tasarımı sınıf ortamında sunar. Sunumlarda şu konular ele alınır:

- ✓ Prototipin işleyiş biçimi ve tasarım özellikleri,
- ✓ Kullanılan malzemelerin türü ve gerekçesi,
- ✓ Çözümün çevresel ve toplumsal katkıları,
- ✓ Olası geliştirme ve iyileştirme önerileri.

Sunumlar sonrasında öğretmen ve öğrenciler, prototipleri eleştirel düşünme ve geri bildirim odaklı bir tartışma süreciyle değerlendirir. Bu değerlendirmeler, öğrencilerin tasarım sürecini yinelemeli (iteratif) bir şekilde geliştirmelerine olanak tanır.

Öğrenme Çıktıları

Bu basamağın sonunda öğrenciler:

- ✓ Analiz sonuçlarına dayalı olarak uygun çözümü seçme becerisi geliştirir,
- ✓ Prototip oluşturma süreci aracılığıyla mühendislik tasarım döngüsünü bütüncül biçimde uygular,
- ✓ Geri dönüştürülebilir materyalleri işlevsel ve estetik biçimde kullanır,
- ✓ Takım çalışması, yaratıcılık, yenilikçi düşünme ve karar verme becerilerini geliştirir,
- ✓ Çevresel sürdürülebilirlik bilincini somut bir ürünle ilişkilendirir.

5. Prototipin Oluşturulması

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin deneysel doğrulama, değerlendirme ve iyileştirme boyutunu kapsamaktadır. Bu aşamanın amacı, geliştirilen prototipin belirlenen tasarım hedefleri, kullanıcı ihtiyaçları ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda işlevsel olup olmadığını belirlemek; güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyarak olası iyileştirmelere yönelik öneriler geliştirmektir. Öğrenciler, önceki aşamada geliştirdikleri *E-Atık Toplama ve Geri Dönüşüm İstasyonu* prototipini belirli kriterler çerçevesinde test eder; elde ettikleri verileri analiz ederek prototipin işlevselliğini, kullanıcı etkileşimini ve çevresel katkısını değerlendirirler. Böylece öğrenciler, mühendislik tasarım döngüsünün kanıta dayalı test etme ve yeniden düzenleme aşamalarını deneyimlemiş olurlar.

Öğretmenin Rolü

Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Öğrencilere sistematik veri toplama ve analiz yöntemleri konusunda rehberlik eder,
- ✓ Ölçütlere dayalı değerlendirme sürecinin nesnel biçimde yürütülmesini sağlar,
- ✓ Öğrencilerin eleştirel düşünme ve geliştirme önerileri oluşturma becerilerini destekler,
- ✓ Test sürecinin, mühendislik tasarım döngüsünün bir parçası olarak yeniden gözden geçirilmesine öncülük eder.

Süreç

Uygulama süreci dört başlık altında aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1. Test Kriterlerinin Belirlenmesi

Öğrenciler, prototipi değerlendirmek için kullanılacak ölçütleri (Tablo 4) önceki analiz bulgularına ve tasarım hedeflerine dayalı olarak belirlerler. Bu ölçütler, test sürecinin nesnel ve sistematik biçimde yürütülmesini sağlar. Bu kriterler, öğrencilerin tasarımın işlevselliğini veriye dayalı biçimde test etmelerine olanak tanır.

Tablo 4: Prototipi değerlendirme ölçütleri

Kriter	Değerlendirme Ölçütü	Beklenen Durum
Dayanıklılık	Malzemenin ağırlık, nem ve darbe karşısındaki direnci	Kutuların formunu koruması
Kullanılabilirlik	Öğrencilerin kutuları doğru kullanma oranı	En az %80 doğru kullanım
Görsel Anlaşılabilirlik	Etiketlerin okunaklılığı, renk kodlarının fark edilebilirliği	Görsel yönergelerin açık ve anlaşılır olması
Erişilebilirlik	Kutuların yaş gruplarına uygun yükseklikte olması	İlkokul öğrencileri için erişilebilir yükseklik
Çevresel Katkı	Toplanan atık miktarı ve çeşitliliği	1 hafta içinde anlamlı fark gözlenmesi

2. Prototipin Uygulamalı Testi

Prototip, okulun belirlenen alanına (örneğin fen laboratuvarı önü) yerleştirilir. Öğrenciler, bir hafta boyunca sistematik gözlemler gerçekleştirir. Bu gözlemler kapsamında:

- ✓ İstasyonu kullanan öğrenci sayısı,

- ✓ Toplanan e-atık türleri ve miktarları,
- ✓ Yanlış kullanım oranı (ör. atığın yanlış kutuya bırakılması),
- ✓ Etiketlerin görünürlük ve dayanıklılık durumu izlenir.

Gözlem sonuçları tablo ve grafiklerle kayıt altına alınır (örneğin: Pil kutusunda bir hafta sonunda 60 adet pil, elektronik devre kutusunda 20 devre parçası, plastik kutusunda 35 telefon kasası birikmiştir.). Bu veriler, prototipin kullanım sıklığı, kullanıcı davranışları ve çevresel etkisinin değerlendirilmesine olanak sağlar.

3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Toplanan veriler öğrenciler tarafından analiz edilerek prototipin etkililiği ve sürdürülebilirliği değerlendirilir. Bulgular doğrultusunda güçlü ve geliştirilmesi gereken yönler belirlenir.

Kuvvetli yönler:

- ✓ Öğrencilerin istasyonu aktif biçimde kullanması,
- ✓ Etiketlerin yönlendirici nitelikte olması,
- ✓ Geri dönüşüm farkındalığının gözle görülür biçimde artması.

Zayıf yönler:

- ✓ Kutuların kapağının açılmasında güçlük yaşanması,
- ✓ Bazı öğrencilerin doğru bölmeyi karıştırmaması,
- ✓ Malzeme dayanıklılığının sınırlı olması.

Bu değerlendirmeler, öğrencilerin kanıta dayalı düşünme, veri yorumlama ve eleştirel analiz becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar.

4. İyileştirme Önerileri

Elde edilen veriler ve geri bildirimler ışığında, prototipin işlevselliğini artırmaya yönelik aşağıdaki iyileştirmeler önerilir:

- ✓ Etiketlerin daha büyük, renkli ve dikkat çekici biçimde yeniden tasarlanması,
- ✓ Kutuların kapak sistemine kolay açılır menteşelerin eklenmesi,
- ✓ Malzemelerin suya ve darbelere karşı dayanıklı hale getirilmesi,
- ✓ İstasyonun çevresine “E-Atık Nedir?” başlıklı bilgilendirici bir pano eklenmesi.

Bu iyileştirmeler, tasarımın hem fiziksel hem de eğitsel açıdan daha etkili hâle gelmesine katkı sağlar.

Öğrenme Çıktıları

Bu basamağın sonunda öğrenciler:

- ✓ Geliştirdikleri prototipin işlevselliğini bilimsel verilere dayalı biçimde değerlendirebilir,
- ✓ Problem çözme sürecinde ölçüt temelli karar verme becerisi kazanır,
- ✓ Eksiklikleri belirleyip çözüm önerileri geliştirme konusunda yetkinlik kazanır,
- ✓ Mühendislik tasarım sürecinin iteratif (yinelenen) doğasını deneyimlemiş olur,

- ✓ Gerçek yaşam problemlerine sürdürülebilir ve geliştirilebilir çözümler üretmenin önemini kavrar.

6. Prototipin Test Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin geri bildirim, değerlendirme ve yeniden yapılandırma boyutunu ifade eder. Öğrenciler, test aşamasında elde ettikleri verileri ve gözlemleri analiz ederek prototipin daha etkili, estetik, işlevsel ve sürdürülebilir hale gelmesi için yeniden tasarım sürecine girerler. Bu aşama, mühendislik tasarım döngüsünün iteratif (yinelenen) doğasının öğrenciler tarafından kavranmasını sağlar. Bu aşamanın temel amacı, test sürecinde belirlenen eksiklikleri gidermek ve prototipin performansını artırmaktır. Öğrenciler, yeniden tasarım sürecinde ürünün kullanıcı dostu, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir yapıya ulaşmasını hedefler. Böylece tasarım, sadece teknik açıdan değil, sosyal ve çevresel etki açısından da geliştirilen bir öğrenme çıktısına dönüşür.

Öğretmenin Rolü

Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Öğrencilere veri temelli geliştirme sürecinde rehberlik eder,
- ✓ Yenilikçi fikirlerin tartışılmasını ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini sağlar,
- ✓ Mühendislik ilkeleriyle estetik ve işlevselliğin birleştirilmesine öncülük eder,
- ✓ Gruplar arasında geri bildirim paylaşımını organize eder ve iş birliğini teşvik eder

Süreç

Uygulama süreci dört başlık altında aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1. Test Verilerinin Yeniden Analizi

Öğrenciler, beşinci aşamada topladıkları gözlem sonuçlarını ve değerlendirme notlarını inceleyerek geliştirilmesi gereken yönleri belirler. Bu adım, öğrencilerin veriye dayalı karar verme ve kanıta dayalı geliştirme becerilerini uygulamalarına olanak tanır.

Örneğin:

- ✓ Etiketlerin okunabilirliği yetersiz bulundaysa, görsel tasarım yeniden düzenlenir.
- ✓ Kutuların kapağı açılırken zorlanılıyorsa, menteşe sistemi geliştirilir.
- ✓ Öğrencilerin atıkları yanlış bölmelere attığı gözlenmişse, yönlendirme sistemi (renk, ikon, açıklama) güçlendirilir.

Bu süreçte öğrenciler, test verilerini sadece değerlendirme aracı olarak değil, yeniden tasarım için rehber veri olarak kullanırlar.

2. Geliştirme Planının Oluşturulması

Öğrenciler, prototipte yapılacak değişiklikleri tasarım defteri, dijital çizim ya da 3D modelleme araçları üzerinden planlar. Her grup, geliştirme sürecine yönelik hedeflerini belirleyerek aşağıdaki sorulara yanıt arar:

- ✓ Hangi özellikler kullanıcı deneyimini artırabilir?
- ✓ Tasarım nasıl daha çevre dostu hale getirilebilir?
- ✓ Kullanılan malzemeler sürdürülebilirlik açısından nasıl geliştirilebilir?

Örnek fikirler:

- ✓ “Kutuların dış yüzeyine güneş enerjili LED aydınlatma eklenirse, geceleri fark edirlilik artar.”
- ✓ “Kullanım talimatlarını QR kodla dijitalleştirirsek bilgiye erişim kolaylaşır.”

Bu aşama, öğrencilerin yenilikçi düşünme ve tasarım odaklı problem çözme becerilerini uygulama fırsatı sunar.

3. Prototipin Yeniden Geliştirilmesi

Bu adımda öğrenciler, planladıkları geliştirmeleri somutlaştırarak ikinci versiyon prototiplerini üretirler. Yeniden geliştirilen tasarımda:

- ✓ Malzeme kalitesi artırılır ve dayanıklılık güçlendirilir.
- ✓ Erişilebilirlik, yaş gruplarına uygun biçimde optimize edilir.
- ✓ Görsel tasarım sadeleştirilir, renk kontrastı artırılır.
- ✓ Gerekğinde 3D modelleme veya basit CAD uygulamalarıyla yeni sürüm tasarlanır.

Örnek iyileştirme:“İlk prototipte mukavva kullanılan gövde, ikinci versiyonda geri dönüştürülmüş plastik tabakalarla güçlendirilmiştir. Etiketler daha büyük puntolarla yeniden yazılmış, renk kodlaması sadeleştirilmiştir.” Bu aşama, öğrencilerin prototipleme ve ürün geliştirme süreçlerini döngüsel biçimde deneyimlemelerini sağlar.

4. Yeni Tasarımın Paylaşımı ve Geri Bildirim

Yeniden geliştirilen prototip, okulda belirlenen alanlarda sergilenir veya sınıf içinde tanıtılır. Öğrenciler, yeni tasarımı öğretmenleri ve akranlarıyla paylaşarak eleştirel geri bildirim toplar. Bu süreç, akran değerlendirmesi ve tasarım temelli tartışma kültürünü destekler. Sunumlarda öğrenciler şu sorulara yanıt verir:

- ✓ Tasarımı neden bu şekilde değiştirdik?
- ✓ Yeni tasarım, önceki versiyona göre hangi yönlerden daha gelişmiştir?
- ✓ Geliştirme sürecinde hangi kriterleri temel aldık?
- ✓ Bir sonraki aşamada neleri daha da iyileştirebiliriz?

Bu değerlendirmeler, öğrencilerin tasarımı dinamik bir öğrenme aracı olarak görmelerine katkı sağlar.

Öğrenme Çıktıları

Bu basamağın sonunda öğrenciler:

- ✓ Tasarımı, elde ettikleri test verileri doğrultusunda bilimsel temellere dayalı biçimde geliştirebilir,
- ✓ Mühendislik tasarım sürecinin iteratif ve döngüsel yapısını kavrar,
- ✓ Ürün geliştirme sürecinde yaratıcılık, eleştirel düşünme, iş birliği ve problem çözme becerilerini güçlendirir,
- ✓ Sürdürülebilir mühendislik tasarımı anlayışını deneyimsel olarak öğrenir.

7. Gerekirse Sürecin Yeniden Gözden Geçirilmesi (Yineleme)

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin iletişim, yansıtma ve toplumsal paylaşım boyutunu kapsamaktadır. Öğrenciler, elektronik atık problemine yönelik geliştirdikleri E-Atık

Toplama ve Geri Dönüşüm İstasyonu tasarım sürecini, elde ettikleri deneysel bulgular, değerlendirme sonuçları ve iyileştirme aşamalarını sistematik bir biçimde sunarlar. Bu aşamanın temel amacı, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde edindikleri bilgi, beceri ve deneyimleri paylaşarak;

- ✓ Tasarım ürününün çevresel, ekonomik ve toplumsal katkılarını açıklamaları,
- ✓ Sürecin bilimsel ve teknik yönlerini etkili biçimde sunmaları,
- ✓ Öğrenme ürünlerini toplumsal bağlama taşıyarak mühendislik sürecinin topluma değer katan bir çıktıya dönüşmesini sağlamalarıdır.

Bu süreç, öğrencilerin bilimsel iletişim, kanıta dayalı savunma (argümantasyon) ve toplumsal farkındalık oluşturma becerilerini desteklemektedir.

