

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETİMİNDE GÜNCEL ÇALIŞMALAR

Editör
PAŞA YALÇIN



BİDGE Yayınları

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETİMİNDE GÜNCEL ÇALIŞMALAR

Editör: PAŞA YALÇIN

ISBN: 978-625-372-786-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 26.06.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Bilgi ve teknolojinin baş döndürücü bir hızla ilerlediği günümüz dünyasında, fen bilimleri eğitimi her zamankinden daha dinamik ve kritik bir rol üstlenmektedir. Bireylerin yalnızca bilimsel kavramları öğrenmesi değil, aynı zamanda sorgulayan, analitik düşünen, problem çözen ve bilimsel süreç becerilerine sahip “fen okuryazarı” yurttaşlar olarak yetişmesi, toplumsal ilerlemenin temelini oluşturmaktadır. Bu sorumluluk bilinciyle hazırlanan "Fen Bilimleri Öğretiminde Güncel Çalışmalar" adlı eserimiz, alanın saygın araştırmacılarını bir araya getirerek, fen eğitimi literatürüne zengin ve çok yönlü bir perspektif sunmayı hedeflemektedir.

Uluslararası bir yayınevi olan BİDGE Yayınları tarafından okurla buluşturulan bu kitap, her biri kendi alanında derinlemesine bir inceleme sunan değerli bölümlerden oluşmaktadır. Bu kolektif çabanın amacı, bilim eğitimi alanındaki kuramsal tartışmalara, metodolojik yeniliklere ve pratik uygulamalara ışık tutmaktır.

Bu değerli eserin ortaya çıkmasında, titiz çalışmaları ve engin birikimleriyle katkı sunan tüm bölüm yazarlarımıza en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu akademik yolculukta bizlere destek olan BİDGE Yayınevine yetkili ve çalışanlarına da müteşekkirim. Bu kitabın, fen bilimleri eğitimcilerine, lisansüstü öğrencilerine ve alandaki tüm araştırmacılara ilham vermesini ve yeni çalışmalara zemin hazırlamasını ümit ediyorum.

Saygılarımla,

Prof. Dr. Paşa YALÇIN

ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

WEB of SCIENCE, SCOPUS ve TR DİZİN VERİ TABANINDA
FEN OKURYAZARLIĞI İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN
ÇALIŞMALARA YÖNELİK BİBLİYOMETRİK ANALİZ 5

ESİN AĞGÜL 5

PAŞA YALÇIN 5

FEN EĞİTİMİNDE AKADEMİK BENLİK SAYGISI 28

ESİLA SAMUR 28

SEMA ALTUN YALÇIN 28

PAŞA YALÇIN 28

THE EFFECT OF TEACHING THE FORCE AND ENERGY UNIT
THROUGH MODELING ON ACADEMIC ACHIEVEMENT,
MOTIVATION, AND SELF-REGULATION SKILLS 64

PAŞA YALÇIN 64

YASEMİN SARAÇ 64

SEMA ALTUN YALÇIN 64

FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKANIN ROLÜ VE ETKİSİ 102

ZEHRA ÇAKIR 102

SEMA ALTUN YALÇIN 102

ESİLA SAMUR 102

WEB of SCIENCE, SCOPUS ve TR DİZİN VERİ TABANINDA FEN OKURYAZARLIĞI İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALARA YÖNELİK BİBLİYOMETRİK ANALİZ

**ESİN AĞGÜL¹
PAŞA YALÇIN²**

Giriş

Tüm dünyada ve ülkemizde fen okuryazarlığı ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Özellikle teknolojinin hızla gelişmesi Metaverse, Web 3.0, artırılmış gerçeklik ve yapay zekâ gibi kavramların hayatımıza girmesi bilime verilen önemin artmasına neden olmuştur. Tüm vatandaşların fen okuryazarı birey olarak yetişmesi ülkelerin önemli vizyonlarından biri haline gelmiştir. Bu noktada fen okuryazarlığı diğer adıyla bilim okuryazarlığı disiplinler arası yaklaşımla ele alınarak bilimi hayatımızın bütün alanlarında gözlemleme ve tanıma imkânı elde ettik. Özellikle okullarda fen eğitiminin günlük hayata uyarlanması

¹ Doktora Öğrencisi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, Orcid: 0000-0003-4442-756X esinzaim@outlook.com

² Unvan, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı, Orcid: 0000-0002-8085-7914 pasayalcin@hotmail.com

ve uygulanabilmesi adına büyük çalışmalar yapıldığını ve programlar geliştirildiğini görmekteyiz. Uluslararası düzeyde ise PISA'nın öğrencilerin okuma, matematik ve fen bilimleri yeteneklerini ölçerek raporlar yayımlayan bir sistem olarak bilim okuryazarlığı raporları sunmaktadır.

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler tüm dünyada fen okuryazarlığının öneminin anlaşılmasına neden olmuştur. Bilim okuryazarlığının öneminin bu derecede artması bu kavramla ilgili birçok tanımın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Foster & Shiel-Rolle (2011), bilim okuryazarlığını vatandaşların veya öğrencilerin bilim hakkında sahip olması gereken temel bilgiler olarak ifade etmiştir. Fakat Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) fen okuryazarlığını "Dünyanın doğasını ve insan faaliyetlerinden bilime yapılan değişimi anlamak ve karar vermeye yardımcı olmak için bilgiyi kullanma, soruyu tanımlama ve kanıtlara dayalı bir sonuç oluşturma kapasitesi" olarak tanımlamaktadır (Akt. Safrizal ve ark, 2022). Türkiye'de Millî Eğitim Bakanlığı'nın 21. Yüzyıl Becerileri ve Değerlere Yönelik Araştırma Raporu'nda, (Joynes vd., 2019), bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesiyle dönüşüm sürecine girdiğimiz bu çağda öğrencilerden birtakım yeni becerilere, 21. yüzyıl becerilerine, sahip olmaları beklenmektedir. 21. yüzyıl becerilerini, Van Laar ve diğerleri (2020) mevcut ekonomide eğitim ve iş yeri ile ilişkili beceriler olarak tanımlarmış. Fakat Anagün (2018) ve Voogt ve Roblin (2012) bu becerileri bireylerin 21. yüzyıl gerçeklerine ve şartlarına uyum sağlayabilmeleri ve etkin birer vatandaş olarak bu becerilerin birbirleriyle ilişkili olabileceğini de belirtir (MEB, 2023). Okuryazarlık kavramı sadece fen alanında kullanılmayıp diğer alanlarda da kullanılmaktadır. Çevre okuryazarlığı, medya okuryazarlığı, teknoloji okuryazarlığı, grafik okuryazarlığı, ahlak okuryazarlığı, depresyon okuryazarlığı ve biyo çeşitlilik okuryazarlığı gibi çeşitli kavramlar ve çalışmaların doğmasına neden olmuştur. Kalemkuş (2021), 21. Yüzyıl

becerilerinin sınıflandırılmasında öğrenme ve yenilik becerileri; bilgi-medya-teknoloji becerileri; yaşam ve kariyer becerileri yer almaktadır. Öğrenme ve yenilik becerileri içerisinde eleştirel düşünme - problem çözme, yaratıcılık - yenilik, iş birliği – iletişim mevcuttur. Bilgi-medya-teknoloji becerileri içerisinde ise medya okuryazarlığı, bilgi okuryazarlığı - bilgi, iletişim ve teknoloji okuryazarlığı vardır. Yaşam ve kariyer becerileri içerisinde ise girişimcilik - özyönetim, esneklik - uyum, liderlik - sorumluluk, verimlilik - hesap verebilirlik, sosyal ve kültürler arası beceriler yer almaktadır. 21. yüzyıl becerilerinin öğrencilere kazandırılabilmesi için ilkokul döneminde bu becerilerin öğretim programlarında yer almasının yararlı olacağı söylenebilir.

Bazı bilim adamları çağdaş toplumda bilimsel olarak okuryazar vatandaşlar yetiştirebilmek için çeşitli çerçeveler geliştirdiler Suwono vd. (2022), örneğin, Avustralya, Çin ve Güney Kore’de yapılan araştırmalar öğrencilere politik, sosyokültürel ve ekonomik ortamlar aracılığıyla tanıtılması gereken toplumsal değişiklerle ilgili temel bilim öğrenme alanlarına teşvik ettiler. Avustralya için Tytler (2007), öğrencilerin sorumlu kararlar almasını, yerel ulusal ve küresel toplulukları içinde iletişim kurmasını sağlayan bağlayıcı bilim öğrenme alanlarına atıfta bulunarak bilimsel okuryazarlığı tanımladı. Çin için Zhang vd.,(2005), bilimsel okuryazarlığın öğrencilerin günlük sorunlarını çözme yeteneklerini geliştirerek onları 21. Yüzyıl toplumuna hazırlamakla ilgili olduğunu belirtti.