Öğretmenin Rolü

Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Öğrencilere bilimsel raporlama ve sunum ilkelerini öğretir.
- ✓ Kanıta dayalı argümantasyonun etkili biçimde kullanılmasını teşvik eder.
- ✓ Akran değerlendirmesi sürecini organize eder ve yapıcı geri bildirim kültürünü destekler.
- ✓ Öğrencilerin toplumsal sorumluluk bilinciyle tasarımlarını sahiplenmelerine rehberlik eder.

Süreç

Bu süreç dört ana başlık altında özetlenebilir.

1. Sunumların Hazırlanması

Her grup, mühendislik tasarım sürecinin tüm basamaklarını yansıtan bir bilimsel sunum dosyası, poster, rapor veya dijital sunum hazırlar. Sunumlar; fotoğraflar, tablo ve grafikler, kısa videolar veya 3D modellemeler gibi görsel materyallerle desteklenir. Sunumun içeriği, aşağıdaki başlıklara dayalı olarak yapılandırılır:

- ✓ **Problem Tanımı:** Elektronik atık sorununun çevresel ve toplumsal boyutları.
- ✓ **Araştırma ve Çözüm Önerileri:** Elektronik atık yönetimine ilişkin literatür, gözlem ve saha verileri.
- ✓ **Tasarım Süreci:** Kullanılan malzemeler, prototip oluşturma süreci, karşılaşılan güçlükler ve çözüm yolları.
- ✓ **Prototip Test Sonuçları:** Deneysel gözlemler, kullanıcı geri bildirimleri, nicel ve nitel veriler.
- ✓ **İyileştirmeler:** Test sonuçlarına dayalı yeniden tasarım süreci, yapılan yenilikler ve performans artışları.
- ✓ **Sonuç ve Öneriler:** Tasarımın çevresel farkındalığa, sürdürülebilirliğe ve okul ekosistemine katkıları.

2. Sınıf İçi ve Okul Geneline Paylaşım

Gruplar hazırladıkları sunumları sınıf ortamında paylaşır; ardından çalışmalar okul panosu, çevre kulübü etkinlikleri veya topluluk toplantıları aracılığıyla daha geniş bir kitleye tanıtılır. Gerekliğinde, yerel yönetim veya sivil toplum kuruluşları davet edilerek öğrencilerin tasarımları hakkında geri bildirim alınır. Bu etkinlikler, öğrencilerin ürünlerini toplumsal

bağlamda değerlendirmelerine ve mühendislik tasarım sürecinin kamusal bir anlam kazanmasına olanak tanır.

3. Akran Değerlendirmesi ve Geri Bildirim

Sunumların ardından öğrenciler birbirlerinin projelerini önceden belirlenmiş ölçütler doğrultusunda değerlendirirler. Değerlendirme ölçütleri arasında şunlar yer alır:

- ✓ Bilimsel açıklamaların doğruluk ve tutarlılığı,
- ✓ Tasarım sürecinin bütünlüğü ve mantıksal akışı,
- ✓ Görsel anlatımın açıklığı ve etkililiği,
- ✓ Çözümün yenilikçi, uygulanabilir ve sürdürülebilir oluşu,
- ✓ Sunumun iletişim gücü ve ikna ediciliği.

Bu değerlendirmeler, öğrencilerin hem kendi öğrenme süreçlerini hem de akranlarının tasarım süreçlerini yansıtıcı biçimde analiz etmelerine olanak sağlar.

4. Toplumsal Katkı ve Farkındalık Boyutu

Bu aşama yalnızca bir sunum etkinliği değil, aynı zamanda bir çevresel farkındalık ve toplumsal etki çalışmasıdır. Öğrenciler, sunum sürecinde elektronik atıkların çevreye verdiği zararları, geri dönüşümün önemini ve bireysel sorumlulukların toplumsal düzeydeki etkilerini paylaşır. Bu sayede mühendislik tasarım süreci, bilimsel bilgi ile toplumsal sorumluluk bilincinin birleştiği bir öğrenme deneyimine dönüşür.

8. Sonuçların Paylaşılması ve İletişim Süreci

Amaç

Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin meta-bilişsel (üstbilişsel) ve değerlendirme boyutunu kapsamaktadır. Öğrenciler, yürüttükleri tasarım sürecini bütüncül bir bakış açısıyla ele alarak hem kendi öğrenme süreçlerini hem de ortaya koydukları ürünü değerlendirirler. Böylece mühendislik tasarım döngüsünün yalnızca teknik değil, aynı zamanda düşünsel ve öğrenmeye yönelik bir süreç olduğu fark edilir. Öğrencilerin, yürüttükleri tasarım sürecine eleştirel bir gözle bakarak güçlü ve gelişime açık yönlerini belirlemeleri; öğrenme deneyimlerini, iş birliği süreçlerini ve ürün performansını üstbilişsel bir farkındalıkla değerlendirmeleridir. Bu sayede öğrenciler, mühendislik düşünme biçiminin *yenilenen, sorgulayan ve öz değerlendirmeye dayalı* doğasını içselleştirirler.

Öğretmenin Rolü

Bu aşamada öğretmenlerin rolü maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Öğrencilerin yansıtma süreçlerini yapılandırır ve derinleştirir.
- ✓ Bireysel ve grup değerlendirmelerini organize eder, sistematik öz değerlendirme araçları (rubrik, kontrol listesi, yansıtma formu) sunar.
- ✓ Öğrencilerin öğrenme sürecini yalnızca “sonuç” değil, bir *öğrenme yolculuğu* olarak algılamalarına rehberlik eder.
- ✓ Eleştirel düşünme, öz düzenleme ve sorumluluk alma becerilerini destekler.

Süreç

Bu süreç beş ana başlık altında özetlenebilir.

1. Bireysel Yansıtma

Her öğrenci, tasarım sürecindeki rolünü, katkılarını ve karşılaştığı zorlukları bireysel yansıtma formu aracılığıyla değerlendirir. Bu formlar, öğrencilerin kendi öğrenme stratejilerini fark etmelerini ve gelecekteki projelere yönelik öz farkındalık geliştirmelerini sağlar. Örneğin:

- ✓ “Tasarım sürecinde en çok hangi aşamada zorlandım ve neden?”
- ✓ “Bir sonraki projede farklı yapmayı planladığım şey ne olurdu?”
- ✓ İleri seviye öğrenciler için küçük ölçekli hidrometalurji deneyi yapılabilir: Örneğin bakır veya çinko çözeltilerinden laboratuvar ölçeğinde metal geri kazanımı (tamamen güvenli ve öğretmen gözetiminde).

2. Grup Sürecinin Değerlendirilmesi

Takımlar, ortak bir tartışma yürüterek grup içi etkileşim, görev paylaşımı, iletişim ve iş birliği düzeylerini değerlendirir. Bu değerlendirme, öğrencilerin takım çalışmasında demokratik karar alma, empati ve sorumluluk paylaşımı gibi sosyal becerilerini fark etmelerine yardımcı olur. Elde edilen sonuçlar tabloya veya yansıtma raporuna dönüştürülür.

3. Ürün Değerlendirmesi

Prototipin çevresel, ekonomik ve işlevsel etkileri yeniden incelenir. Öğrenciler, geliştirdikleri ürünün sürdürülebilirlik açısından güçlü ve zayıf yönlerini tartışır. Değerlendirme ölçütleri şunlardır: a) Kullanılabilirlik, b) Dayanıklılık, c) Çevresel fayda, d) Yenilikçilik ve e) Ekonomik uygulanabilirliktir. Her grup, ürününün hangi kriterlerde başarılı olduğunu, hangilerinde geliştirmeye açık olduğunu belirleyerek kanıta dayalı bir değerlendirme yapar.

4. Öğretmen Değerlendirmesi ve Geri Bildirim

Öğretmen, süreci süreç odaklı ve ürün odaklı olmak üzere iki boyutta değerlendirir:

- ✓ *Süreç değerlendirme:* Öğrencilerin problem çözme, araştırma, analiz, takım çalışması ve eleştirel düşünme becerilerini analiz eder.
- ✓ *Ürün değerlendirme:* Prototipin işlevselliği, estetik değeri, çevresel etkisi ve sürdürülebilirlik düzeyi dikkate alınır.

Ayrıca öğretmen, öğrencilere hem bireysel hem grup düzeyinde yapıcı geri bildirimler sağlayarak öğrenme sürecinin sürekli gelişimine rehberlik eder.

5. Genel Yansıtma ve Gelecek Önerileri

Sürecin sonunda sınıf genelinde yürütülen tartışmada şu tür sorular ele alınır:

- ✓ “Bu projeyi okul genelinde nasıl sürdürebiliriz?”
- ✓ “Toplumda elektronik atık farkındalığını artırmak için neler yapılabilir?”
- ✓ “Bu deneyim bize mühendislik düşünme biçimi hakkında ne öğretti?”

Bu tartışma, öğrencilerin projeyi yaşayan bir öğrenme döngüsü olarak görmelerini ve öğrendiklerini okulun ötesine taşımalarını sağlar.

Öğrenme Çıktıları

Bu basamağın sonunda öğrenciler:

- ✓ Mühendislik tasarım sürecini bütüncül biçimde planlayıp sunabilir,
- ✓ Öğrenciler geri kazanım verimliliği, maliyet ve çevresel katkı hakkında rapor yazabilir,

- ✓ Mühendislik tasarım sürecini bilimsel ve üstbilişsel bir bakış açısıyla değerlendirebilir.
- ✓ Kendi öğrenme süreçlerine yönelik farkındalık geliştirir.
- ✓ Bilimsel iletişim ve savunma becerilerini geliştirir,
- ✓ Takım çalışması, problem çözme ve yaratıcılık becerilerini güçlü ve zayıf yönleriyle analiz edebilir.
- ✓ Gerçek yaşam problemlerine yönelik çözüm üretirken etik ve çevresel sorumluluk bilinci kazanır.
- ✓ Öğrenme sürecini yalnızca ürünle değil, düşünme biçimleriyle ilişkilendirir.
- ✓ Sürdürülebilir kalkınma, geri dönüşüm kültürü ve çevresel sorumluluk kavramlarını içselleştirir.

Bu aşama, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini yalnızca bir sınıf etkinliği olarak değil, topluma katkı sağlayan bir öğrenme ve farkındalık süreci olarak görmelerini sağlar. Bu aşama, mühendislik tasarım sürecinin yalnızca bir ürün geliştirme süreci değil; aynı zamanda düşünme, sorgulama, öğrenme ve öz değerlendirme süreci olduğunu ortaya koyar. Öğrenciler, “Elektronik Atıkların Geri Kazanımı” teması üzerinden hem çevreye duyarlılık kazanır hem de bilimsel düşünmenin sürekli iyileştirme ve yeniden yapılandırma gerektiren doğasını deneyimler. Sunum ve paylaşım süreçleri aracılığıyla öğrenciler, bilimsel düşünme ile toplumsal sorumluluk arasında anlamlı bir köprü kurar; böylece mühendislik tasarımı, hem bireysel öğrenmeyi hem de toplumsal dönüşümü destekleyen bir araç haline gelir. Böylece süreç, öğrencilerin mühendislik düşünme becerilerini, bilimsel farkındalıklarını ve sürdürülebilir yaşam anlayışlarını kalıcı biçimde güçlendiren bütüncül bir öğrenme deneyimine dönüşür.

Bu uygulama, ortaokul/lise düzeyinde mühendislik tasarım temelli bir öğrenme süreci olarak öğrencilerin problem çözme, araştırma, yaratıcılık ve çevresel farkındalık becerilerini geliştirebilir.

Kaynaklar

- Alemдар, M., Moore, R. A., Lingle, J. A., Rosen, J., Gale, J., & Usselman, M. C. (2018). The impact of a middle school engineering course on students' academic achievement and non-cognitive skills. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 6(4), 363-380.
- Awad, N., & Barak, M. (2018). Pre-service science teachers learn a science, technology, engineering and mathematics (STEM)-oriented program: The case of sound, waves and communication systems. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1431-1451.
- Bodner, G., & Elmas, R. (2020). The impact of inquiry-based, group-work approaches to instruction on both students and their peer leaders. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 51-66.
- Brown, A. (2015). 3D Printing in instructional settings: Identifying a curricular hierarchy of activities. *Tech Trends*, 59(5), 16-24.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Cunningham, C. M. & Hester, K. (2007, March). *Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children*. Paper presented at American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, HI.
- Daugherty, J. L. (2012). *Infusing engineering concepts: Teaching engineering design*. National Center for Engineering and Technology Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537384.pdf> (11 Kasım 2025) adresinden erişilmiştir.
- Elmas, R., & Adıgüzel Ulutaş, M. (2022). *STEM eğitimi yaklaşımı*. M. Akarsu, N. Okur Akçay & R. Elmas (Eds.), *STEM eğitimi yaklaşımı içinde* (s. 1-14). Ankara: Pegem.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2015). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107-129.
- Gale, J., Koval, J. Ryan, M., Usselman, M., & Wind, S. (2018). Implementing NGSS engineering disciplinary core ideas in middle school science classrooms: Results from the field. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(1), 11-29.
- Gok, T. (2024). An investigation of science and mathematics teachers' thoughts on STEM education. *MIER Journal of Educational Studies, Trends and Practices*, 14(1), 1-20.
- Gok, T. (2022). Evaluation of STEM education for middle school teachers. *International Journal of Technology in Education and Science* 6(4), 543-558.
- Guzey, S. S., Moore, T. J. & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based stem integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 11-29.
- Husin, W., Fadzilah, W., Arsad, M., Oziah, O., Lilia, H., Sattar, R., Kamisah, O., & Zanaton, I. (2016). Fostering students' 21st century skills through project-oriented problem-based learning (POPBL) in integrated STEM education program. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 17(1), 1-18.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. National Center

- for Engineering and Technology Education.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf> (11 Kasım 2025) adresinden erişilmiştir.
- King, D., & English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying STEM concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762-2794. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567>
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D printing and design software on students' overall performance. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(4), 37-42.
- Lie, R., Aranda, M. L., Guzey, S. S., & Moore, T. J. (2021). Students' views of design in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, 51, 663-683.
- Lloyd, A., Gore, J., Holmes, K., Smith, M., & Fray, L. (2018). Parental influences on those seeking a career in STEM: The primacy of gender. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 10(2), 308-328.
- Mangold, J., & Robinson, S. (2013). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. <https://escholarship.org/uc/item/8390918m> (11 Kasım 2025) adresinden erişilmiştir.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre College Engineering Education Research*, 4(1), 1-13.
- National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2015). *Let it glide: Engineering Design Challenge Facilitation Guide*. edc-02-let-it-glide-facilitation-guide-glenn-edc-508 (11 Kasım 2025) adresinden erişilmiştir.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ale Ebrahim, N. (2020). The Effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy among High-School Physics Students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94-108.
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2016). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211.
- Wendell, K. B. (2008). *The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children*. Qualifying Paper, Tufts University.
- Wendell, K. B., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540.
- Wheeler, L., Whitworth, B. & Gonczi, A. (2014). Engineering design challenge. *The Science Teacher*, 81(9), 30-36.
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 1345-1360.