Bilim okuryazarlığını teşvik etmede bilimin doğası ve bunun bilim eğitimindeki temel rolü yaygın olarak kabul edilmektedir. (Rudolph, 2000; Lederman, 2007), bilimin doğasının önemini fark eden dünya çapındaki eğitim sistemleri, öğrencilerin bilimin doğasını anlamalarını geliştirmek için bilim müfredatlarını ve öğretim yaklaşımlarını aktif olarak gözden geçiriyor ve böylece daha sağlam bir bilimsel okuryazarlık geliştiriyorlar. Bilimin doğasını

öğretmek artık bilimsel gerçekleri ve kavramları öğretmek kadar kritik kabul ediliyor. Artık bilimin nasıl işlediğine dair derin bir anlayışın, yalnızca bilimsel bilgiye hâkim olmak için değil, aynı zamanda bu bilgiyi hayatlarında düşünceli ve sorumlu bir şekilde uygulamak için de öğrenciler için vazgeçilmez olduğu yaygın olarak kabul ediliyor (Xie ve ark, 2025). Bilim okuryazarlığı kavramının yanı sıra bilim eğilimi kavramı da literatürde son zamanlarda öne çıkan kavramlar arasındadır. Montes vd., (2022), bilim eğilimleri terimi, bilim tutumlarını ve davranışlarını tanımlamak için kullanılmıştır. Bilim eğilimi kelimesi aslında bilim okuryazarlığı ile ilişkilidir (Grabau ve Damme, 2024).

Alanyazın incelendiği zaman fen okuryazarlığı ile ilgili yapılan çalışmaların nitel ve nicel çalışmalar olarak çeşitli değişkenler açısından çeşitli örneklem gruplarıyla ele alındığını görmekteyiz. Fen okuryazarlığı ile ilgili çalışmaların sistematik derlemesi olarak Kılınçaslan ve Dökme (2021), bu konuda yapılan 44 makalenin içerik analizini yapmışlardır. Ayrıca Derman ve Bezen (2025), fen eğitiminde kanıta dayalı öğretimin haritalandırılması amacıyla bibliyometrik analiz yapmışlardır. Aslan (2024), fen bilgisi eğitimi alanında okuryazarlık ile ilgili yapılmış 137 lisansüstü tezlerinin incelenmesini yaptığı çalışmasında ilgili lisansüstü tezlerin en çok 2019 ve 2022 yıllarında yapıldığı ve üniversite bazında en çok tezin Marmara Üniversitesi ve Gazi Üniversitesinde tamamlandığını tespit etmiştir. Ancak fen okuryazarlığı ile ilgili mevcut çalışmaların haritalandırılması amacıyla bibliyometrik analize tabi tutulmadığı tespit edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında fen okuryazarlığı ile ilgili çalışmaların belirli sınırlarda kaldığı ve son zamanlarda sistematik derleme türlerinden biri olan bibliyometrik analizlerin yapılmadığı tespit edildi. Bu sebeple bu konuyla ilgili yapılmış çalışmaların haritasını çıkararak literatürde büyük bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir. Fen okuryazarlığı kavramı ile ilgili Web of Science, Scopus ve TR Dizin veri tabanındaki

Çalışmaların haritalandırmasının yapılması kavramın geleceğini görme ve bu kavramla ilgili genel yapının ortaya konulması açısından önemlidir. Bu kapsamda çalışmaya yön veren araştırma soruları řu şekilde belirlenmiştir:

1) Fen okuryazarlığı terimiyle ilgili hangi kavramlar ön plana çıkmaktadır?

2) Ortak kelime ağı konusunda nasıl bir yapı ortaya çıkmaktadır?

3) İlgili yayınlrın, yazarların atıf sıralaması nasıldır?

4) Yazar anahtar sözcük ağı nasıldır?

5) Kurumların ortak yazar analizi ağları nasıldır?

6) alışmaların yıllara göre dağılımı nasıldır?

7) alışmaların tematik analiz sonuçları nasıldır?

Yöntem

Bu çalışmada amaç, Türkiye’de fen okuryazarlığı ya da bilim okuryazarlığı hakkında yapılan çalışmaların bibliyometrik analizini yaparak genel görünümleri hakkında çıkarımda bulunmaktır. Web of Science veri tabanında “fen okuryazarlığı” kelimesi “all field” (bütün alanlar) alanı seçilip Türkiye adresli çalışmalar işaretleterek, Scopus veri tabanında “fen okuryazarlığı” kelimesi aranarak Türkiye adresli çalışmalar seçilerek, TR DİZİN veri tabanında ise “fen okuryazarlığı” şeklinde aramalar gerçekleştirildi. Web of Science veri tabanında 2006 ile 2024 yılları arasında toplam 54 çalışmaya, Scopus veri tabanında 59 çalışmaya ve TR DİZİN veri tabanında ise 121 çalışmaya ulaşıldı. Her üç veri tabanında da fen okuryazarlığıyla ilgili yayımlanan Türk araştırmacıların çalışmalarının başlangıç tarihi olan 2006 yılının olması bu alandaki çalışmaların bu yılda başlamış olması açısından önem arz etmektedir. Daha sonra Web of Science ve Scopus veri tabanında sadece Türk araştırmacıların

alışmaları seçilerek indirilen veriler Vosviewer yazılım programına aktarılarak bibliyometrik eşleştirme analizleri yapılmıştır. Analize, fen okuryazarlığı ile ilgili yapılmış bütün çalışmalar dahil edilmiş olup çalışmaya dahil etmemek için herhangi bir kriter koyulmamıştır. TR Dizin veri tabanında ise fen okuryazarlığı ile ilgili çalışmalar indirilerek EşkiVeri-Akıllı Veri Analizi ve Analitiği Uygulaması'nın TR Dizin API'ndan veri çekme ve yükleme işlemi ile ilgili verilerin analizine başlandı.

Veri Analizi

Bu çalışmada fen okuryazarlığı ya da bilim okuryazarlığı kavramı ile ilgili yapılmış Türk araştırmacıların çalışmalarının bibliyometrik analiz ile çeşitli açılardan haritalandırılması yapılmıştır. Bibliyometrik analiz kitap, makale veya konferans bildirisi gibi bilimsel yayınların ya da belgelerin konusuna, yazar sayısına ya anahtar kelimesine göre istatistiklerinin değerlendirilmesidir (Qadri vd., 2022)

Bibliyometrik çalışmalarda elde edilen verilerin haritasını çıkarmak ve görselleştirebilmek için literatürde birçok yazılım mevcuttur. Bu alışmada Vosviewer yazılım tercih edilerek Web of Science veri tabanından elde edilen veriler analiz edildi. VOSviewer programı bibliyometrik haritaların grafiksel olarak görüntülenmesine imkân tanımaktadır (Van Eck & Waltman, 2010)

Bu alışmada Vosviewer analizi için Web of Science veri tabanı tercih edilmiştir. Vosviewer analizi için ulaşılan çalışmaların ortak yazar, kurumların ortak yazar analizi ve anahtar sözcük analizlerinden yararlanıldı. EşkiVeri 1.0.5: R-Shiny Entegrasyonlu Akıllı Veri Analizi için de TR Dizin veri tabanı tercih edildi. Bu kapsamda ulaşılan çalışmaların kelime bulutu, kelime ağı ortaya çıkarılıp, tematik analiz yapılarak çalışmalar değerlendirildi. EşkiVeri 1.0.5.: R Shiny Akıllı veri analizinin tercih edilme sebebi temelde veri çekme, veri yükleme, kelime bulutu, kelime ağı, ilişkili

kelimeler ve tematik analiz olmak üzere birçok metin veri madenciliği uygulamasını kodlama bilgisine gerek kalmadan kullanıcıların hizmetine ücretsiz sunan metin veri madenciliği uygulaması olmasıdır (Atabay, 2025). Daha sonra her iki veri analiz programına aktarılan verilerin haritalandırılması yapılarak sunuldu. Verilerin sunumu bibliyometrik bulgular ve betimsel bulgular olmak üzere iki başlık altında ele alındı.