BÖLÜM 3

STEM YAKLAŞIMINA DAYALI ÖĞRETİM TASARIMININ ÖĞRENCİLERDE AKADEMİK BAŞARI, STEM TUTUM, STEM KARİYER-İLGİ AÇISINDAN İNCELENMESİ¹

Aysel DALLI², Yeter ŞİMŞEKLİ³

¹ Bu makale, Aysel Dalli'nın Yeter Şimşekli danışmanlığında yürüttüğü "Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları Konusunda STEM Yaklaşımına Dayalı Öğretim Tasarımı" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Fen Bilgisi Öğretmeni, MEB. ORCID ID: 0009-0001-1371-4016.

³ Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi. ORCID ID: 0000-0003-3276-2475.

1.Giriş

21. yüzyılda yaşanan gelişmeler eğitim alanında çeşitli yeniliklerin eğitime yansıtılması ihtiyacını doğurmuştur. Bilim alanının ve teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi, bireye özgü olan özelliklerin öne çıkmasını ve bununla birlikte yaratıcılık, eleştirel, analitik düşünme, araştırma, sorgulama, karar verebilme, problem çözme ve işbirlikli çalışma şeklinde ele alınan becerilere 21. yüzyılda sahip bireyler olmasını gerekli kılmaktadır (Aydın, Saka ve Guzey, 2017). Son yıllarda Türk eğitim sistemi incelendiğinde 21. yüzyıl becerilerine sahip yaklaşımların da artık öğretim programlarına dahil edildiği görülmektedir. 21. yüzyıl becerilerinde iyi bir vatandaş olmak yerine etkin vatandaş vurgusu vardır ki teknoloji içeren araç - gereçleri kullanabilen ve teknoloji okuryazarlığı olan vatandaşlar bu becerileri eğitim yoluyla edinecekleri için 21. yy becerilerinin eğitim programlarında yer alması gerektiği vurgulanabilir (Anagün, Atalay, Kılıç ve Yaşar, 2016).

STEM, 21. yüzyıl becerilerini konu içeriği ile geliştirmede bir köprü görevi görmektedir (*Successful K-12 STEM Education*, 2011). Son yıllarda fen bilimleri eğitiminde, çağın gereksinimlerine uygun olduğu için STEM eğitimi dünya genelinde uygulanmaktadır.

STEM yaklaşımı doksanlı yılların sonlarına doğru eğitim alanında yapılan değişime yönelik çalışmaların sonucu olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde anılmaya başlanmış ve sonrasında STEM yaklaşımı kısa zamanda Avrupa ülkeleri, Kore, Japonya, Çin ve Tayvan gibi gelişmiş ekonomilere sahip Asya ülkelerinin ilgisini çekerek bu ülkelerin eğitim sistemlerinde ve devlet politikalarında yerini almaya başlamıştır (Blackley & Howell, 2015).

Türkiye'de FeTeMM olarak da ifade edilen STEM özellikle fen öğretiminde yeni bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir(Eroğlu & Bektaş, 2016). STEM, disiplinlerin bir araya gelmesini ve etkili öğrenmeyi sağlayan doğadaki bilginin günlük hayatta kullanılmasını gerektiren, askeri, ekonomik ve üst düzey düşünmeyi de içine alan bir ifadedir(Yıldırım & Altun, 2015).

Son yıllarda fen bilimleri eğitiminde, çağın gereksinimlerine uygun olduğu için STEM eğitimi dünya genelinde uygulanmakta olduğu gibi Türkiye'de de bir çok araştırmacının üzerinde çalışmalar yaptığı bir alan olduğu söylenebilir (Balçın, Çavuş ve Topaloğlu, 2018; Özcan ve Koca, 2019; Ceylan, 2014; Yıldırım ve Altun, 2015; Çevik ve Abdioğlu, 2018; Yıldırım, 2018; Yıldırım, 2019; Çalışıcı, 2018).

TÜSİAD'ın, "2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi" adıyla yayınladığı raporunda STEM becerilerine sahip işgücüne olan ihtiyacın artacak olmasından dolayı Türkiye'de STEM alanlarının desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır (TÜSİAD, 2017). Eğitim durağan değil dönemin şartlarına göre şekillenen dinamik bir yapıya sahip olmalıdır. Türkiye'de de fen eğitimi alanında çağın gereksinimlerini yakalamak ve gelecek nesillerin çağı yakalayabilmesi için öğretim programlarında düzenlemeler yapılmaktadır. Son yıllarda yapılan "Fen Bilimleri Öğretim Programı'nda" (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018) ve bilim uygulamaları seçmeli ders öğretim programındaki değişiklikler STEM yaklaşımının dikkate alındığını göstermektedir(Çolakoğlu & Gökben, 2017).

Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2018 yılında 5-8. sınıflar için yayınladığı bilim uygulamaları seçmeli dersi öğretim programı içerisinde STEM eğitiminin bütünsel yapısına yer verdiği görülmektedir. Fen bilimleri ve bilim uygulamaları ortak temel becerileri, bilimin doğası ve bilimsel süreç becerileri, yaşam becerileri, mühendislik ve tasarım becerileridir (MEB, 2018). Bu beceri alanları STEM yaklaşımının kazanımlarındandır. Böylece fen bilimleri dersinde STEM alanlarına yatkın ya da STEM alanlarına ilgili olan öğrenciler seçmeli ders içeriğinde bu süreçleri daha detaylı öğrenebilme olanağına sahip olacaklardır.

Türkiye’de “Fen Bilimleri Öğretim Programı’nın” (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018) hedefleriyle paralellik gösteren STEM öğretim yaklaşımı öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirecek bir yöntemdir. STEM sayesinde eğitimciler, derslerinde 21. Yüzyıl becerilerine odaklanır ve öğrencilerin temel konularda, yenilikçilik, teknoloji okuryazarlığı, yaşam ve kariyer becerileri konularında ustalaşmaları için mükemmel fırsatlar sağlar (Jones, 2014). STEM eğitimi ile temel becerileri yaşamın içinde keşfeden öğrenciler hem hayata hem de mesleki yaşamları için gerekli ayrıma erken yaşta kavuşmaktadırlar (Eroğlu & Bektaş, 2016). Bu yönüyle STEM eğitimi öğrencinin ilgi duyduğu alana yönelik becerilerini geliştirmesinin yanında kariyerine yönelik kararlar almasında da fırsatlar sunar.

Özetle, STEM öğretim yönteminin uygulanması ve yaygınlaşmasına yönelik yapılan çalışmalar, öğretim programının hedefine ulaşmasına katkı sağlamanın yanında, hem STEM gibi bütünlük öğretim yöntemlerine olan ilgiyi artırma hem de mesleki yönelimi etkileme konusunda katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle araştırmada “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunda STEM yaklaşımına dayalı öğretim tasarımı hazırlanıp uygulaması yapılarak bu uygulamanın 8. Sınıf öğrencilerinin akademik başarı, STEM’e yönelik tutum ve fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyleri üzerinde etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan araştırma soruları şunlardır:

1. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin akademik başarı ön test puanları ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
2. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin akademik başarı son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
3. *Deney grubundaki öğrencilerin akademik başarı ön test son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
4. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin STEM tutum ölçeği ön test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
5. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin STEM tutum ölçeği son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
6. *Deney grubundaki öğrencilerin STEM tutum ölçeği ön test son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
7. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin STEM kariyer ilgi ölçeği ön test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
8. *Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin STEM kariyer ilgi ölçeği son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*
9. *Deney grubundaki öğrencilerin STEM kariyer ilgi ölçeği ön test son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?*

2.Yöntem

Bu bölümde araştırmanın modeli, araştırmanın örnekleme, öğretim materyali, veri toplama araçları ve verilerin analizi hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1 Araştırmanın modeli

Araştırmanın amacı, STEM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısına, STEM tutum ve STEM kariyer – ilgisine etkisini incelemek olduğu için, araştırma ön test son test kontrol gruplu yarı

deneysel desene göre planlanmıştır. Yarı deneysel desen, özellikle eğitim alanındaki araştırmalarda, bütün değişkenlerin kontrol altına alınmasının mümkün olmadığı, araştırmacının var olan gruplarda farklı koşulları incelediği, bireyleri rastgele seçemediği durumlarda kullanılan deneysel desendir (Cohen, Manion & Marrison, 2000; Creswell & Plano Clark, 2015).

Araştırma 2018-2019 eğitim-öğretim yılında 8. sınıfta öğrenim gören iki farklı şube ile yapılmıştır. Bu şubelerden biri deney grubu diğeri kontrol grubu olmak üzere uygun örneklem yöntemi kullanılarak seçilmiştir. Deney grubundaki öğrencilere “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunda STEM yaklaşımına dayalı olarak tasarlanan öğretim programı uygulanmıştır. Kontrol grubunda bulunan öğrencilerle “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunun öğretimi müfredat programına göre gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya başlamadan önce tüm öğrencilere ön test ve çalışma bitiminde son test uygulamaları yapılmış ve öğrencilerin akademik başarıları, STEM tutum ve STEM kariyer ilgi üzerinde bir etkisinin olup olmadığı incelenmek istenmiştir. Araştırmada kullanılan uygulama deseni Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1.
Uygulama Deseni

	<u>Kontrol Grubu</u>	<u>Deney Grubu</u>
Ön Test	Akademik Başarı testi STEM Tutum Ölçeği STEM kariyer – ilgi Ölçeği	Akademik Başarı testi STEM Tutum Ölçeği STEM kariyer – ilgi Ölçeği
Öğretimin Uygulaması	Fen Bilimleri Müfredat Programına uygun öğretim	STEM yaklaşımına dayalı olarak tasarlanan öğretim programına uygun öğretim
Son Test	Akademik Başarı testi STEM Tutum Ölçeği STEM kariyer – ilgi Ölçeği	Akademik Başarı testi STEM Tutum Ölçeği STEM kariyer – ilgi Ölçeği

2.2. Araştırmanın Örneklemi

Araştırma 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Düzce Merkez ilçesine bağlı bir Ortaokulda yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini 8. sınıfta okuyan 2 farklı şubedeki toplam 24 öğrenci oluşturmuştur. Deney grubu 11 kişi (bir şube) olarak, kontrol grubu ise 13 kişi (bir şube) olarak belirlenmiştir. Araştırmaya başlanmadan önce uygulama ile ilgili öğrencilere araştırmanın amacı ve uygulama süreciyle ilgili bilgi verilmiştir.

2.3. STEM Yaklaşımına Dayalı Öğretim Tasarımı

Öğretim tasarımı terimi, eğitimdeki öğretim programları doğrultusunda, kuramlar kullanılarak araç-gereç ve etkinliklerin geliştirilmesi, sürecin ve öğrenenlerin değerlendirilmesini de içine alan bir yapıdır (Yücel, 2013). Öğretim tasarımı modelleri, öğretimdeki sorunları çözmeye dönük olası tüm öğelerin en uygun bileşenlerini bütün bir biçimde gösteren bir yapıdır (Şimşek, 2009). 8. Sınıf “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunda STEM yaklaşımına dayalı öğretim planı örneği oluşturulurken araştırmada öğretim tasarım modellerinde ASSURE modeli temele alınmış, Gagne, Briggs ve Wagner modeli ile desteklenmiştir. Hazırlanan öğretim tasarımında öğrenenlerin analizi, hedeflerin belirlenmesi, yöntem, medya ve materyallerin seçilmesi öğrenenlerin katılımı ve değerlendirme ve güncelleme aşamaları ASSURE öğretim tasarımından uygulamaya konulmuştur. Öğretim sırasını tasarlama, öğretim ortamını seçme ve dersleri tasarlama aşamaları, Gagne, Briggs ve Wagner modelinden uygulanmıştır.

2.4. Veri Toplama Araçları

Araştırmada Açık uçlu Akademik başarı testi, STEM tutum ölçeği ve STEM kariyer-ilgi ölçeği olmak üzere üç veri toplama aracı kullanılmıştır. Ayrıca deney ve kontrol grubu öğrencilerinin homojen dağılıp dağılmadığını test etmek amacıyla hazırbulunuşluk testi kullanılmıştır.

Öğrencilerin hazırbulunuşluğunu test etmek amacıyla “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” ünitesi kazanımlarına yönelik MEB’in farklı sınavlarında kullanılan sorulardan 25 maddelik bir başarı testi hazırlanmıştır. Testin güvenilirliğini sınamak amacıyla Düzce ili Merkez İlçesinde bir Ortaokulda 8.sınıfta okuyan 42 öğrenciye pilot uygulama yapılmış ve Cronbach Alpha katsayısı 0,87 bulunmuştur. Deney ve kontrol grubu öğrencilerine uygulanan testten elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 22.0 programı ile yapılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek için parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testi uygulanmış ve anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

2.4.1.Akademik Başarı testi. Araştırmada deney ve kontrol gruplarının başarılarını karşılaştırmaya yönelik olarak hazırlanan açık uçlu sorulardan oluşan Akademik başarı testi için 2018 “Fen Bilimleri Öğretim Programı’nda” yer alan 8. Sınıf “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunun kazanımları dikkate alınmıştır. Başarı testinde yer alacak sorular belirlenirken önceki yıllarda PISA, TIMS sınavında çıkmış olan sorulardan, MEB onaylı test ve ders kitaplarından yararlanılmıştır. Soruların hazırlanması aşamasında her sorunun bir kazanımla ilişkili ve sınıf düzeyine uygun olmasına dikkat edilmiştir. Akademik başarı testinin dil ve anlatım kuralları, açıklık ve anlaşılabilirlik değişkenleri bakımından incelenmesi alan uzmanı üç Türkçe öğretmeni tarafından yapılmıştır. Akademik başarı testindeki soruların fen bilimleri dersi kazanımlarına uygunluğu bakımından incelemeleri ise alan uzmanı üç fen bilimleri öğretmeni tarafından yapılmıştır. 8. Sınıf Fen Bilimleri “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” Akademik başarı testine 8 soru ve 8 sorusunda kendi içinde alt sorulardan oluşturulmasıyla son şekli verilmiştir. Akademik başarı testine verilen yanıtlar, dereceli puanlama anahtarıyla puanlanmıştır. Dereceli puanlama anahtarı hazırlanırken öncelikle sorunun olası doğru, yanlış ve diğer yanıtları saptanmıştır. Öğrencilerin verdikleri cevaplar okunmadan önce dereceli puanlama anahtarı oluşturulmuştur. Puanlama için; 0= Tamamen yanlış veya boş, 1= kısmen doğru ve yanlış cevap birlikte, 2= kısmen doğru, 3= Tamamen doğru şeklinde bir ölçek geliştirilmiştir.

2.4.2. STEM tutum ölçeği. Araştırmada öğrencilerin STEM tutumlarını incelemek amacıyla Faber ve arkadaşları (2012) tarafından geliştirilen Yıldırım ve Selvi (2015)’nin Türkçeye uyarlamasını yaptığı STEM tutum ölçeği kullanılmıştır. Ölçeğin Türkçe versiyonu 37 maddeden ve dört faktörden oluşmaktadır. Faktörlerin Cronbach alfa değerleri 0,86 ile 0,89 arasında değişmektedir. STEM tutum ölçeği çalışmanın başlangıcında deney ve kontrol gruplarına ön test, çalışmanın bitiminde de son test şeklinde uygulanmıştır. Öğrencilerin verdikleri cevaplar puanlanırken olumlu maddeler için 5, 4, 3, 2, 1 şeklinde, olumsuz maddeler için 1, 2, 3, 4, 5 şeklinde puanlama yapılmıştır.

2.4.3. STEM kariyer ilgi ölçeği. Araştırmada öğrencilerin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgilerini incelemek amacıyla Bandura’nın sosyal bilişsel öğrenme teorisine dayanan, Ünlü ve diğerleri (2016) tarafından Türkçeye uyarlanan Kariyer ilgi ölçeği kullanılmıştır. FeTeMM Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği 40 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alt boyutları bulunmaktadır. Her alt boyutta 11 madde yer almaktadır. FeTeMM kariyer ilgi ölçeği 5’li likert tipindedir. Test tekrar test yöntemi ile hesaplanan korelasyon katsayıları ölçeğin tümü için 0,87 olarak hesaplanmıştır. STEM kariyer ilgi ölçeği çalışmanın başlangıcında deney ve kontrol gruplarına ön test çalışmanın bitiminde de son test şeklinde uygulanmıştır. Öğrencilerin verdikleri cevaplar puanlanırken ölçek 5’li likert tipi ölçekten oluştuğu için 1, 2, 3, 4, 5 şeklinde bir puanlama yapılmıştır.

2.5. Verilerin Analizi

Ortaokul 8. Sınıf öğrencileriyle gerçekleştirilmiş olan araştırmada STEM yaklaşımına dayalı öğretim tasarımının öğrencilerin Akademik başarısına, STEM tutum ve STEM kariyer ilgisi üzerinde

anamlı farklılık yaratıp yaratmadığını test etmek için ön test ve son test uygulanarak nicel veriler toplanmıştır. Verilerin analizi aşamasında yapılan istatistiksel anlamlılık düzeyi minimum 0,05 olarak kabul edilmiştir. Analizlerde SPSS 22.00 paket programı kullanılmıştır. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Mann-Whitney U testi iki bağımsız örneklemde elde edilen verilerin puanlarının birbirinden anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığını test eder (Büyüköztürk, 2018). Deney grubu öğrencilerinin grup içi STEM kariyer ilgi ölçeğinin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi alanları üzerinde ön test ve son testlerinden aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek için Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanmıştır. Bu test bağımsız örnekler için uygulanan t-testlerinin parametrik olmayan alternatiflerindendir (Kalaycı, 2009).

3.Bulgular

Bu araştırmada STEM yaklaşımına dayalı öğretim planına uygun olarak deney grubuyla yapılan öğretim sonucunda elde edilen veriler ile kontrol grubundan elde edilen verilerin nicel olarak analiz sonuçları sunulmuştur.

Araştırmanın birinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan Akademik başarı testinin ön testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test sonuçları sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Akademik Başarı Testi Ön Test Analiz Sonuçları

Grup	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	11	12.41	136,50	70,50	0,95
Kontrol	13	12,58	16,50		

Bu sonuçlara göre deney ve kontrol gruplarının birinci problem cümlesine ilişkin ön test başarı puan ortalamalarında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur (U=70,50 ve p=0,95). Bu sonuca göre deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi “Madde döngüleri ve Çevre Sorunları” konusuna ilişkin başarıları açısından homojen bir yapıya sahip oldukları söylenebilir.

Araştırmanın ikinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan Akademik başarı testinin son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Akademik Başarı Testi Son Test Analiz Sonuçları

Grup	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	11	16,70	184,50	24,50	0,01
Kontrol	13	8,88	115,50		

Fen bilimleri dersi “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitimi kapsamında hazırlanan Akademik başarı testi için deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başarı sıra ortalamalarının deney grubunda yapılan STEM yaklaşımına dayalı öğretim sonrasında anlamlı bir biçimde farklılaşma olup olmadığını belirlemek amacıyla bağımsız gruplar için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deney ve kontrol gruplarının başarı puanı sıra ortalamaları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($U=24,50$ ve $p=0,01$). Deney grubu öğrencilerinin başarı sıra ortalaması ile kontrol grubu öğrencilerinin başarı sıra ortalaması arasındaki farkın 7,82 olduğu anlaşılmaktadır. Sıra ortalamaları dikkate alındığında STEM yaklaşımına dayalı öğretime katılan öğrencilerin, öğretim programında öngörülen eğitimi alan öğrencilere göre başarılarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgu öğrencilerin başarısının artmasında STEM yaklaşımına dayalı öğretimin etkili olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın üçüncü problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan Akademik başarı testinin ön test ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney grubu öğrencilerinin ön test ve son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4.

Deney Grubu Öğrencilerinin Akademik Başarı Testi Ön Test ve Son Test Analiz Sonuçları

Son Test–Ön Test	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,94*	0,00
Pozitif sıra	11	6,00	66,00		
Eşit	0				

*Negatif sıralar temeline dayalı

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitiminde, deney grubundaki öğrencilerin STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmasının öncesinde ve sonrasında başarılarında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Analiz sonuçları STEM yaklaşımına dayalı öğretim yapılan deney grubu öğrencilerinin Akademik başarı testinden aldıkları uygulama öncesi ve uygulama sonrası puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=2,94$ ve $p<0,00$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehinde olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre de düzenlenen STEM yaklaşımına dayalı öğretimin başarıyı geliştirmede önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Araştırmanın dördüncü problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM tutum ölçeği puan ortalamalarının ön testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin STEM Tutum Ölçeği Ön Test Analiz Sonuçları

<i>Grup</i>	<i>n</i>	<i>Sıra Ortalaması</i>	<i>Sıra Toplamı</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
Deney	11	13,45	148,00	61,00	0,54
Kontrol	13	11,69	152,00		

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitimi konusu kapsamında STEM yaklaşımına dayalı öğretimin STEM tutum ölçeği üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla bağımsız gruplar için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deney ve kontrol gruplarının ön testleri sıra ortalamaları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($U=61,00$ ve $p=0,54$). Bu sonuca göre deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test sonuçlarında STEM tutumlarına yönelik düzeylerinin homojen bir yapıya sahip olduklarını söylenebilir.

Araştırmanın beşinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM tutum ölçeği son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin STEM Tutum Ölçeği Son Test Analiz Sonuçları

<i>Grup</i>	<i>n</i>	<i>Sıra Ortalaması</i>	<i>Sıra Toplamı</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
Deney	11	16,18	178,00	31,00	0,02
Kontrol	13	9,38	122,00		

STEM yaklaşımına dayalı öğretimin, STEM tutumları üzerinde etkisinin incelendiği deney ve kontrol grubu öğrencilerinin STEM tutum ölçeği son test puan ortalamalarında anlamlı bir farklılık olup olmadığını test etmek için bağımsız gruplar Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deney ve kontrol grupları STEM tutum puan sıra ortalamaları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($U=31,00$ ve $p=0,02$). Sıra ortalamaları dikkate alındığında STEM yaklaşımına dayalı öğretime katılan öğrencilerin, öğretim programında öngörülen eğitimi alan öğrencilere göre STEM tutumlarında anlamlı bir farklılık meydana geldiği görülmektedir.

Araştırmanın altıncı problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM tutum ölçeği puan ortalamalarının ön test ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney grubu öğrencilerinin ön test ve son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7.

Deney Grubu Öğrencilerinin STEM Tutum Ölçeği Ön Test ve Son Test Analiz Sonuçları

Ölçek boyutları	alt	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
	Son Test– Ön Test	Örneklem				
Matematik	Negatif sıra	2	1,75	3,50	2,63*	
	Pozitif sıra	9	6,94	62,50	0,00	
	Eşit	0				
Fen	Negatif sıra	2	4,50	9,00	2,14*	
	Pozitif sıra	9	6,33	57,00	0,03	
	Eşit	0				
Mühendislik	Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,94*	
	Pozitif sıra	10	5,50	55,00	0,00	
	Eşit	1				
21.Yüzyıl BECERİLERİ	Negatif sıra	1	5,00	5,00	1,82*	
	Pozitif sıra	7	4,43	31,00	0,06	
	Eşit	3				

*Negatif sıralar temeline dayalı

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitiminde, deney grubundaki öğrencilerin STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmasının öncesinde ve sonrasında STEM tutumlarında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin ölçeğin matematik, fen, mühendislik ve 21.yüzyılın yetenekleri alt boyutlarında Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Analiz sonucunda STEM yaklaşımına dayalı öğretim alan deney grubu öğrencilerinin Matematik alanında ($z=2,93$ ve $p=0,00$), Fen alanında ($z=2,14$ ve $p=0,03$) ve Mühendislik alanında ($z=2,94$ ve $p=0,00$) anlamlı bir farklılığın meydana geldiği ancak 21.Yüzyılın yetenekleri alanında ($z=1,82$ ve $p=0,06$) anlamlı bir farklılığın meydana gelmediği görülmüştür.

Araştırmanın yedinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM kariyer ilgi ölçeği puan ortalamalarının ön testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin STEM Kariyer İlgi Ölçeği Ön Test Analiz Sonuçları

Grup	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	11	9,91	109,00	43,00	0,98
Kontrol	13	14,69	191,00		

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında STEM yaklaşımına dayalı öğretimin STEM kariyer ilgi ölçeği üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla bağımsız gruplar için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deney ve kontrol gruplarının fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi ön testleri sıra ortalamaları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($U=43,00$ ve $p=0,98$). Bu sonuca göre deney ve kontrol grubu öğrencilerinin

ön test sonuçlarında fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeylerinin homojen bir yapıya sahip oldukları söylenebilir.

Araştırmanın sekizinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında ön görülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM kariyer ilgi ölçeği puan ortalamalarının son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?" sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9.

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin STEM Kariyer İlgisi Ölçeği Son Test Analiz Sonuçları

Grup	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	11	16,50	181,50	27,50	0,011
Kontrol	13	9,12	118,50		

STEM yaklaşımına dayalı öğretimin Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi üzerinde etkisinin incelendiği deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testlerinde anlamlı bir farklılık olup olmadığını test etmek için bağımsız gruplar için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deney ve kontrol grupları STEM kariyer ilgi ölçeği puan ortalamaları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (U=27,50 ve p=0,011). Sıra ortalamaları dikkate alındığında STEM yaklaşımına dayalı öğretime katılan öğrencilerin, öğretim programında öngörülen eğitimi alan öğrencilere göre fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyinde anlamlı bir farklılık meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 10.

Deney Grubu Öğrencilerinin STEM Kariyer İlgisi Ölçeği Ön Test ve Son Test Analiz Sonuçları

Meslekler		n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
	Son Test-Ön Test	Örneklem				
Fen	Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,94*	0,00
	Pozitif sıra	11	6,00	66,00		
	Eşit	0				
Matematik	Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,95*	0,00
	Pozitif sıra	11	6,00	66,00		
	Eşit	0				
Teknoloji	Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,94*	0,00
	Pozitif sıra	11	6,00	66,00		
	Eşit	0				
Mühendislik	Negatif sıra	0	0,00	0,00	2,94*	0,00
	Pozitif sıra	11	6,00	66,00		
	Eşit	0				

*Negatif sıralar temeline dayalı

Araştırmanın dokuzuncu problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan STEM kariyer ilgi ölçeği puan ortalamalarının ön test ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?” sorusuna yanıt aranmış, bu sorunun yanıtlanması için ise deney grubu öğrencilerinin ön test ve son test sonuçları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusunun kapsamında, deney grubundaki öğrencilerin STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmasının öncesinde ve sonrasında öğrencilerin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi üzerinde etkisinin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları Tablo 10'de verilmiştir. Analiz sonuçları STEM yaklaşımına dayalı öğretim alan deney grubu öğrencilerinin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi ölçeğinden aldıkları uygulama öncesi ve uygulama sonrası puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir (Fen, Mühendislik ve Teknoloji $z=2,94$ ve $p<0,00$ ve Matematik $z=2,95$ ve $p<0,00$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamaları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar yani son test puanı lehinde olduğu görülmektedir.

4.Tartışma

Araştırmanın bu bölümünde STEM yaklaşımına dayalı hazırlanan öğretim planı ve öğretim planının uygulanmasından elde edilen verilerin analiz sonuçlarının tartışılmasına yer verilmiştir.