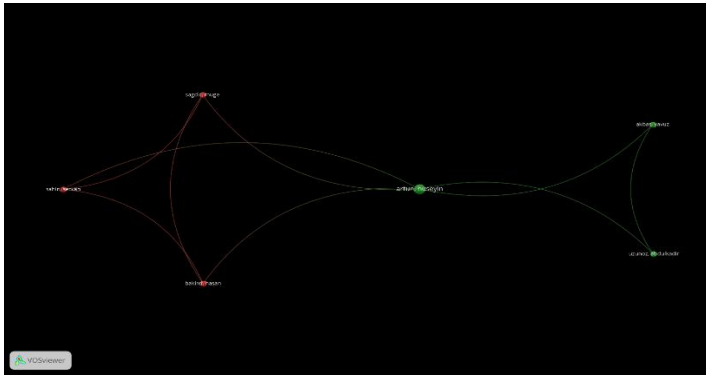
Bulgular

1) Web of Science Veri Tabanı ile İlgili Bibliyometrik Bulgular

Ortak yazar analizi (Co-authorship of Authors)

Yazarların ortak yazar analizi Şekil 1’de gösterilmiştir.

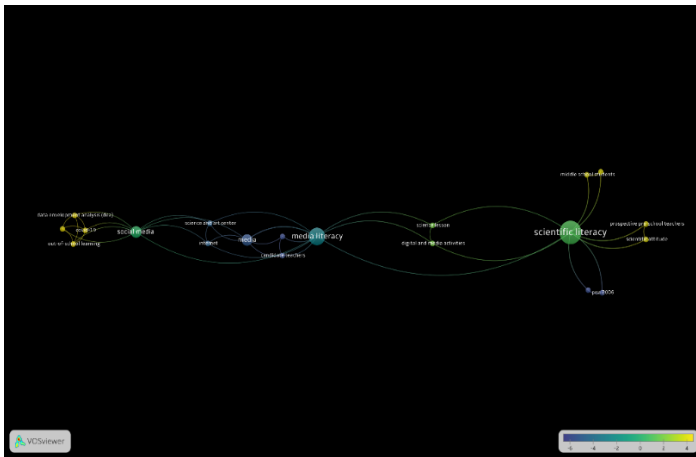
Şekil 1. Ortak yazar bağlantıları



Ortaklık yazar analizine göre aralarında en fazla bağlantı olan ve en çok iş birliği yapan yazarları tespit etmek için en az 1 yayın ve en az 1 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır. Analiz sonucuna göre 2 kümede birleşen 6 isim ve toplam 9 bağlantı görülmektedir. En çok atıf alan yazarların (40 atıf Yeşim Özer, 40 atıf Duygu Anıl, 32 atıf Cevriye Ergül, 32 atıf Birkan Güldenoğlu, 32 atıf Tevhide Kargın) en bağlantılı yazarlar olduğu (Yeşim Özer ve Duygu Anıl) hariç Şekil 1’deki ortak yazar analizinde görülmektedir. Ancak bağlantı gücü diğerlerine göre daha yüksek

Yazar Anahtar Sözcük Analizi (Co-occurrence of Author Keywords)

Şekil 2. Yazarların en sık kullanıldığı anahtar kelime ağları



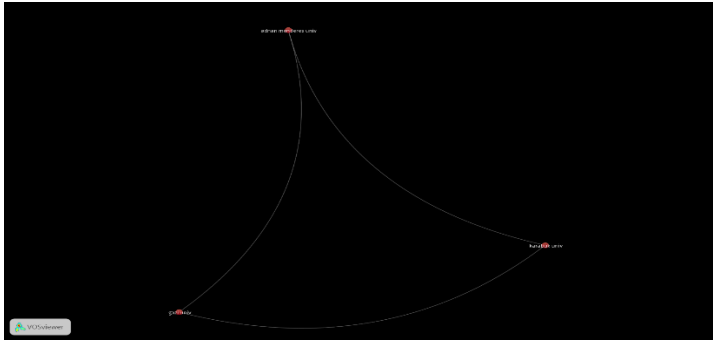
--12--

olmuştur. En az 2 defa görülen ve aralarında ilişki bulunan 20 gözlem birimi ile yapılan analiz neticesinde toplam 5 küme, 40 bağlantı ve 1350 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Ayrıca renk kümelerine bakıldığında yeşil renk kümesinin yoğun olduğu ve bu renk kümesinde fen okuryazarlığı anahtar kelimesinin ve ilgili kavramlarının yoğunlaştığı tespit edildi. Ancak fen okuryazarlık kavramıyla ilgili çalışılan veri zarflama analizi, okul dışı etkinlikler ve Covid-19 gibi kavramların uzak ağlar oluşturduğu ve az kümelendiği tespit edildi.

Kurumların Ortak Yazar Analizi (Co-authorship of organization)

Kurumların ortak yazarlık analizi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Kurumların ortak yazarlık analizi



Kurumların ortak yazarlık analizine dair ağ haritası oluşturmak için kurumun en az sahip olduğu belge sayısı 1 ve bu kurumun en az 1 tane atıf aldığı belge seçilerek analiz yapıldı. Analiz sonucuna göre 1kümede birleşen 3 kurum ve toplam 3 bağlantı görülmektedir. Bu kritere göre yapılan analizde fen okuryazarlığı ile ilgili yayınlarda en çok atıf alan kurumların (61atıf Hacettepe Üniversitesi, 34 atıf Ankara Üniversitesi, 32 atıf Hasan Kalyoncu Üniversitesi) ortak iş birliği açısından zayıf oldukları tespit edildi. Gazi Üniversitesi, Adnan Menderes Üniversitesi ve Karabük

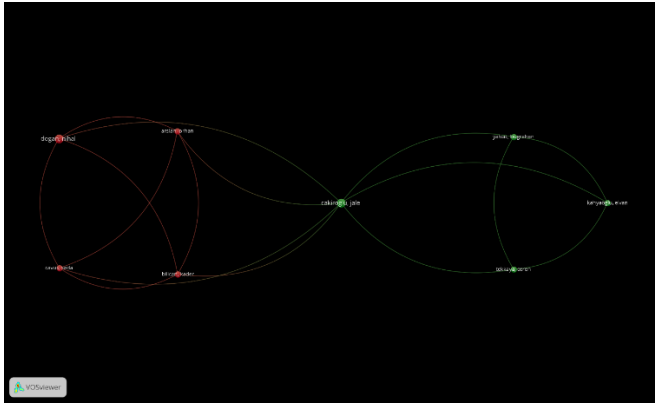
Üniversitesinin kendi aralarında bağlantı güçlerinin diğer kurumlara göre ortak yazarlık iş birliği açısından daha yüksek olduğu tespit edildi.

2) SCOPUS Veri Tabanı ile İlgili Bibliyometrik Bulgular

Ortak yazar analizi (Co-authorship of Authors)

Yazarların ortak yazar analizi Şekil 4’de gösterilmiştir.

Şekil 4. Ortak yazar bağlantı



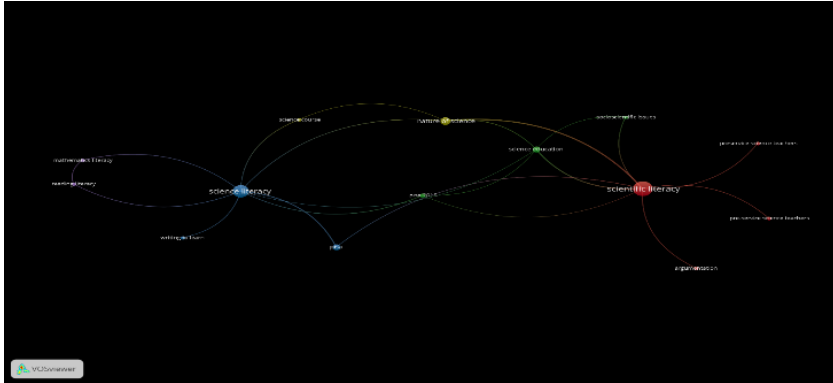
Ortaklık yazar analizine göre aralarında en fazla bağlantı olan ve en çok iş birliği yapan yazarları tespit etmek için en az 1 yayın ve en az 1 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır. Analiz sonucuna göre 2 kümede birleşen 8 isim ve toplam 16 bağlantı görülmektedir. En çok atıf alan yazarların (159 atıf Murat Günel, 56 atıf Muammer Çalık, 50 atıf Cüneyt Ulu, 48 atıf Jale Çakıroğlu, 43 atıf Ceren Tekkaya, 43 atıf Buğrahan Yalvaç) en bağlantılı yazarlar olduğu Şekil 4’de anlaşılmaktadır. Ancak bağlantı gücü diğerlerine göre daha yüksek olan Nihal Doğan, Seda Çavuş isimli yazarların en çok atıf alan yazarlar arasında olmadığını görmekteyiz. Bu ağlar vasıtasıyla fen okuryazarlığı ve ilgili kavramlar hakkında en çok çalışma yapan ve güncelliğini koruyan

yazarların sıralamasını, aldıkları atıfları ve bağlantılarını görmek mümkün olmaktadır.

Yazar Anahtar Sözcük Analizi (Co-occurrence of Author Keywords)

Anahtar sözcük analizi Şekil 5’te verilmiştir.

Şekil 5. Yazarların en sık kullanıldığı anahtar kelime ağları



En sık kullanılan anahtar sözcüklere göre ağ haritası oluşturmak üzere bir anahtar kelimenin tekrarlanma sayısı 2 olarak belirlenmiştir. Bu kritere göre yapılan analizde fen okuryazarlığı ile ilgili yayınlarda en sık kullanılan anahtar sözcüklere bakıldığında 34 tekrar ile bilimsel okuryazarlık, 23 tekrar ile bilim okuryazarlığı, 9 tekrar ile bilimin doğası, 6 tekrar ile fen eğitimi ve PİSA ifadeleri başta gelmektedir. Toplam bağlantı gücü açısından en güçlü ifadeler bilimsel okuryazarlık, bilim okuryazarlığı, bilimin doğası ve fen eğitimi olmuştur. En az 2 defa görülen ve aralarında ilişki bulunan 14 gözlem birimi ile yapılan analiz neticesinde toplam 5 küme, 21 bağlantı ve 47 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. Ayrıca renk kümelerine bakıldığında mavi ve kırmızı renk kümesinin kendi aralarında ilgili anahtar kelime grubuna göre ağlar oluşturduğu tespit edildi.

Kurumların Ortak Yazar Analizi (Co-authorship of Organization)

Kurumların ortak yazarlık analizi Şekil 6’da verilmiştir.

Şekil 6. Kurumların ortak yazarlık analizi



Kurumların ortak yazarlık analizine dair ağ haritası oluşturmak için kurumun en az sahip olduğu belge sayısı 1 ve bu kurumun en az 1 tane atıf aldığı belge seçilerek analiz yapıldı. Analiz sonucuna göre 1 kümede birleşen 5 kurum ve toplam 10 bağlantı görülmektedir. Bu kritere göre yapılan analizde fen okuryazarlığı ile ilgili yayınlarda en çok atıf alan kurumların (67 atıf Atatürk Üniversitesi, 50 atıf Marmara Üniversitesi, 43 atıf Ortadoğu Teknik Üniversitesi, 41 atıf TED Üniversitesi) olduğu görüldü. Ancak ortak iş birliği açısından zayıf oldukları tespit edildi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesinin kendi aralarında bağlantı güçlerinin diğer kurumlara göre ortak yazarlık iş birliği açısından daha yüksek olduğu tespit edildi.

TR Dizin Veri Tabanı ile İlgili Bulgular

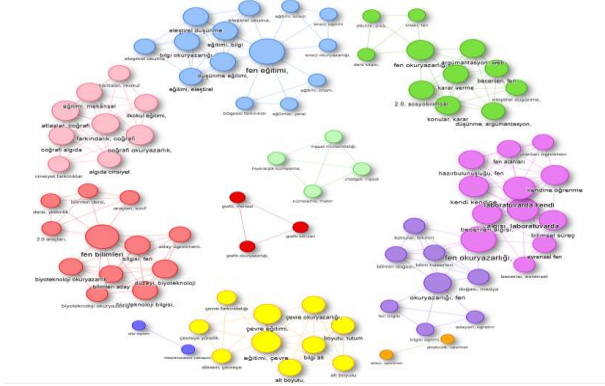
Çalışmaların kelime bulutu analizi Şekil 7’de verilmiştir.

Şekil 7. Çalışmaların kelime bulutu analizi



Kelime bulutu analizinde kelime bulutu boyutu 0,8, minimum kelime uzunluğu 3 seçilerek yapılan analiz sonucunda fen okuryazarlığı ile ilgili yapılmış TR Dizin veri tabanındaki çalışmalarda daha çok disiplinler arası, tutum, biyoteknoloji, bilimin boyutu, bilim algısı, argümantasyon ve bilimsel düşünme gibi kelimelerin kullanıldığı tespit edildi. Çalışmaların kelime ağı analizi Şekil 8’de verilmiştir.

Şekil 8. Çalışmaların Kelime Ağı Analizi



Kelime ağı analizinde minimum kelime frekansı 4, maksimum kelime frekansı 100 seçilip bağlantı ağırlığı eşiği 0,12 alınarak yapılan analiz sonucunda fen okuryazarlığı ile ilgili kavramların kendi aralarında ilgili ağlar oluşturduğu tespit edildi.

Web of Science veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların anahtar sözcük analizinde geçen fen okuryazarlığı ve çevre eğitimi gibi kelimelerin TR Dizin veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmalarda geçen kelimelerle ortak olduğu tespit edildi.

Çalışmaların özetlerinin tematik analizi sonucunda ‘eğitim-öğretim’, ‘okuryazarlık’, ‘bilimsel araştırma’, ‘ölçme ve değerlendirme’ ve ‘metodoloji’ gibi kavramların ön plana çıktığı tespit edildi. Ayrıca;

Eğitim Odaklı Veri:

Temel Kavramlar:

- **Eğitim:** Öğretim ve öğrenme sürecine vurgu yapar.
- **Öğretmen:** Öğrencilerin eğitim yolculuğundaki rehberlere odaklanır.
- **Öğretim:** Eğitim verme eylemine değinir.
- **Sınıf:** Eğitimin gerçekleştiği fiziksel veya sanal alanları tanımlar.
- **Program:** Eğitimsel hedeflere ulaşmak için yapılandırılmış bir dizi faaliyeti temsil eder.

Okuryazarlık ve Fen:

- **Okuryazarlık:** Bilgiyi anlama ve iletme yeteneğine dikkat çeker.
- **Fen:** Bilimsel ilkeler ve yöntemler hakkında bilgiyi vurgular.

Araştırma ve Değerlendirme:

- **Araştırma:** Eğitim uygulamaları ve sonuçları hakkında bilgi toplama sürecidir.
- **Belirlenmiştir:** Araştırma bulgularından elde edilen sonuçları ifade eder.

- **Anlamalı:** Araştırma sonuçlarının eğitim uygulamalarına yönelik yansımalarını belirtir.

Medya ve Teknoloji:

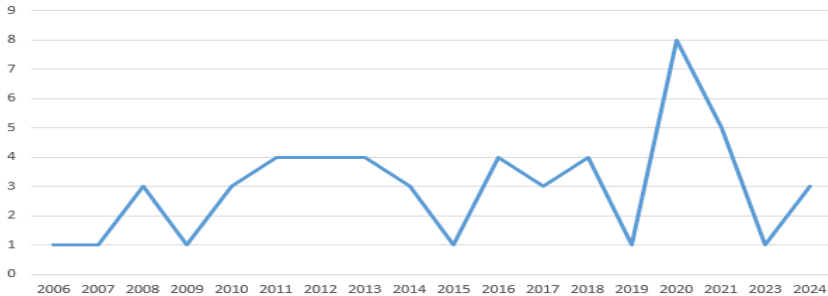
- **Medya:** Eğitim materyallerinin ve kaynaklarının dağıtımıyla ilgilidir.
- **Analiz:** Veri yorumlama ve eğitim uygulamalarını iyileştirme için kullanılan yöntemleri tanımlar.

3) Betimsel Bulgular

Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Web of Science veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde en çok çalışmanın 2020 yılında yapıldığını, 2018, 2016, 2013 ve 2011 yıllarında aynı sayıda çalışma yapıldığını, 2020 yılında çalışmalarda artış olurken 2023 yılına gelindiğinde çalışmaların düştüğü tespit edildi. Çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 9’da verilmiştir.