Araştırmanın birinci ve ikinci problem cümlesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında öngörülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında uygulanan akademik başarı testinin ön ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilmiştir. Deney grubu öğrencileri ile kontrol grubu öğrencilerinin 8. sınıf “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitimi kazanımlarına yönelik STEM yaklaşımına dayalı Akademik başarı testi ön test sonuçları analiz edilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 2'de verilmiştir. Her iki grubun ön test başarı puanları karşılaştırılmış ve gruplar arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($U=70,50$ ve $p=0,95$). Bu durumda her iki gruptaki öğrencilerin de konuya yönelik hazırbulunuşluk seviyelerinin aynı olduğu söylenebilir.

Konu anlatımlarının deney ve kontrol gruplarında tamamlanmasının ardından her iki gruba da akademik başarı testi son test olarak uygulanmıştır. Gruplara uygulanan son testler karşılaştırılmış, elde edilen bulgular Tablo 3'de verilmiştir. Bulgulara göre deney ve kontrol grupları başarı puanları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde deney grubunun lehine anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($U=24,50$ ve $p=0,01$). Bu durum 8. sınıf “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” eğitiminde, STEM yaklaşımına dayalı öğretim yöntemiyle işlenen deney grubu öğrencilerinin, aynı konuyu öğretim programında öngörülen plana göre işleyen kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduklarını ortaya koymaktadır.

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında, STEM yaklaşımına dayalı öğretim yapılan deney grubunun akademik başarı testi ön test ve son test sonuçları ayrıca incelenmiştir. Deney grubuna uygulanan ön test ve son test karşılaştırılmış, elde edilen bulgular Tablo 4'de verilmiştir. Bulgulara göre deney grubu başarı puanları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($z= 2,94$ ve $p<0,00$). Bu durum madde döngüleri ve çevre sorunları eğitiminde, STEM yaklaşımına dayalı öğretim uygulamasının öğrencilerin başarılarını arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Öğrencilerin sahip olduğu akademik deneyimler STEM eğitimi için önemlidir (Roberts ve diğerleri, 2018). STEM eğitiminin öğrenilen bilgilerin kalıcılığına olumlu etkisi vardır. Çevik ve Abdioğlu (2018) yaptıkları çalışmada STEM etkinliklerinin akademik başarıya anlamlı düzeyde bir

katkısının olduğunu, anlamlı düzeydeki etkinin son test lehine yüksek düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. STEM yaklaşımına dayalı öğretim uygulamalarının başarıya olan etkisiyle ilgili diğer araştırmalarda göz önüne alındığında fen bilimleri dersinde STEM yaklaşımına dayalı öğretimin daha fazla kullanılması gerektiği sonucu ortaya konulmuştur.

Araştırmanın dördüncü ve beşinci problem cümlesi “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında, STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında öngörülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin STEM’e karşı tutumlarında ön testleri ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilmiştir. Deney grubu öğrencileri ile kontrol grubu öğrencilerinin STEM tutum ölçeği ön test sonuçları analiz edilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 5’de verilmiştir. Her iki grubun başlangıçtaki STEM tutum ölçek sıralı puanları karşılaştırılmış ve gruplar arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($U=61,00$ ve $p=0,54$). Bu durumda her iki gruptaki öğrencilerin STEM tutumlarının birbirine denk olduğu söylenebilir.

Konu anlatımlarının deney ve kontrol gruplarında tamamlanmasının ardından her iki gruba da STEM tutum ölçeği son test olarak uygulanmıştır. Gruplara uygulanan son test STEM tutum ölçeği sıralı puanları karşılaştırılmış, elde edilen bulgular Tablo 6’de verilmiştir. Bulgulara göre deney ve kontrol gruplarının puanları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde deney grubunun lehine anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($U=31,00$ ve $p=0,02$). Bu sonuca göre STEM uygulamalarının deney grubu öğrencilerinin tutumlarını olumlu yönde geliştirdiğini göstermektedir.

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında, deney grubundaki öğrencilerin STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmasının öncesinde ve sonrasında öğrencilerin ölçeğin matematik, fen, mühendislik ve 21.yüzyıl becerileri alanlarının alt boyutlarında farklılık gösterip göstermediğine ilişkin aldıkları puanlar incelenmiş elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmiştir. Ölçeğin matematik, fen ve mühendislik alanları alt boyutlarında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu (Matematik ; $z= 2,93$ ve $p=0,00$, Fen; $z=2,14$ ve $p=0,03$ ve Mühendislik; $z=2,94$ ve $p=0,00$) ortaya konulmuştur. Fakat 21.yüzyıl becerileri alt boyutunda 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($z= 1,82$ ve $p=0,06$).

Damar, Durmaz ve Önder (2017) 5., 6., 7. ve 8. sınıf öğrencileriyle yaptıkları fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamalarının öğrenci tutumlarına etkisi ve öğrencilerin bu uygulamalarla ilgili görüşlerini araştırdıkları çalışmada; fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamalarının öğrencilerin tutumunu arttırdığını ortaya koymuşlardır. STEM’e dayalı yapılan uygulamaların öğrencilerin tutumlarında olumlu etki yaptığına yönelik benzer çalışmalar bulunmaktadır (Aydın ve diğerleri, 2017; Yıldırım & Selvi,2015).

Araştırmanın yedinci ve sekizinci problem cümlesi “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında, STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmış deney grubu öğrencileri ile öğretim programında öngörülen yöntemin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyinde ön testleri ve son testleri arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilmiştir. Deney grubu öğrencileri ile kontrol grubu öğrencilerinin STEM kariyer ilgi ölçeği ön test sonuçları analiz edilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 8’de verilmiştir. Her iki grubun başlangıçtaki STEM kariyer ilgi ölçek sıralı puanları karşılaştırılmış ve gruplar arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($U=43,00$ ve $p=0,95$). Bu durumda her iki gruptaki öğrencilerin STEM kariyer ilgi ölçeğindeki kazanımlar açısından birbirine denk olduğu söylenebilir.

Konu anlatımlarının deney ve kontrol gruplarında tamamlanmasının ardından her iki gruba da STEM kariyer ilgi ölçeği son test olarak uygulanmıştır. Gruplara uygulanan son test STEM kariyer ilgi ölçeği sıralı puanları karşılaştırılmış, elde edilen bulgular Tablo 9’de verilmiştir. Bulgulara göre

deney ve kontrol gruplarının puanları arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde deney grubunun lehine anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($U=27,50$ ve $p=0,011$). Bu veri sonuçlarına göre 8. sınıf “Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu, STEM yaklaşımına dayalı öğretim yöntemiyle işlenen deney grubu öğrencilerinin, aynı konunun öğretim programında öngörülen plana göre işlendiği kontrol grubu öğrencilerine göre fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi artmıştır.

“Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları” konusu kapsamında, deney grubundaki öğrencilerin STEM yaklaşımına dayalı öğretim programı uygulanmasının öncesinde ve sonrasında öğrencilerin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyi üzerinde etkisinin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek için fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alt boyutları ile ilgili öğrencilerin aldıkları puanlar incelenmiş elde edilen bulgular Tablo 10'de verilmiştir. Ölçeğin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alt boyutlarında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark olduğu (Fen, Mühendislik ve Teknoloji $z=2,94$ ve $p<0,00$ ve Matematik $z=2,95$ ve $p<0,00$) ortaya konulmuştur. STEM yaklaşımına dayalı yapılan öğretim deney grubundaki öğrencilerin fen, teknoloji, matematik ve mühendislik mesleklerine yönelik ilgi düzeyini arttırmıştır.

Araştırmada 8.sınıf öğrencilerinin STEM’e yönelik fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarındaki mesleklere yönelik ilgilerindeki değişimin, yapılan STEM öğretimine dayalı öğretim tasarımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Öğrencilerin STEM’e yönelik tutumlarının ve fen, teknoloji, matematik ve mühendislik alanlarındaki mesleklere yönelik ilgi düzeylerinin belirlenmesi öğrencilerin gelecek meslek ve kariyer tercihleri için yön göstericidir (Balçın ve diğerleri, 2018).

Erken çocukluk döneminde STEM eğitiminin verilmesi öğrencilerin potansiyellerine bağlı kariyer yollarını belirlemede oldukça önemlidir (Murphy, MacDonald, Danaia & Wang, 2018). Mesleki eğilimlerin öğrencilerin küçük yaşlarından itibaren başladığı göz önünde alındığında öğrencilerin Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik mesleklerine yönelik ilgilerinin belirlenmesi ülkemiz için de oldukça önemlidir (Ünlü ve diğerleri, 2016). STEM eğitimi, bir çocuğun tüm öğrenme yolculuğunun önemli bir parçası olarak kabul edilirken, en güçlü özelliği de bir çocuğun okul hayatını tamamlarken kariyer yollarını kolaylaştırmaya odaklanmasıdır (Murphy ve diğerleri, 2018). Uzunoğlu (2019) yaptığı çalışmada öğrencilerin akademik benlik algısı ile FeTeMM meslek alanlarına yönelik ilgileri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu sonucunu elde etmiştir.

Kaynaklar

- Anagün, Ş. S., Atalay, N., Kılıç, Z., & Yaşar, S. (2016). Öğretmen Adaylarına Yönelik 21 . Yüzyıl Becerileri Yeterlilik Algıları Ölçeğinin Geliştirilmesi : Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışması. *Pamukkale University Journal of Education*, 40, 160–175. <https://doi.org/10.9779/PUJE768>
- Aydın, G., Saka, M., & Guzey, S. (2017). 4., 5., 6., 7. ve 8. Sınıf Öğrencilerinin Stem (Fetemm) Tutumlarının Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 787–802. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.290319>
- Balçın, M. D., Çavuş, R., & Topaloğlu, Y. M. (2018). Ortaokul Öğrencilerinin FeTeMM'e Yönelik Tutumlarının ve FeTeMM Alanlarındaki Mesleklere Yönelik İlgilerinin İncelenmesi. *Asian Journal of Instruction Asya*, 6(2), 40–62.
- Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM Narrative: 15 Years in the Making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102-112.
- Büyüköztürk, Ş. (2018). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum (24.baskı). Pegem Yayınları. Ankara.
- Ceylan, S. (2014). Ortaokul fen bilimleri dersindeki asitler ve bazlar konusunda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeteMM) yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison K. (2000). Research methods in education (5th Edition). London: Routledge Falmer.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2015). Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütülmesi (Y. Dede ve S. B. Demir, Çev.). Ankara: Anı yayıncılık.
- Çalışıcı, S. (2018). Fetemm Uygulamalarının 8.Sınıf Öğrencilerinin Çevresel Tutumlarına, Bilimsel Yaratıcılıklarına, Problem Çözme Becerilerine Ve Fen Başarılarına Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2016). STEM Eğitimi Almış Fen Bilimleri Öğretmenlerinin STEM Temelli Ders Etkinlikleri Hakkındaki Görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43–67. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m>
- Jones, V. R. (2014). Teaching STEM: 21st century skills. *Children's Technology&Engineering*, 18(4), 11–13. [http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=96000870\(=es&site=ehost-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=96000870(=es&site=ehost-live)
- Kalaycı, Ş. (2009). Spss uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil yayınları. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul Ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 Ve 8. Sınıflar)*. Ankara.
- Murphy, S., MacDonald, A., Danaia, L., & Wang, C. (2018). An analysis of Australian STEM education strategies. *Policy Futures in Education*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1177/1478210318774190>
- Özcan, H., & Koca, E. (2019). STEM Yaklaşımı ile Basınç Konusu Öğretiminin Ortaokul 7. Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarılarına ve STEM'e Yönelik Tutumlarına Etkisi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 44 (198), 201-227. <https://doi.org/10.15390/EB.2019.7902>
- Roberts, T., Jackson, C., Mohr-Schroeder, M. J., Bush, S. B., Maiorca, C., Cavalcanti, M., Schroeder, D.C., Delaney, A., Putnam, L., Cremeans, C. (2018). Students' perceptions of STEM learning after participating in a summer informal learning experience. *International Journal of STEM Education*, 5(35). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0133-4>
- Successful K-12 STEM Education. (2011). <https://doi.org/10.17226/13158>
- Şimşek, H. (2009). Methodical Problem In The Researches Of Educational History. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 42(1), 33-52. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000001136
- TÜSİAD (2017). 2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi <https://www.tusiadstem.org/images/raporlar/2017/STEM-Raporu-V7.pdf>

- Uzunoğlu, B. A. (2019). Ortaokul 8. Sınıf Öğrencilerinin Fetemm Mesleklerine Yönelik İlgi Düzeyleri İle Akademik Benlik Algıları Arasındaki İlişki (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ünlü, Z. K., Dokme, İ., & Ünlü, V. (2016). Adaptation of the Science, Technology, Engineering, and Mathematics Career Interest Survey (STEM-CIS) into Turkish. *Eurasian Journal of Educational Research*, 16(63), 21–36. <https://doi.org/10.14689/ejer.2016.63.2>
- Yıldırım, B. (2018). Bağlam Temelli Öğrenmeye Uygun Olarak Hazırlanmış Stem Uygulamalarının Etkilerinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-20. <https://dergipark.org.tr/download/article-file/500223>
- Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 63–90.
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuvar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 28–40.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2015). Adaptation of Stem Attitude Scale To Turkish. *International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(3), 1117–1130. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.7974>
- Yücel, E. Ö. (2013). Fen Bilimleri Programındaki Ekosistem, Biyolojik Çeşitlilik Ve Çevre Sorunları Konularının Öğretim Tasarımı Ve Uygulanması (Doktora Tezi) .Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü , Bursa.