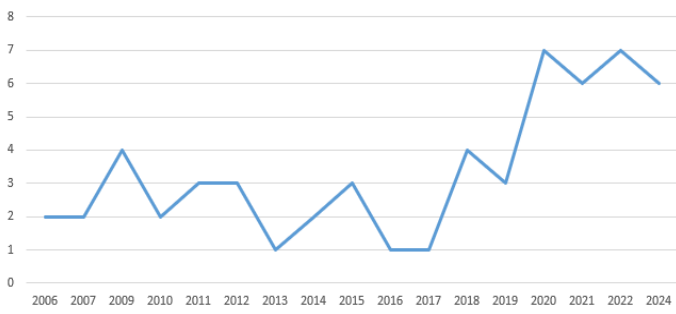
Şekil 9. Web of Science veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların yıllara göre dağılımı



Scopus veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde en çok çalışmanın 2020 ve 2022 yılında yapıldığını, 2015, 2012, 2011 ve 2009 yıllarında aynı sayıda çalışma yapıldığını, 2019 yılında çalışmalarda bir miktar düşüş olurken,

2020 yılına gelindiğinde çalışmaların arttığı tespit edildi. Çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 10’da verilmiştir.

Şekil 10. Scopus veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların yıllara göre dağılımı



TR Dizin veri tabanında fen okuryazarlığı ile ilgili yayınlanan çalışmalar yıllara göre dağılımı incelendiğinde en çok çalışmanın 2019 yılında olduğu ve bunu 2023 yılının takip ettiği görülmektedir. Genel anlamda çalışmaların sıklıkları yıllar geçtikçe artmış olup, 2019 yılında en yüksek seviyesine ulaşmış ve bunu takip eden iki yıl boyunca az bir düşme gösterip 2023 yılında fen okuryazarlığı ile ilgili çalışmalar tekrardan artış göstermiştir. Ancak 2024 yılında yapılan çalışmaların sayısı 2019 yılına göre az olduğu ve sonucun Web of Science veri tabanında yapılmış olan çalışmaların yıllara göre dağılımına göre farklılık gösterdiği tespit edildi. TR Dizin veri tabanında yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 11’de verilmiştir.

Şekil 11. TR Dizin veri tabanında yayınlanan çalışmaların yıllara göre dağılımı



Tablo 1. TR Dizin veri tabanında fen okuryazarlığı ile ilgili en çok atıf alan dergilerin dağılımı ve atıf sayıları

Dergi Adı	Makale Sayısı	Atıf Sayısı
Eğitim ve Bilim	6	42
Journal of Turkish Science Education	1	29
Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi	2	26
Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri	1	26
On dokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	2	18
Turkish Studies (Elektronik)	2	17
Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi	2	17
Anadolu Journal of Educational Sciences International	1	14
Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	6	14
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	3	13
Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi	4	13
Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	2	12
Uluslararası Eğitim Programları ve Öğretim Çalışmaları Dergisi	1	12
Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	2	12
Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi	8	9
Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi	1	9
İlköğretim Online (elektronik)	3	8
International journal of geography and geography education (Online)	1	7
Journal of Turkish Science Education	1	7

TR Dizin veri tabanında fen okuryazarlığı ile ilgili yapılmış çalışmaların dağılımı ve atıf sayıları incelendiğinde en çok yayın yapan derginin Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi daha sonra Eğitim ve Bilim Dergisi ile Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisinin yer aldığını görmekteyiz. Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri gibi bazı dergilerinde yayınları az olmasına rağmen yayını çok olan diğer dergilere göre daha fazla atıf aldığı tespit edildi. Fen okuryazarlığı

ile ilgili yapılmış olan çalışmaları çok olan dergilerin az olan dergilere göre atıf sayısı genel anlamda daha azdır.

Sonuç

Bu çalışmada fen okuryazarlığı ya da bilim okuryazarlığı ile ilgili yapılmış Web of Science ve Scopus veri tabanındaki Türk araştırmacıların çalışmaları ile TR Dizin veri tabanındaki çalışmalar çeşitli analiz programları kullanılarak bibliyometrik ve betimsel analiz açısından incelenmiştir. Bu çalışmaların analiz sonuçları yıl bazında incelendiğinde her iki veri tabanında en erken yapılan çalışmanın 2006 yılı olması bu kavramın dünya genelinde henüz yeni yaygınlaşması ile ilgili olabilir. Zamanla özellikle 2017 yılından sonra çalışmaların artış göstermesi fen okuryazarlığı kavramının ülkeler için öneminin farkına varılması ve Türkiye'nin de bu konuda çeşitli çalışmaların içine girmesindendir. Kılınçaslan ve Dökme (2022), Türkiye'de fen okuryazarlığına ilişkin çalışmaların 2004 yılı itibari ile başladığı, özellikle 2012 yılında artış göstererek günümüze kadar devam ettiğini tespit etmişlerdir. Fen okuryazarlığı kavramının önemi anlaşılmış gibi görünmekte ancak globalleşen dünyada bu çalışmaların nitelik ve nicelik olarak Türkiye açısından az olduğunu söylemek mümkündür.

Bibliyometrik ve betimsel analiz ile fen okuryazarlığı alanında yapılan çalışmaların yazar, anahtar sözcük, kelime ağı, bibliyometrik analiz ve yıllara göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Her iki analizin sonuçları değerlendirildiğinde hem Web of Science ve Scopus, hem de TR Dizin veri tabanında elde edilen bulgular çalışmaların yıllara göre dağılımların birbirine yakın olduğu söylenebilir. Şöyle ki Web of Science veri tabanında yayınlanan Türkçe çalışmaların en çok 2020 yılında olduğu, Scopus veri tabanında ise en çok çalışmanın 2020 ve 2022 yılında yapıldığını, TR Dizin veri tabanında ise en çok çalışmanın 2019 yılında yayınlandığını görmekteyiz. Ortak yazar analizinde Web of Science

veri tabanında (40 atıf Yeşim Özer, 40 atıf Duygu Anıl, 32 atıf Cevriye Ergül, 32 atıf Birkan Güldenoğlu, 32 atıf Tevhide Kargın) isimli yazarlar en çok atıf alırken, Hasan Bakırcı, Serkan Şahin, Müge Sağdıç, Yavuz Akbaş ve Abdulkadir Uzunöz isimli yazarların da bağlantı gücü yüksek olmasına rağmen az atıf alan yazarlar arasında olduğu tespit edildi. Scopus veri tabanında ise (Murat Günel, Muammer Çalık, Cüneyt Ulu, Jale Çakıroğlu, Ceren Tekkaya, Buğrahan Yalvaç) en bağlantılı yazarlar olduğu ancak bağlantı gücü diğerlerine göre daha yüksek olan Nihal Doğan, Seda Çavuş isimli yazarların en çok atıf alan yazarlar arasında olmadığı da tespit edildi.

Her iki veri tabanında da yazarların en sık kullandığı anahtar sözcükler fen okuryazarlığı, medya ve sağlık okuryazarlığı, görsel okuryazarlık, sosyal medya ve çevre eğitimi ifadeleri ayrıca biyoteknoloji, bilimin boyutu, bilim algısı, argümantasyon ve bilimsel düşünme, bilimsel okuryazarlık, bilim okuryazarlığı, bilimin doğası, fen eğitimi ve PISA ifadeleri başta gelmektedir. Toplam bağlantı gücü açısından en güçlü ifadeler fen okuryazarlığı, medya ve medya okuryazarlığı, bilimsel okuryazarlık ve bilimin doğası olmuştur.

Fen okuryazarlığı kavramı ile ilgili olarak tematik analizi sonucunda ‘eğitim- öğretim’, ‘okuryazarlık’, ‘bilimsel araştırma’, ‘ölçme ve değerlendirme’ ve ‘metodoloji’ gibi kavramların plana çıktığı tespit edildi. TR Dizin veri tabanında fen okuryazarlığı ile ilgili yapılmış çalışmaların dağılımı ve atıf sayıları incelendiğinde en çok yayın yapan derginin Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi daha sonra Eğitim ve Bilim Dergisi ile Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisinin yer aldığı tespit edildi. Ayrıca Web of Science veri tabanında Gazi Üniversitesi, Adnan Menderes Üniversitesi ve Karabük Üniversitesinin kendi aralarında bağlantı güçlerinin diğer kurumlara göre ortak yazarlık iş birliği açısından daha yüksek iken, Scopus veri

tabanında bu kurumların Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesi olduğu tespit edildi. Her iki veri tabanında da fen okuryazarlığı ile ilgili çalışma yapan kurumlar arasında Gazi Üniversitesinin bağlantı gücünün yüksek olduğu görülmektedir.