BÖLÜM 4

ÇEVRE EĞİTİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DERSİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANIMI¹

Selçuk ARABACI², Faruk KARDAŞ³, Çağdaş ERBAŞ⁴

¹ Bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı'nda Prof. Dr. Faruk KARDAŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş ERBAŞ danışmanlığında hazırlanan “Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği Dersinde Kullanılan Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

² Dr., Milli Eğitim Bakanlığı, Palandöken Yıldızkent Borsa İstanbul Ortaokulu, selcukarabaci@hotmail.com ORCID ID: 0000-0002-6094-7031

³ Prof.Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, fkardas@erzincan.edu.tr ORCID: 0000-0002-0900-7503

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı, cagdas.eras@erzincan.edu.tr ORCID: 0000-0003-4203-7656

Giriş

Yirmi birinci yüzyılın başlangıcı, insanlık medeniyetinin teknolojik yetkinlik açısından ulaştığı zirveyi temsil ederken, aynı zamanda gezegenin doğal yaşam destek sistemlerinin kritik bir eşige dayandığı küresel bir çevresel krizi de beraberinde getirmiştir. Hızla artan küresel nüfus, fosil yakıtlara dayalı enerji tüketim kalıpları, plansız kentleşme, aşırı endüstriyel üretim ve doğal kaynakların sürdürülemez bir hızla sömürülmesi; biyoçeşitlilik kaybı, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, toprak ve hava kirliliği gibi yerel sorunların ötesinde, tüm gezegeni etkileyen küresel iklim değişikliği krizini tetiklemiştir (Korkmaz, 2017). Bu kriz, sadece bilimsel parametrelerdeki bir değişim olmaktan çıkıp, gıda güvenliğinden, bölgesel çatışmalara, kamu sağlığından, toplumsal göç ve ekonomik istikrara kadar tüm sosyo-ekonomik yapıları doğrudan tehdit eden, çok boyutlu, karmaşık ve etik bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu durum, Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedefleri başta olmak üzere, uluslararası kuruluşları ve ulusal hükümetleri eyleme çağırmıştır. Bu küresel krizin etkilerini azaltmak ve gelecekteki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak, toplumlarda köklü bir bilişsel, duyuşsal ve davranışsal dönüşümü zorunlu kılmaktadır. Bu dönüşümün temelini atmak ve bireyleri bu karmaşık sorunları analiz edebilecek, eleştirel düşünebilecek, sorumluluk alabilecek ve sürdürülebilir çözümlere aktif olarak katkıda bulunabilecek bilgi, beceri, tutum ve değerlerle donatmakla yükümlü olan en kritik kurum ise eğitim sistemleridir (UNESCO, 2017; OECD, 2018).

Geleneksel eğitim ve çevre eğitimi yaklaşımları, çoğu zaman yerel ve somut sorunlara odaklanma eğilimi gösterirken, atmosferdeki sera gazı birikimi, buzulların erime dinamikleri, karbon döngüsünün küresel ölçeği veya deniz seviyesinin yükselmesinin uzun vadeli etkileri gibi soyut, büyük ölçekli ve zaman boyutu geniş olayların öğretiminde ciddi yetersizlikler sergilemektedir. Öğrencilerin bu kavramları sadece iki boyutlu grafikler ve statik ders kitabı görselleriyle zihinlerinde somut bir karşılığa dönüştürmesi son derece güçtür. Bu soyutluk, öğrencilerin bilişsel yükünü artırmakta, bilgiyi sadece ezberleme düzeyinde tutmasına ve çevreye yönelik güçlü bir duygusal bağ kuramamasına yol açarak, istenen eyleme geçme motivasyonlarını düşürmektedir (Köse, 2018; Koç, 2021). Bu duyuşsal ve bilişsel kopukluk, çevre eğitiminin en temel hedeflerinden biri olan sorumlu vatandaş yetiştirme misyonunu sekteye uğratmaktadır.

Ulusal ve küresel zorluğa yanıt vermek amacıyla Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), ulusal bilinci artırmak ve müfredatı güncel bilimsel ihtiyaçlara uyarlamak için 2022-2023 eğitim öğretim yılı itibarıyla önemli bir müfredat reformuna gitmiştir. Ortaokul düzeyinde okutulan dersin adı, bu vizyonu yansıtabilecek şekilde "Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği" (ÇEİD) olarak güncellenmiştir. Bu reform, Türkiye'de çevre eğitiminin kapsamını sadece yerel kirlilik sorunlarından çıkarıp, küresel iklim krizi ve sürdürülebilir yaşam becerileri odağıyla genişletmeyi hedeflemiştir. ÇEİD dersinin temel pedagojik hedefleri, öğrencilerin sadece iklim değişikliği mekanizmalarını bilişsel olarak öğrenmeleri değil, aynı zamanda çevreye yönelik olumlu tutum geliştirmeleri, yüksek düzeyde çevresel farkındalık ve duyarlılık kazanmaları ve çevre sorunlarına karşı eleştirel düşünme becerisiyle donanmış çözüm odaklı bireyler olmalarıdır ((MEB, 2022a). Ancak, dersin içeriğindeki bu soyut ve karmaşık konuların etkili bir şekilde öğretilmesi, geleneksel öğretim materyallerinin sınırlarını aşmakta ve yenilikçi, somutlaştırıcı pedagojik yaklaşımların entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. İşte bu stratejik noktada, eğitim teknolojileri arasında çığır açan bir potansiyel barındıran Artırılmış Gerçeklik (AG), ÇEİD dersinin bu zorlu hedeflerine ulaşmasında kritik bir pedagojik köprü görevi üstlenmektedir (Yılmaz ve Batdı, 2016). AG, öğrencilerin somutlaştırma ihtiyacını karşılayarak, soyut ve büyük ölçekli çevresel olayları sınıf ortamına veya öğrencilerin kendi kişisel öğrenme alanlarına taşıma gücüne sahiptir (Erbaş ve Demirel, 2014). AG uygulamaları, gerçek dünya ortamını dijital verilerle zenginleştirerek, öğrencilere iklim krizini görsel, işitsel,

etkileşimli ve mekânsal olarak deneyimleme olanağı tanır. Bu teknoloji, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını, merakını ve içsel motivasyonunu maksimize ederken, aynı zamanda soyut çevresel süreçlerle güçlü bir duygusal ve bilişsel bağ kurmalarını sağlar (Çınar vd., 2011). Bu sayede, öğrenciler sadece bilgi ezberlemek yerine, bilgiyi anlamlandırma, içselleştirme ve eyleme dönüştürme felsefesini benimseyebilirler. Çevre eğitimi ve iklim değişikliği dersinin AG ile desteklenmesinin altında yatan kavramsal temel, doğa bilimleri, sosyal bilimler, değerler eğitimi ve eğitim teknolojilerinin kesişiminden beslenen çok disiplinli bir yapıyı zorunlu kılar. Bu çerçevede, çevre eğitiminin nihai amacı, bireyleri pasif bilgi tüketicisinden aktif, sorumlu ve çözüm odaklı çevre dostu vatandaşlara dönüştürmektir.

Çevre Eğitiminin Tarihsel Gelişimi ve Türkiye Politikaları

Çevre eğitiminin küresel ölçekteki felsefesi, 1970'li yıllarda başlayan uluslararası konferanslarla şekillenmiştir. 1972 Stockholm Konferansı, çevre sorunlarının küresel ölçekte tanınmasını sağlarken, 1975 Belgrad Uluslararası Çevre Eğitimi Konferansı ise çevre eğitiminin hedeflerini ilk kez sistematik olarak tanımlamıştır. Bu hedefler; farkındalık, bilgi, tutum, beceri, katılım ve değerlendirme olarak belirlenmiştir. Dönüm noktası ise, Çevre eğitiminin sadece bilgi aktarımı değil, aynı zamanda tutum, değer ve davranış değişikliklerini de kapsayan bütüncül bir yaklaşımla tanımlandığı 1977 Tiflis Konferansı'dır. Uluslararası düzeyde gerçekleştirilen çevre konferanslarının temel hedefi, ülkeler arasında çevresel duyarlılığı artırmak ve küresel ölçekte sürdürülebilir yaşam koşullarının geliştirilmesine katkı sunmaktır (Aydede vd., 2019). Bu tür toplantılar, çevre sorunlarının çözümünde ortak hareket etmenin zorunluluğunu ortaya koymakta ve çevre alanında küresel dayanışmanın önemini geniş çevrelerce benimsendiğini göstermektedir. Devlet temsilcileri, akademisyenler ve ilgili paydaşların bir araya geldiği bu platformlar, çevresel krizlere yönelik stratejik çözüm önerileri üretme ve sürdürülebilir kalkınma politikaları geliştirme açısından kritik bir rol üstlenmektedir (Kınacı, 2024).

Arslan'ın (2011) çevre eğitiminin dünyadaki gelişimini şu şekilde ifade etmiştir:

1960'lar: Bu dönemde çevre eğitimi, doğayı tanımaya yönelik akademik saha çalışmalarının etkisiyle şekillenmiş; uzman rehberliğinde yapılan gözlem ve inceleme gezileri eğitim sürecinin temelini oluşturmuştur.

1970'ler: Çevre eğitimi okul dışı öğrenme faaliyetlerinin ağırlık kazandığı bir yapıya bürünmüştür. Saha gezileri, çevresel değerlerin korunmasına ilişkin farkındalık etkinlikleri ve kentleşme sürecinin çevre üzerindeki etkilerine odaklanan çalışmalar bu yılların belirleyici unsurlarıdır.

1980'ler: Bu dönemde çevre eğitimi daha kapsamlı bir çerçevede ele alınmaya başlanmış; küresel çevre sorunları, politik boyutları ve eğitim yoluyla çözüm arayışları ön plana çıkmıştır.

1990'lar: Sürdürülebilirlik temelli çevre eğitimi önem kazanmış, toplumsal ve çevresel sorunlara yönelik değer merkezli yaklaşımlar, problem çözme süreçlerine dayalı uygulamalar ve bireylerin aktif katılımını teşvik eden yöntemler yaygınlaşmıştır.

2000'ler: Bu yıllarda çevre eğitimi; toplumsal işbirliği, ortak sorumluluk ve katılımcı yaklaşımların benimsendiği bir anlayışa dönüşmüştür. Politikacılardan öğrencilerine kadar toplumdaki farklı grupların çevresel sorunların belirlenmesi ve çözümlenmesinde etkin roller üstlenmesi hedeflenmiştir.

Günümüzde toplumda çevreye yönelik olumlu tutumların güçlenmesiyle birlikte, çevre eğitimi müfredatlarda daha geniş şekilde yer almaya başlamıştır. İlköğretim programları yenilenebilir enerji, geri dönüşüm ve kirlilik gibi güncel çevre temalarıyla zenginleştirilirken; ortaöğretimde

çevre bilinci, ekoloji ve yer bilimleri gibi alanlara daha fazla ağırlık verilmektedir (Chepesiuk, 2007).

Üniversiteler ise çevre konularını hem bilimsel hem de genel eğitim anlayışının temel bir bileşeni haline getirmiştir. Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik ve yer bilimleri gibi disiplinlerde çevreye yönelik içerikler genişletilmiş; lisansüstü düzeyde multidisipliner çevre araştırmalarına duyulan ilgi belirgin biçimde artmıştır (Benzer, 2010). Aynı şekilde, meslek yüksekokulları da çevreyle ilgili dersleri kendi uzmanlık alanlarıyla bütünleştirerek daha bütüncül ve çok yönlü bir eğitim yaklaşımı uygulamaktadır (Lynch & Hutchinson, 1992).

Türkiye’de çevre sorunları uzun yıllardır toplumun gündeminde yer alan önemli bir kaygı alanı olmuştur. Bu sorunların çözümü için hükümetler, Beş Yıllık Kalkınma Planları aracılığıyla çevre politikalarını planlı bir çerçeveye oturtmayı amaçlamıştır. Ay vd. (2023), bu planlarda çevre konularının ele alınışını aşağıdaki biçimde değerlendirmektedir:

Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967), çevreyi iyileştirme ve halk sağlığını geliştirme hedeflerini “Ekonomik ve Sosyal Hedefler” başlığı altında ele alarak çevre konusunu ulusal planlama sürecine ilk kez dâhil etmiştir.

İkinci Plan (1968-1972), çevre sağlığının geliştirilmesine yönelik politika ve uygulamalara odaklanmış; tüberküloz ve sıtma gibi yaygın bulaşıcı hastalıklarla mücadele öncelikli hedefler arasında yer almıştır.

Üçüncü Plan (1973-1977), doğal kaynakların verimli kullanılmamasının çevre sorunlarını derinleştirdiğini kabul ederek çevre konularına daha merkezi bir rol tanımıştır. Sanayileşme ve kalkınma sürecinin aksatılmadan sürdürülebilmesi için çevresel önlemlerin tarım, kentleşme ve modernleşme süreçlerine entegre edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Dördüncü Plan (1979-1983), çevreyle ilgili konuları önceki dönemlere göre daha kapsamlı bir çerçevede ele almıştır. Bu planda hava, su ve deniz kirliliği; kanalizasyon yetersizliği; bozulmuş alanlardaki düşük yaşam koşulları; erozyon ve doğal kaynakların hatalı kullanımı gibi temel çevre sorunları ayrıntılı biçimde tanımlanmıştır. Ayrıca çevresel sorunların kalkınma süreçlerinden ayrı düşünülemeyeceği vurgulanmıştır.

Beşinci Plan (1985-1989), çevre sorunlarının hem önlenmesine hem de mevcut sorunların giderilmesine yönelik politikalara ağırlık vermiş; çevrenin korunması ve iyileştirilmesi bu dönemde daha fazla önem kazanmıştır.

Altıncı Plan (1990-1994), doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetimi bağlamında çevre politikalarına stratejik bir boyut kazandırmıştır.

Yedinci Plan (1996-2000), çevre bilincinin oluşturulmasında formal ve informal eğitimin kritik rolünü vurgulamış; toplumun tüm bireylerinin çevre konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca 1992 Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı sonrasında hazırlanan Gündem 21 doğrultusunda uluslararası düzenlemelerle uyumun zorunluluğuna dikkat çekilmiştir.

Sekizinci Plan (2001-2005), sürdürülebilir kalkınma ilkelerini ön plana çıkaran bir yaklaşımı benimsemiş; iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilikle ilgili önemli politika belgeleri hazırlanmış ve ekolojik dengenin korunması gereği vurgulanmıştır.

Dokuzuncu Plan (2007-2013), Avrupa Birliği (AB) uyum süreci doğrultusunda hazırlanmış ve uzun vadeli kalkınma hedeflerini içeren bir strateji belgesi niteliğinde olmuştur. Plan, Türkiye’nin AB müktesebatına uyum çalışmalarında çevre alanına yönelik önemli düzenlemeleri içermektedir.

Onuncu Plan (2014-2018), “yeşil büyüme” yaklaşımını benimseyerek çevrenin korunması, çevre dostu teknolojilerin desteklenmesi, sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarının teşviki ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi hedefleri ön plana çıkarmıştır. Ayrıca çevre alanında faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşlarının sayısının artırılması hedeflenmiştir.

On Birinci Plan (2019-2023), verimlilik artışı, sanayide rekabet gücünün yükseltilmesi ve ihracata dayalı büyüme modeli çerçevesinde şekillenmiş olup çevre politikalarını bu makro hedeflere entegre eden bir yapı sunmaktadır.

Güncel olarak yürürlükte olan On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) ise Türkiye’nin 2053 vizyonu doğrultusunda hazırlanmış olup sürdürülebilir kalkınma, çevresel koruma ve iklim politikalarına geniş yer vermektedir. Bu planda çevresel sürdürülebilirlik temel eksenlerden biri olarak belirlenmiş; doğa temelli çözümler, iklim dirençli kentlerin geliştirilmesi, karbon nötr kalkınma modelleri ve çevre dostu teknolojilerin yaygınlaştırılması gibi konularda somut hedefler ortaya konmuştur (Uzun, 2025).

Türkiye’de çevre sorunlarının son yıllarda artan biçimde gündemde yer alması, çevre politikalarının yalnızca yönetim düzeyinde değil eğitim alanında da daha görünür hâle gelmesine yol açmış; çevre eğitimi ve farkındalık çalışmaları eğitim sisteminde daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

1990 yılında İlköğretim Genel Müdürlüğü ile UNESCO arasında yapılan protokol kapsamında geliştirilen “İlköğretimde Çevre Eğitimi Öğretmen El Kitabı”, Türkiye’de çevre eğitiminin sınıf içi uygulamalarında temel bir kaynak olarak kullanılmaya başlanmıştır (Özçağlar, 1992). Bununla birlikte, 1982’de yürürlüğe giren yasa çevre eğitime ilişkin bazı hükümler içermesine rağmen, çevre eğitimi dersi 1992 yılına kadar resmi öğretim programlarında yer almamıştır. 1992 sonrasında ise ilkokullarda “Çevre, Sağlık, Trafik ve Okuma” dersi içerisinde çevre eğitimi yer almaya başlamış; aynı yıl ortaokullarda “Çevre ve İnsan” adıyla seçmeli ders olarak programa dâhil edilmiştir (Ünal ve Dımişki, 1999).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma alanındaki çalışmaları desteklemek amacıyla, 1993’te Turizm Bakanlığı öncülüğünde Türkiye Çevre Eğitim Vakfı (TÜRÇEV) kurulmuştur. Vakfın uluslararası düzeydeki ilk önemli adımı, kuruluşunun hemen ardından Uluslararası Çevre Eğitim Vakfı’na üyeliğidir. Bu iş birliği sonucunda, 1995’te Eko-Okullar, 2004’te ise Okullarda Orman programları Türkiye’de uygulanmaya başlamıştır (Mercan, 2023). Bu süreçte çevre eğitimi, sürdürülebilir kalkınma ve çevre koruma alanlarında ulusal kurumlarla uluslararası kuruluşların ortaklaşa yürüttüğü pek çok proje hayata geçirilmiştir. Aynı yıl, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) tarafından düzenlenen bir toplantıda Türkiye’de çevre eğitiminin güncel durumu ele alınmış; çevresel farkındalığı geliştirmeye yönelik çeşitli anlaşıma ve protokoller imzalanmıştır (TÇVY, 2007).

1999 yılında Millî Eğitim Bakanlığı ile Çevre Bakanlığı arasında imzalanan “Çevre Eğitimi Konularında Çalışmalara İlişkin İşbirliği Protokolü”, kurumsal düzeyde önemli bir dönüm noktasıdır. Bu protokol, çevre eğitiminin öğretim programlarına daha sistematik biçimde entegre edilmesini, öğrencilere uygulamalı çevre eğitimi fırsatlarının artırılmasını ve okul topluluğunda çevre bilincinin güçlendirilmesini amaçlamıştır (Ünal ve Dımişki, 1999; Özcan, 2010).

2005 yılında sürdürülebilirlik ekseninde eğitim çalışmalarını desteklemek amacıyla MEB, Çevre ve Orman Bakanlığı ve Bölgesel Çevre Merkezi iş birliğiyle Yeşil Kutu Türkiye Projesi başlatılmıştır. Bu proje kapsamında Talim ve Terbiye Kurulu, 2007 yılında yayımladığı bir genelgeyle küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerinin hem ilköğretim hem de ortaöğretim düzeyinde öğretilmesini zorunlu hâle getirmiştir (TÇVY, 2007). Ayrıca sosyal

bilgiler, coğrafya, hayat bilgisi, fen bilimleri, biyoloji, kimya ve sağlık bilimleri gibi birçok dersin öğretim programı, çevre konularıyla ilişkili kazanımları daha güçlü biçimde içerecek şekilde yeniden düzenlenmiştir (Bozkurt, 2011). Türkiye, bu uluslararası vizyonu benimseyerek, çevre eğitimini uzun yıllardır süregelen politikalarla ulusal müfredata entegre etmiştir (MEB, 2022a). Ancak, 2022 yılında MEB tarafından gerçekleştirilen ve dersin "Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği" (ÇEİD) olarak güncellenmesi, ülkenin iklim kriziyle mücadeledeki kararlılığını gösteren en önemli yapısal reformdur (MEB, 2022b). Bu reform, dersin içeriğini Türkiye'deki kuraklık ve su stresi gibi bölgesel etkiler özelinde, küresel iklim değişikliği odağıyla derinleştirmeyi hedeflemiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

ÇEİD Dersinin Bilişsel ve Duyuşsal Hedefleri

ÇEİD dersinde AG gibi teknolojilerle desteklenmesi hedeflenen temel öğrenme çıktıları, duyuşsal ve bilişsel becerilerin bir arada geliştirilmesini amaçlamaktır. Bilişsel alanın gelişimi olarak;

Çevresel Bilgi ve Kavram Anlama: Öğrencilerin iklim sistemlerinin işleyişi, sera gazı mekanizmaları, biyoçeşitlilik kaybı ve sürdürülebilir kalkınma gibi karmaşık kavramları doğru ve derinlemesine anlamasıdır.

Eleştirel Düşünme: Çevre eğitiminde bu beceri, öğrencilerin çevresel verileri analiz etme, farklı bilimsel ve etik perspektifleri değerlendirme ve mantıksal, etik temellere dayalı çözümler geliştirme yeteneğidir (Yıldırım vd., 2023). Çevre sorunlarının çok boyutlu ve tartışmalı yapısı nedeniyle, eleştirel düşünme, bilgiyi işleyen bireyler yetiştirmeyi destekler.

Duyuşsal alanın gelişimi olarak;

Çevreye Yönelik Tutum: Bireyin çevreye karşı sahip olduğu olumlu veya olumsuz duygusal, bilişsel ve davranışsal eğilimi ifade eder. Olumlu tutum, çevre koruma eylemlerine katılma istekliliğini doğrudan etkiler ve AG'nin etkileşimli yapısı bu tutumun gelişimini destekler (Atasoy ve Ertük, 2008).

Çevresel Farkındalık ve Duyarlılık: Çevresel sorunların varlığını ve önemini idrak etme (farkındalık) ile bu sorunlara karşı duygusal bir sorumluluk hissetme ve etik bir tepki verme (duyarlılık) süreçleridir. AG, görselleştirme gücü sayesinde bu duygusal bağı güçlendirir (Hajj-Hassan vd., 2024).

Artırılmış Gerçekliğin Tanımı ve Sınıflandırılması

AG, öğrencilerin sanal nesnelerle gerçek bağlamda etkileşime girmesine olanak tanıyarak, bilgiyi pasif olarak almak yerine, aktif olarak yapılandırmasına izin verir. Öğrenci, sanal bir sera gazı modelini kendi masasında inceleyerek, soyut kavramı somut bir deneyim üzerinden zihnine yerleştirir. AG, öğrencilere çevre sorunlarını bizzat deneyimleme ve müdahale etme fırsatı sunar (Acheampong vd., 2025). Örneğin, bir AG simülasyonunda su kaynaklarının tükenmesine neden olan faktörleri manipüle etmek, öğrencilerin teorik bilgiyi pratik sonuçlarla ilişkilendirmesini ve öğrenme sürecini kalıcı kılmasını sağlar.

Karmaşık ve soyut konular, öğrencilerin çalışma belleğinde gereksiz bilişsel yüke neden olur. AG, bu karmaşık bilgileri görsel, mekânsal ve etkileşimli 3D modellere dönüştürerek, yabancı bilişsel yükü azaltır ve öğrenme için ayrılan alanı maksimize eder (Bozkurt vd., 2021).

AG, kullanıcının gerçek dünyadan kopmaksızın, bilgisayar tarafından üretilen sanal bileşenlerle gerçekliğin zenginleştirilmesiyle elde edilen etkileşimli bir deneyimdir. AG'nin oluşum süreci ve kavramsal temelleri, Milgram ve Kishino'nun (1994) melez gerçeklik (Mixed

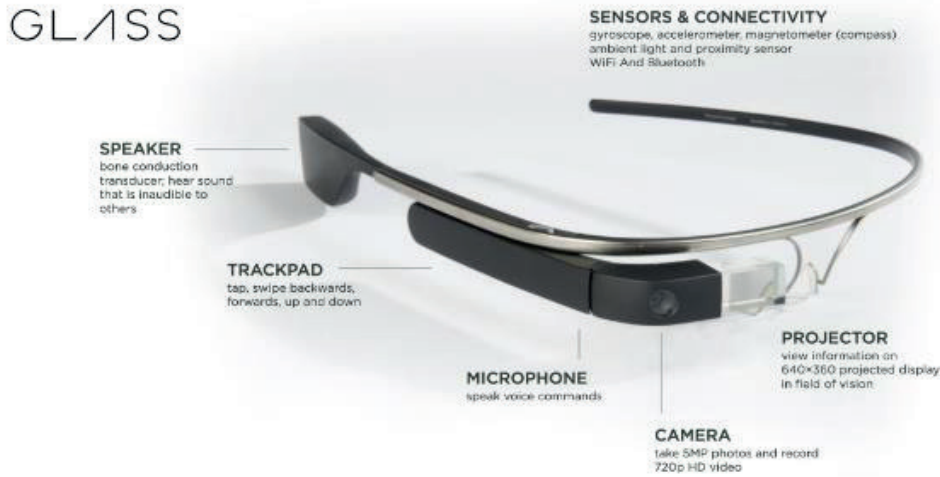
Reality) taksonomisine dayanır. Bu taksonomi, sanal olan ile gerçek olan arasındaki sürekli bir skalayı ifade eder. Bu süreç, Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Artırılmış gerçeğin oluşum süreci (Kishino ve Milgram,1994)

Artırılmış gerçeğin oluşum süreci, teknolojinin temel felsefesi olan gerçeklik-sanal sürekliliğini bilimsel bir temele oturtmaktadır (Milgram & Kishino, 1994) AG'nin kullanılabilecek temel uygulama mekanizmaları şunlardır:

Optik Tabanlı Artırılmış Gerçeklik: Bu tür uygulamalarda kullanıcıların dijital içeriklerle etkileşim kurabilmeleri için başa takılan görüntüleme cihazları, özel tasarlanmış gözlükler veya benzeri donanımlardan yararlanmaları gerekmektedir. Şekil 2’de gösterilen Google Glass buna örnek bir teknolojidir (Küçük, 2015). Bu sistemlerde, gerçek dünyada gözle görülebilen nesnelerin üzerine sanal öğeler bindirilerek kişiye özgü bir görsel algı alanı oluşturulur ve kullanıcı, fiziksel ve sanal unsurların birleştiği zenginleştirilmiş bir deneyim yaşamaktadır.



Şekil 2. Optik tabanlı artırılmış gerçeklik (<https://www.lukew.com/ff/entry.asp?207>)

Video Tabanlı Artırılmış Gerçeklik: Kamera aracılığıyla elde edilen gerçek ortam görüntülerinin üzerine sanal öğeler bindirilerek yeni bir görsel bütünlük oluşturulur (Küçük, 2015). Bu teknoloji temel olarak iki farklı yaklaşıma dayanmaktadır: işaretçi tabanlı ve konum tabanlı sistemler. İşaretçi tabanlı artırılmış gerçeklikte, masaüstü ya da mobil cihazların kameraları tarafından algılanan belirli görsel semboller “işaretçi” görevi görür. Kamera bu işaretçiyi tanıdığı anda, sanal nesneler cihaz ekranında gerçek görüntünün üzerine yerleştirilmiş

Genellikle artırılmış gerçeklik uygulamaları son yıllarda sağlık, eğitim, havacılık, savunma, reklamcılık, pazarlama, yayıncılık, seyahat, emlak, otomotiv, müzecilik, eğlence ve dijital oyunlar gibi pek çok sektörde, teknolojiye dayalı değişimlere paralel olarak kullanılmaktadır (Tıngır ve Tarlakazan, 2024). Şekil 5, artırılmış gerçekliğin farklı kullanım alanlarıyla ilgili örnekleri göstermektedir.



Şekil 5. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanıldığı alanlar

Artırılmış Gerçeklik ve Çevre Eğitimi

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin çevre eğitimi ve iklim değişikliği dersine entegrasyonu, bilgiyi somutlaştıran, öğrenciyi eyleme geçiren ve üst düzey düşünme becerilerini geliştiren bir pedagojik zorunluluktur. Çevresel meselelere yönelik çözümlerin keşfedilmesi ve çevre bilincinin artırılması, geleneksel yöntemlerin kısıtlı kaldığı noktalarda AG'nin sunduğu dinamik ortamla mümkün hale gelmektedir (Ganguly, 2025).

ÇEİD müfredatındaki temel zorluk, konuların büyük bir kısmının soyut, mekânsal ve zamansal olarak uzak olmasıdır. AG, bu soyutluk engelini aşarak öğrencinin zihnindeki kavramsal boşlukları doldurur. Sera gazı etkisi veya karbon döngüsü gibi karmaşık süreçler, AG ile 3 boyutlu molekül modelleri ve etkileşimli animasyonlar olarak sınıf ortamına yansıtılabilir. Öğrenciler, AG uygulaması aracılığıyla, bir buzdağının erime sürecini aşamalı olarak gösteren bir animasyonu ders kitabındaki basılı bir görsel üzerine bindirilmiş halde izleyebilirler. Bu sayede, öğrenciler bilgiyi sadece tanımlamak yerine, süreci anlamasına, içselleştirmesine ve bir sistemin parçası olarak görmesine olanak tanır (Abdüsselam, 2014). Geleneksel ders kitaplarındaki basılı görseller (marker), AG uygulamaları sayesinde etkileşimli videolara, 3D modellere veya sanal alan incelemelerine dönüşür. Çevresel sorunlar tek bir nedene bağlı değildir; çok sayıda karmaşık değişkenin etkileşiminden doğar. AG, öğrencilere bu sistemlerin döngüsel yapısını ve farklı değişkenler arasındaki neden-sonuç zincirlerini görselleştirme olanağı sunar. Öğrenciler, sanal bir orman ekosisteminde hava kirliliğinin veya asit

yağmurlarının etkilerini simüle edebilir, böylece sistem düşüncesi becerilerini somut bir şekilde geliştirirler.