Ülkemizde fen okuryazarlığı ile ilgili yapılmış bibliyometrik analiz çalışmaları çok az olmakla birlikte uluslararası yayınlarda herhangi bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Türkiye’de de fen okuryazarlığı ile ilgili olarak böyle bir çalışmanın olmaması çalışmayı özgün kılmakta ve diğer çalışmalardan ayırmaktadır. En sık kullanılan anahtar sözcük haritalandırılması ile de fen okuryazarlığı kavramıyla ilgili yapılan çalışmaların hangi alanlara eğiliminin daha fazla olduğunun tespiti ile de gelecek araştırmacılar için rehber niteliğinde olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın birtakım sınırlılıkları bulunmaktadır. WOS Core Collection ve Scopus veri tabanındaki Türkçe çalışmalar ve TR Dizin veri tabanında listelenen çalışmalar analiz edilmiştir. Türkiye’deki diğer veri tabanındaki çalışmaların analize alınmaması sınırlılıklar arasındadır.

Kaynakça

Atabay, E. (2025). EkşiVeri 1.0.5: R-Shiny Entegrasyonlu Akıllı Veri Analizi ve Analitiği Uygulaması (1.0.5). *Tourism Analytics*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14628634>

Derman, İ., & Bezen, S. (2025). Fen Eğitiminde Kanıta Dayalı Öğretimin Evriminin Haritalanması: Bibliyometrik Bir Yaklaşım. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-38. <https://doi.org/10.46778/goputeb.1517854>

Grabau, LJ, Van Damme, J. (2024). İrlanda ve Flaman Bölgesinde Erken Ortaöğretimde Okul Katmanlaşması ve Bilim İklimi: Öğrencilerin Bilim Eğilimleri ve Bilim Okuryazarlığı ile İlişkileri. *Uluslararası Bilim ve Matematik Eğitimi Dergisi* 22, 1563–1587. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10439-x>

Kalemkuş, J. (2021). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı Kazanımlarının 21.Yüzyıl Becerileri Açısından İncelenmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 11(1), 63-87. DOI: 10.18039/ajesi.800552

Kılınçaslan, H., & Dökme, İ. (2022). Türkiye Kapsamında Fen Okuryazarlığı: Betimsel Bir İçerik Analizi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 12(2), 911-925. <https://doi.org/10.24315/tred.943835>

MEB (2023). 21. Yüzyıl Becerileri ve Değerlere Yönelik Araştırma Raporu. https://ttkb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2023_05/11153521_21.yy_becerileri_ve_degerlere_yonelik_arastirma_raporu.pdf (Erişim tarihi: 14.02.2025)

Safrizal, S., Sudarmono, & Yulia, R. (2022). Developing Students Science Literacy İn Adiwiyata School: Case Study İn Padang City, Indonesia. *Journal of Turkish Science Education*, 19(4), 1192-1205.

Suwono, h. *et al.* (2022). The Development and Validation of an Instrument of Prospective Science Teachers' Perceptions of Scientific Literacy. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=82bc9f14-0673-385e-9e11-6974d73b3c76>.

Temel Aslan, S. (2024). Fen Bilgisi Eğitimi Alanında Okuryazarlık İle İlgili Yapılan Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi (2014-2023), *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS)*, 15(57), 1176-1192. DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijoess.4478>

Tytler, R. (2007). Re-imagining Science Education: Engaging Students İn Science for Australia's future. ACER Press, *Australian Council for Educational Research*. <https://research.acer.edu.au/aer/3>

Qadri, H. M. U., Ali, H., Jafar, A., Tahir, A. U. M. ve Abbasi, M. A. (2024). Exploring the hot spots and global trends in Takaful research through bibliometric analysis based on Scopus database (2001- 2022), *Journal of Islamic Accounting and Business Research*, 15(2), 291- 305. <https://doi.org/10.1108/JIABR-02-2022-0055>

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

Xie, L., Wang, LM., Li, Z. *et al.* (2025). Representations of Nature of Science in Chinese Physics Curriculum Standards over the Past Two Decades. *Sci & Educ*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00611-2>

Zhang, B., Krajcik, J. S., Sutherland, L. M., Wang, L., Wu, J., & Qian, Y. (2005). Opportunities and challenges of China's inquiry-based education reform in middle and high schools:

Perspectives of science teachers and teacher educators. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(4), 477-503.
<https://doi.org/10.1007/s10763-005-1517-8>

FEN EĞİTİMİNDE AKADEMİK BENLİK SAYGISI

ESİLA SAMUR¹
SEMA ALTUN YALÇIN²
PAŞA YALÇIN³

Giriş

Bireyin yaşamı boyunca sergilediği davranışların temelinde, büyük oranda kişilik yapısı yer almaktadır. Kişilik, bireyin bilişsel, duyuşsal ve sosyal yönlerini yansıtan, onu diğer bireylerden ayıran çok boyutlu bir yapıdır. Bu yapının gelişiminde belirleyici olan unsurlardan biri ise benlik kavramıdır. Benlik, bireyin kendisini nasıl algıladığı, kendisine ilişkin düşünceler geliştirdiği ve çevresiyle kurduğu etkileşimler sonucu şekillenen bir yapı olarak tanımlanır (Cevher ve Buluş, 2006). İnsan doğduğu andan itibaren çevresiyle sürekli etkileşim hâlinde olup, aktif bir öğrenen olarak benlik gelişimini sosyal etkileşimler yoluyla sürdürmektedir.

¹ Doktora Öğrencisi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orcid: 0000-0002-2927-318X, esilasummer24@gmail.com,

² Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0001-6349-2231

³ Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0002-8085-7914

Benlik kavramı, bireyin kendi değerini tanıması, potansiyelini keşfetmesi ve yaşamındaki seçimleri sağlıklı bir şekilde yönlendirebilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Özellikle öğrencilerin, kendi güçlü yönlerinin farkına varabilmeleri, başarılı oldukları alanları tanımlayabilmeleri ve bu doğrultuda akademik ve mesleki tercihler yapabilmeleri, benlik gelişimleriyle doğrudan ilişkilidir (Uzunoğlu, 2019). Bu gelişimin önemli bir alt boyutu olan akademik benlik, bireyin akademik etkinlikler karşısındaki öz yeterlik algısı ve başarıya dair öz değerlendirmesidir. Diğer bir ifadeyle, birey akademik ortamda kendisini ne kadar başarılı, yeterli ve değerli görüyorsa, bu durum akademik benlik saygısının o denli güçlü olduğuna işaret etmektedir (Arseven, 1986; Ocak ve Sarlık, 2016). Özellikle ilköğretim çağındaki öğrencilerin fen bilimleri gibi bilişsel becerilerin yanı sıra üst düzey düşünme, problem çözme ve sorgulama gerektiren derslerdeki başarıları; onların akademik benlik saygısını da doğrudan etkilenmektedir. Bu bağlamda, öğrencinin fen derslerinde sergilediği performans yalnızca bilgi düzeyiyle değil, aynı zamanda kendini ne kadar başarılı gördüğü, bilimsel süreçlere ne derece güven duyduğu ve öğrenme sürecine ne ölçüde motive olduğu ile de yakından ilişkilidir (Cevher ve Buluş, 2006; Shavelson ve Bolus, 1982). Öğrencilerin fen derslerindeki akademik benlik saygısı düzeyleri, öğrenmeye katılımlarını artırmakta ve başarılarını doğrudan etkilemektedir.