AG'nin ÇEİD dersine entegrasyonu, öğrencilerin yalnızca bilişsel başarısını değil, aynı zamanda çevresel sorumluluk ve eleştirel analiz becerilerini de güçlü bir şekilde desteklemektedir. Çevresel felaket senaryolarını (kuraklığın yerel tarıma etkisi, kirliliğin deniz canlıları üzerindeki sonuçları) kontrollü bir sanal ortamda deneyimlemek, öğrencilerin çevresel riskler hakkında derinlemesine bir farkındalık kazanmalarını sağlar. Bu deneyim, öğrencilerin doğal yaşama karşı güçlü bir empati kurmasını ve duygusal bir duyarlılık geliştirmesini teşvik eder; bu da çevresel sorumluluk bilincinin içselleşmesinin anahtarıdır (Cho, Park 2023). AG, öğrencilere birer çevresel bilim insanı gibi hareket etme fırsatı sunarak karmaşık sorunları analiz etme becerilerini geliştirir. Çevre eğitiminde önemli teknolojik araçlardan biri olan artırılmış gerçeklik, kullanıcıların gerçek dünyadaki bağlamlar içerisinde sanal görüntülerle etkileşimde bulunmalarını mümkün kılmaktadır (Chen ve Tsai, 2012). Bu teknoloji, özellikle soyut kavramların somutlaştırılmasında ve her yerde öğrenme imkânı sağlamada büyük bir potansiyel sunmakta, bu nedenle doğa gezilerinde yoğun şekilde kullanılmaktadır (Arvanitis vd., 2009; Broll vd., 2008). Bu durum, öğrencilerin sadece bilgi tüketicisi değil, aynı zamanda bilgiyi kullanarak karmaşık kararlar veren bireyler olarak yetiştirilmesini sağlar. AG'nin sunduğu oyunlaştırılmış ve eğlenceli öğrenme deneyimi, öğrencilerin derse olan ilgisini ve merakını önemli ölçüde artırır (Yılmaz ve Batdı, 2016). Yüksek motivasyon, çevre koruma eylemlerine yönelik olumlu tutum geliştirmeyi teşvik eder ve bu da çevresel sorumluluğun içselleşmesini kolaylaştırır.

AG'nin sınıf ortamına entegrasyonu, geleneksel öğretme-öğrenme rollerini de dönüştürmektedir: Öğretmenin rolü, bilgi aktarıcıdan, öğrenme deneyimini kolaylaştırıcı ve zenginleştirici bir rehbera dönüşmektedir. Öğretmenler, teknolojik araçları kullanarak öğrencilere sorular sormak, tartışmaları yönlendirmek ve eleştirel analiz yapmaya teşvik etmek için daha fazla zaman ayırabilirler. AG'nin mobil tabanlı uygulamalar aracılığıyla sunduğu kolay erişilebilirlik, pahalı saha gezilerine veya laboratuvar ekipmanlarına ihtiyaç duyulmadan, Türkiye'nin tüm coğrafi bölgelerindeki öğrencilere zenginleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunma potansiyeline sahiptir ve eğitimde fırsat eşitliğini destekler.

Sonuç

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin çevre eğitimi ve iklim değişikliği dersine entegrasyonu, Türkiye eğitim sistemi için sadece çağdaş bir teknolojik uyum değil, aynı zamanda küresel iklim krizine karşı nesilleri hazırlayan zorunlu ve stratejik bir pedagojik ilerlemeyi temsil etmektedir. ÇEİD dersinin müfredatında yer alan iklim değişikliği mekanizmaları, biyoçeşitlilik krizi, karbon döngüsü ve sürdürülebilir kalkınma gibi konular, AG'nin sağladığı üç boyutlu modelleme ve gerçek zamanlı etkileşim sayesinde, öğrencilerin zihninde sadece teorik bilgi olarak kalmayıp, derinlemesine ve kalıcı bir şekilde yer edinmektedir (Wu vd., 2013). AG, karmaşık çevresel süreçleri basitleştirerek, öğrencilerin bilişsel yükünü azaltır ve öğrenmeyi kolaylaştırır; bu sayede öğrenciler bilgiyi ezberlemek yerine, anlamlandırma, içselleştirme ve bir sistemin parçası olarak görme yeteneği kazanırlar. AG uygulamalarının sürükleyici ve etkileşimli doğası, öğrencilerin derse olan içsel motivasyonunu ve ilgisini önemli ölçüde artırarak, çevre sorunlarına karşı duygusal bir duyarlılık, empati ve güçlü bir sorumluluk geliştirmelerini tetikler. Çevresel felaket senaryolarını kontrollü bir sanal ortamda deneyimleme imkânı, öğrencilerin sadece bilişsel bilgi düzeyini değil, aynı zamanda çevre koruma eylemlerine katılma istekliliğini belirleyen olumlu tutumlarını da güçlü bir şekilde destekler. En önemlisi, AG'nin sunduğu simülasyon tabanlı ve analitik öğrenme ortamları, öğrencilerin çevresel sorunların neden-sonuç zincirlerini bizzat incelemelerine olanak tanıyarak eleştirel düşünme, problem çözme ve karmaşık karar verme gibi 21. yüzyıl becerilerini doğal yollarla edinmelerini sağlar (Monroe, vd., 2019). AG, öğrencileri sadece bilgi tüketicisi olmaktan çıkarıp, bilgiyi kullanarak sürdürülebilir çözümler üreten aktif, sorumlu ve çözüm odaklı ekolojik vatandaşlar olarak yetiştirmenin en etkili yollarından birini sunmaktadır. AG'nin mobil tabanlı uygulamalar aracılığıyla sunduğu erişilebilirlik ve kişiselleştirilmiş öğrenme potansiyeli, pahalı altyapıya gerek kalmadan, Türkiye'nin tüm coğrafi bölgelerindeki öğrencilere zenginleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunarak, eğitimde fırsat eşitliğini destekler. Bu teknoloji, aynı zamanda öğretmenin rolünü bilgi aktarıcıdan, öğrenme deneyimini kolaylaştırıcı bir rehbera dönüştürerek, pedagojik uygulamaların kalitesini artırır. Nihayetinde, AG destekli bir ÇEİD eğitimi, öğrencileri küresel iklim okuryazarlığı ile donatarak, Türkiye'nin Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusundaki ulusal çabalarına doğrudan ve somut bir katkıda bulunur. AG destekli çevre eğitimi, sadece bir eğitim trendi değil, Türkiye'nin gelecek nesillerini iklim krizine karşı hazırlayan bilimsel, pedagojik ve toplumsal bir zorunluluktur. Başarılı bir entegrasyon, öğrencilerin çevre ile kurduğu duygusal ve bilişsel bağı güçlendirerek, sürdürülebilir bir yaşam tarzını benimsemelerinin önünü açacak ve Türk eğitim sisteminin küresel iklim kriziyle mücadeledeki vizyonunu gerçekleştirmesi için gerekli teknolojik ve pedagojik altyapıyı eksiksiz bir şekilde sağlamaktadır.

Kaynakça

- Abdüsselam, M. S. (2014). Artırılmış gerçeklik ortamı kullanılarak fizik dersi manyetizma konusunda öğretim materyalinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi. (Doktora tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 380258)
- Acheampong, R., Popovici, DM, Balan, TC, Rekeraho, A., & Oprea, IA (2025). Sanal Gerçeklikte Gelişmiş Güvenlik için Siber Güvenlik Risk Değerlendirmesi. Bilgi, 16 (6), 430.
- Arslan, S. (2011). Çevre eğitiminin eleştirel düşünme ve çevreye yönelik tutum üzerine etkisi (Sakarya il örneği). (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. Personal and ubiquitous computing, 13, 243-250.
- Aslan, S. (2021). AG uygulamalarının sosyal bilgiler dersinde öğrencilerin ders başarısına ve öğrenmenin kalıcılığına etkisi. (Doktora tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 685937)
- Atasoy, E. ve Ertürk, H. (2008). İlköğretim öğrencilerinin çevresel tutum ve çevre bilgisi üzerine bir alan araştırması. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 10(1), 105-122.
- Aydede, M. N., Deveci, Ü. ve Gönen, Ç. (2019). Çevre okuryazarlığı ve sürdürülebilirlik. Çevre eğitimi içinde (ss. 115-140). Ankara: Anı Yayıncılık
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments/MIT press.
- Benzer, E. (2010). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımıyla hazırlanan çevre eğitimi dersinin fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlığına etkisi (Doktora tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 279892)
- Bozkurt, A., Hamutoğlu, N. B., Kaban, A. L., Taşçı, G., & Aykul, M. (2021). Dijital bilgi çağı: Dijital toplum, dijital dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 7(2), 35-63.
- Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A. K., & Wetzel, R. (2008). Toward next-gen mobile AR games. IEEE Computer Graphics and Applications, 28(4), 40-48.
- Chen, C. M., & Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. Computers & Education, 59(2), 638-652.
- Chepesiuk, R. (2007). Environmental literacy: Knowledge for a healthier public. Environmental Health Perspectives, 115(10), 494-499.
- Cho, Y., & Park, K. S. (2023). Designing Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Science Education. Electronics, 12(2), 315. <https://doi.org/10.3390/electronics12020315>
- Çakır Yıldırım, B., Irmak, M. ve Tuncay Yüksel, B. (2023). Türkiye'de Çevre Eğitimi ve İklim Değişikliği Müfredatının İklim Değişikliği Okuryazarlığı Prizmasından Geçirilmesi. E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi, 10(3), 387-413. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.1346835>
- Çınar, Ö., Merdun, H., Azbar, N. ve Sofuoğlu, S.C. (2011). Çevre Kirliliği ve Kontrolü. S.Gökmen, (Ed.), Genel Ekoloji (2. Baskı) içinde, Ankara: Nobel Yayın.
- Erbaş, Ç. ve Demirer, V. (2014). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. Journal of Instructional Technologies and Teacher Education, 3(2), 8-16.
- Ganguly, R. (2025). Interactive and immersive media for environmental education. Int J Appl Res;11(1):117-122. DOI: [10.22271/allresearch.2025.v11.i1b.12267](https://doi.org/10.22271/allresearch.2025.v11.i1b.12267)

- Hajj-Hassan, M., Chaker, R., & Cederqvist, A.-M. (2024). Environmental Education: A Systematic Review on the Use of Digital Tools for Fostering Sustainability Awareness. *Sustainability*, 16(9), 3733. <https://doi.org/10.3390/su16093733>
- Kınacı, M.K.(2024). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının ekolojik okuryazarlık düzeyleri ve çevre eğitimi öz yeterlikleri arasındaki ilişkinin modellenmesi. (Doktora tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 882965)
- Koç Y. (2021). Çevresel Farkındalık. Halil Tokcan, Yavuz Topkaya (Ed). Çevre Eğitimi içinde (s. 81-93).Ankara: Pegem Akademi
- Korkmaz, K.A. (2024). Küresel iklim değişikliği ve küresel iklim değişikliğinin entegre su yönetimi üzerindeki olası etkileri. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Köse, İ. (2018). İklimliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi* , 9 (1), 55-81.
- Küçük, S. (2015). Mobil artırılmış eğitimin öğreniminin akademik başarıları ile ilgili yüklerine ve öğrenci kullanımına yönelik görüşleri. (Doktora tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 389140)
- Lynch, D. R., & Hutchinson, C. E. (1992). Environmental education. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 864-867.
- Mercan, G. (2023). Türkiye Çevre Eğitim Vakfı (TÜRÇEV)'nın çevre eğitimindeki öncü rolü: Sürdürülebilir gelecek için eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının incelenmesi. *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS)*, 14(53), 1212–1238. <http://dx.doi.org/10.35826/ijoess.3358>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2022). Çevre Eğitimi Ve İklim Değişikliği Dersi Öğretim Programı (Ortaokul 6, 7 veya 8. Sınıflar). MEB yayınları. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2022b). Çevre Eğitimi Ve İklim Değişikliği Dersi Öğretim Programı (Ortaokul 6, 7 veya 8. Sınıflar). MEB yayınları. Ankara. <https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=1143>, adresinden 21.01.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812.
- OECD (2018), *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/eag-2018-en>.
- Özcan, S. (2010). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Çevre Sorunlarına İlişkin Görüşlerinin Farklı Teknikler Kullanılarak Tespit Edilmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Özçağlar, A. (1992). İlköğretimde çevre eğitimi öğretmen el kitabı (kitap bölümü). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, İlköğretim Genel Müdürlüğü Yayını.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). Turkey – Voluntary National Review on the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development (VNR 2019). Birleşmiş Milletler. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/23862Turkey_VNR_110719.pdf
- TÇVY (2007). Çevre eğitimi. Türkiye Çevre Koruma Vakfı Yayınları, Ankara.
- Tıngır, M. ve Tarlakazan, B. E. (2024). Günümüz reklamcılığında yeni pratikler; artırılmış gerçeklikle reklam uygulamaları. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34(2), 723-734.

- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization [UNESCO], (2015). Not just hot air: putting climate change education into practice. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002330/233083e.pdf> adresinden 21 Aralık 2024 tarihinde edinilmiştir.
- Uzun, B. (2017). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının çevre bilinci ve çevresel duyarlılık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi (Niğde ili örneği). (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.
- Ünal, S., ve Dımışkı, E. (1999). UNESCO-UNEP Himayesinde Çevre Eğitiminin Gelişimi ve Türkiye'de Ortaöğretim Çevre Eğitimi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı: 16-17, 142-154.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & education, 62, 41-49.
- Yılmaz, Z. A. ve Batdı, V. (2016). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimle bütünleştirilmesinin meta-analitik ve tematik karşılaştırmalı analizi. Eğitim ve bilim, 41(188).