Fen eğitimi, doğası gereği deney, gözlem, modelleme ve sorgulama gibi aktif öğrenme stratejilerini içermekte; bu da öğrencilerin öz yeterlik, öz düzenleme ve benlik saygısı gibi duyuşsal özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Çepni, 2005; Zimmerman, 2000). Ancak yapılan araştırmalar, akademik benlik saygısının gelişiminin yalnızca bireysel özelliklerle değil; aynı zamanda öğretim yöntemleri, öğretmen tutumu, sınıf ortamı, geri bildirim biçimleri ve sosyal etkileşim gibi çevresel değişkenlerle de yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Bandura, 1997;

Derman ve Baş, 2013). Bu nedenle fen öğretiminin sadece içerik temelli değil; ğrenci merkezli, motivasyon artırıcı ve psikolojik destekleyici yönleriyle de yapılandırılması büyük önem taşıamaktadır. Bu bağlamda, günümüz fen eğitimi anlayışı da dönüşüm geçirmiştir. Öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmeleri, bilgiyi ezberlemek yerine yapılandırmaları ve öğrendiklerini günlük yaşamla ilişkilendirmeleri hedeflenmektedir. Bu amaçlara ulaşabilmek için fen eğitiminde sadece içerik aktarımı değil; aynı zamanda öğrencilerin zgven, öz yeterlik ve benlik saygısı gibi duyuşsal alanlarına yönelik destekleyici stratejiler benimsenmelidir (Margunayasa vd., 2019; Simsar ve Doğan, 2019). Bu dönüşümle birlikte özellikle STEM eğitimi ne çıkan yaklaşımlardan biri hâline gelmiştir. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi, öğrencilere disiplinler arası düşünme, problem zme, tasarım yapma ve yaratıcı düşünme becerileri kazandırmayı hedefler. STEM odaklı fen eğitiminin etkili olabilmesi, öğrencilerin yalnızca akademik içeriklerle değil, aynı zamanda benlik yapılarıyla da desteklenmesini gerektirir. Bu noktada, ğrencilerin STEM süreçlerine etkin katılım gösterebilmeleri için yüksek akademik benlik saygısına sahip olmaları kritik bir faktördür (Samur ve Yalçın, 2021; Kutlu, Bakırcı ve Kara, 2022).

STEM eğitimi, yalnızca akademik başarıyı değil, aynı zamanda bireylerin problem zme, yaratıcı düşünme, iş birliği yapma ve yenilikçi zm üretme becerilerini desteklemeyi amaçlamaktadır (Bybee, 2013; MEB, 2018). Geleneksel fen ğretimi çoğunlukla bilgi aktarımına ve ezber temelli öğrenmeye odaklanırken, STEM temelli fen eğitimi öğrenciyi merkeze alan, yaparak yaşayarak öğrenmeye dayalı, disiplinler arası bir öğrenme süreci sunmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde öğrenciler, karşılaştıkları günlük yaşam problemlerine zm ararken bilimsel bilgiyi farklı disiplinlerle bütünleştirerek kullanmakta; bu da onların bilişsel

gelişimlerinin yanı sıra öz yeterlik, öz düzenleme ve akademik benlik saygısı gibi duyuşsal alanlarında da önemli kazanımlar elde etmelerini sağlamaktadır (Kutlu, Bakırcı ve Kara, 2022; Margunayasa vd., 2019).

STEM eğitimi, öğrencilere yalnızca kavramsal bilgi kazandırmakla kalmaz, aynı zamanda onların bilim insanı gibi düşünmesini, sorgulamasını ve alternatif çözümler üretmesini teşvik eder. Bu süreçte öğrenci, öğrenme sürecinin pasif bir alıcısı değil; aktif bir üreticisi hâline gelir. Bu üretkenlik hissi, öğrencinin öğrenmeye yönelik tutumunu olumlu yönde etkilerken, “ben yapabilirim” inancını, yani akademik benlik saygısını güçlendirmektedir (Schnittka, Evans ve Drape, 2014). Özellikle mühendislik tasarım süreçlerinin STEM öğretiminin merkezine alınması, öğrencinin kendi kararlarını verme, plan yapma, deneme-yanılma ve yeniden yapılandırma gibi aşamaları deneyimlemesine olanak tanır. Bu deneyimler, öğrencilerin akademik alanlardaki başarı algısını yükseltmekte ve fen öğrenme sürecine daha istekli katılmalarını sağlamaktadır (Şahin, Ayar ve Adıgüzel, 2014).

Öte yandan, STEM eğitiminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi büyük ölçüde öğretmenin bilgi birikimi, pedagojik becerisi ve tutumuyla ilişkilidir. Öğretmenin STEM yaklaşımını yalnızca bir araç olarak değil, bir öğrenme kültürü olarak benimsemesi; öğrencilerin hem akademik hem de kişisel gelişimleri açısından önemlidir. Bu nedenle STEM eğitime yönelik öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim süreçleri, öğrencilerin benlik gelişimini doğrudan etkileyecek kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Eroğlu ve Bektaş, 2016; Tezcan Şirin, Tüysüz ve Kaval Oğuz, 2022). Öğrencilerin benlik gelişimini destekleme görevinde öğretmenler temel role sahiptir. Öğretmenler, öğrencilerin fen derslerinde başarılı olduklarını hissetmelerine imkân tanıyan öğrenme ortamları oluşturmali, olumlu geribildirimler sunmalı ve

öğrencinin kendi gelişimini fark etmesine yardımcı olacak stratejiler geliştirmelidir (Eroğlu ve Bektaş, 2016). Ancak bu noktada öğretmenin yalnızca içerik bilgisine değil; aynı zamanda pedagojik yeterlik, rehberlik becerileri ve duyuşsal süreçleri destekleme kapasitesine de sahip olması gerekmektedir.

Akademik Benlik Saygısı

Okul başarısını etkileyen önemli değişkenlerden biri de öğrencinin akademik benlik algısıdır. Akademik benlik, bireyin belirli bir akademik çaba sonucunda, kendi yeterliğini akranlarıyla kıyaslayarak değerlendirdiği öznel yargısını ifade eder (Kenç ve Oktay, 2002). Akademik başarı sürecinde özgüven eksikliği yaşayan bireyler, sahip oldukları potansiyele rağmen başarıya ulaşmakta güçlük çekebilmektedir. Özgüven düzeyi yüksek bireyler ise karşılaştıkları problemleri tanıma, kabul etme ve çözme yönünde aktif bir tutum sergilemektedirler. Bu bireyler, sorunlardan kaçmak yerine çözüm geliştirme yoluna gitmekte; bu süreç ise benlik saygısı ve özgüvenin gelişimini desteklemektedir. Nitekim, problem çözme becerileri gelişmiş bireylerin aynı zamanda yaratıcı düşünme ve olumlu benlik algısı açısından da daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Karaca vd., 2016). Birçok araştırma, olumlu benlik kavramı ile akademik başarı arasında anlamlı ve güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Subaşı, 2000). Benlik kavramı, insanın kendisine ve varoluşuna dair temel sorulara verdiği yanıtları barındıran bir yapı olarak ele alınmaktadır. Bu kavram, bireyin içinde bulunduğu kültürün değerleri, sınırları ve sosyal normlarıyla şekillenmekte; bireyin hem bireysel varoluşunu hem de topluma uyum sürecindeki özgünlüğünü tanımlamaktadır (Oruç vd., 2011). Dolayısıyla benlik, bireyin yalnızca içsel özelliklerini değil; aynı zamanda toplumsal yapı içindeki konumunu ve ilişkilerini de içeren çok boyutlu bir yapı olarak değerlendirilir. Benlik algısı, bireyin kendisine ilişkin düşüncelerini ve değerlendirmelerini kapsayan

psikososyal bir kavramdır. Bu kavramı oluşturan süreçlerde fizyolojik, sosyolojik ve psikolojik faktörlerin karşılıklı etkileşimi söz konusudur (Zembat vd., 2018). Bu çerçevede benlik saygısı, bireyin kendisine olan güveni, kendini değerli hissetmesi ve kendini olduğu hâliyle kabul etmesini ifade eden temel bir psikolojik göstergedir. Terim kökeni itibariyle "kendine saygı" anlamını taşıyan benlik saygısı kavramı, bireyin sahip olduğu değerler, inançlar ve tutumlar çerçevesinde kendisini nasıl değerlendirdiğini yansıtmaktadır (Arcay vd., 2019). Kişinin algıladığı mevcut benliği ile olmak istediği ideal benlik arasındaki fark, benlik saygısının düzeyini belirlemektedir (Demir, 2020; Gürsoy ve Gizir, 2018).

Benlik saygısı, bireyin iç dünyasında kendisine yönelik oluşturduğu değerlendirmelerin bir ürünü olarak gelişmekte ve problem çözme becerileriyle doğrudan ilişki göstermektedir. Benlik, bireyin kişiliğinin temel bileşenlerinden biri olup, birey açısından oldukça önemli duygu, düşünce ve algıların bütününe temsil etmektedir. Bu yapı, bireyin çevresine uyum sağlamasına, sağlıklı kararlar almasına, sosyal ortamlarda daha girişken olmasına ve olumlu bir benlik algısı geliştirmesine katkı sunmaktadır (Karaca vd., 2016). Bu nedenle, benlik saygısı sadece bireyin içsel dünyasında değil; aynı zamanda sosyal etkileşimler ve çevresel koşullar üzerinden de şekillenen bir psikososyal yapı olarak değerlendirilmelidir.

Lawrence (2006), geleneksel “benlik saygısı” kavramı yerine “global benlik saygısı” teriminin kullanılmasının, bu kavramın hiyerarşik yapısını daha etkili biçimde açıklayabildiğini belirtmiştir. Global benlik saygısı kavramı, bireyin benlik yapısının bütününe kapsayan, farklı alt boyutları da içeren daha kapsamlı bir çerçeve sunmakta ve benlik değerlendirmelerini çok boyutlu olarak ele alma olanağı tanımaktadır.

Shavelson ve Bolus (1982), benlik saygısını çok boyutlu ve bütüncül bir yapı olarak ele almış, bu yapıyı “Global Benlik Saygısı” başlığı altında iki ana kategoriye ayırmışlardır: “Akademik Benlik Saygısı” ve “Akademik Olmayan Benlik Saygısı”. Akademik Benlik Saygısı, bireyin farklı ders alanlarındaki yeterlik algılarını kapsamakta olup Türkçe, Matematik, Fen Bilimleri, Sosyal Bilimler ve diğer disiplinler olmak üzere beş alt boyutta değerlendirilmektedir. Akademik Olmayan Benlik Saygısı ise bireyin sosyal ilişkileri ve fiziksel özelliklerine yönelik algılarını içermekte; Sosyal Benlik Saygısı (ana-babayla ilişkiler ve diğer bireylerle kurulan bağlar) ile Bedensel Benlik Saygısı (bedensel yetenekler ve dış görünüş) olmak üzere iki alt başlıkta incelenmektedir.

Walker (2006), benlik saygısının bir bileşeni olarak ele aldığı akademik benlik saygısını, okul öncesi çocuğun akademik sınıf ortamındaki değişimlere nasıl uyum sağladığını gösteren bir gösterge olarak tanımlamaktadır. Ona göre akademik benlik saygısı, çocuğun kendi öğrenme sürecine ilişkin algılarını, yani başkalarıyla karşılaştırıldığında kendi yeteneklerine dair geliştirdiği değerlendirmeleri yansıtmaktadır. Bu kavram, aynı zamanda çocuğun sınıf ortamındaki başarısını, sosyal kabul düzeyini ve öz benliğini de içeren çok yönlü bir yapıya sahiptir. Akademik benlik saygısı yüksek olan çocuklar, yeni becerileri öğrenmeye karşı daha istekli, keşfetmeye açık ve öğrenme süreçlerinde ısrarcı bireylerdir. Bu çocukların, sınıf içinde akranlarını gözlemleme, onlarla iletişime geçme ve iş birliği kurma konusunda daha gönüllü oldukları gözlemlenmektedir. Buna karşılık, akademik benlik saygısı düşük olan çocuklar daha saldırgan davranışlar sergileyebilmekte ve ilgi çekmeye yönelik davranışlarda bulunma eğiliminde olabilmektedirler.

Warash ve Markstrom (2001), akademik benlik saygısını, çocuğun okul ortamında çevresel uyum sağlama kapasitesiyle ilişkilendirmiştir. Onlara göre bu kavram, çocuğun içinde bulunduğu sınıf ortamını gözlemleyerek çevresel farklılıklara ne ölçüde uyum sağladığını ve kendini öğrenme kapasitesi açısından diğer akranları arasında nasıl konumlandığını ifade etmektedir. Yani, akademik benlik saygısı, çocuğun hem çevresiyle olan etkileşimini hem de bireysel öğrenme yeterliğini algılayış biçimini içeren bir değerlendirmedir.

Benzer şekilde, Cevher ve Buluş (2006), akademik benlik saygısını öğrencinin sınıf ortamındaki diğer arkadaşlarıyla karşılaştırmalı olarak kendi öğrenme yeterliğini değerlendirme biçimi olarak açıklamışlardır. Bu bağlamda bireyin kendilik algısının oluşumunda, sosyal beklentiler ile özellikle anne-baba, öğretmen ve arkadaşlar gibi önemli kişilerin değerlendirmeleri etkili olmaktadır. Birey, bu sosyal değerlendirmeleri içselleştirerek kendi değer sistemini ve benlik içlemeni şekillendirir. Bu süreç, bireyin çevresel uyarıcılara karşı tutumunu, davranış örüntülerini ve akademik performansını doğrudan etkileyen bir zemin oluşturmaktadır.

Arseven (1986) ise akademik benlik saygısının gelişiminde çevresel desteğin önemine dikkat çekmiştir. Ona göre çocuk, çevresindeki bireylerin kendisine yönelik tutum ve beklentilerini yeterli bulmadığında, kendi yeterlilik algısını inşa etmesi oldukça güçleşmektedir. Bu nedenle çocuğun olumlu bir akademik benlik algısı geliştirebilmesi için çevresindeki bireylerin (özellikle öğretmen ve aile bireylerinin) destekleyici ve kabul edici bir tutum sergilemeleri büyük önem taşımaktadır.

Fen Eğitiminde Akademik Benlik Saygısının nemi

Bilim, bireyin çevresindeki doğal dünyayı anlama çabasıdır. Gözlem, deney, analiz ve akıl yürütme gibi sistemli yöntemlerle doğadaki olayların ve olguların neden-sonuç ilişkilerini açıklamaya, genellemeler üretmeye ve geleceğe dair öngörülerde bulunmaya yönelik bir etkinliktir. Bu bağlamda fen bilimleri, bireylerin çevresel farkındalıklarını artıran, eleştirel düşünme becerilerini destekleyen ve bilimsel okuryazarlık düzeylerini yükseltmeyi amaçlayan temel disiplinlerden biridir (Pehlivan ve Köseoğlu, 2011). Günümüzde hızla gelişen teknoloji ve bilgi toplumunun gerektirdiği birey profiline ulaşmak, fen eğitiminin sadece bilgi aktarımı değil, duyuşsal, bilişsel ve psikomotor alanları kapsayan bütüncül bir yaklaşımla sunulmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda fen eğitiminin amacı, öğrencilerin sadece mevcut bilgileri öğrenmesi değil, aynı zamanda bu bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirebilme, sorgulama becerisi geliştirme ve yenilikçi çözümler üretebilme yeteneklerini de desteklemektir.

Fen eğitimi yalnızca akademik içeriklerin kazandırıldığı bir alan olarak değil, aynı zamanda bireyin öz farkındalığını, akademik motivasyonunu ve öğrenmeye yönelik tutumunu şekillendiren bir öğrenme ortamıdır. Bu bağlamda öğrencilerin fen derslerine ilişkin algıları, derse yönelik ilgileri ve öz yeterlik inançları; öğrenme düzeylerini belirleyen başlıca duyuşsal göstergelerdir. Bu göstergeler arasında özellikle akademik benlik saygısı, öğrencinin öğrenmeye yönelik tutumları, başarı motivasyonu ve akademik performansı üzerinde doğrudan etkili bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Literatürde akademik benlik saygısının, öğrencilerin akademik başarısını yordayan en güçlü psikolojik faktörlerden biri olduğu sıkça vurgulanmaktadır (Marsh, 1990; Pajares ve Schunk, 2001). Bu durum, fen eğitiminde öğrencilerin bilişsel gelişimi kadar,

onların öz-yeterlik duygularının da desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Akademik benlik saygısı, bireyin akademik yeterliliğine ilişkin kendi iç değerlendirmesi olup, bireyin “başarılı olabilirim” inancını ne ölçüde taşıdığını yansıtır (Marsh, 1990). Bireyin akademik etkinlikler karşısındaki özgüveni, öğrenme süreçlerindeki kararlılığı, başarısızlıkla başa çıkma düzeyi gibi pek çok davranış, bu algı tarafından şekillenir. Yüksek akademik benlik saygısına sahip bireyler, karşılaştıkları güçlükler karşısında daha dirençli olurken, düşük benlik saygısı öğrencilerin akademik çabalardan uzaklaşmasına neden olabilmektedir (Pajares ve Schunk, 2001). Bu nedenle akademik benlik saygısı, öğrenme sürecinde karşılaşılan zorlukları aşmada öğrencinin kullandığı bilişsel ve duyuşsal kaynakların temelini oluşturur. Fen bilimleri alanında karşılaşılan karmaşık kavramlar, öğrencinin bu alandaki benlik saygısına bağlı olarak daha kolay veya zor öğrenilmekte, dolayısıyla akademik başarı da buna paralel gelişmektedir.

Özellikle fen bilimleri gibi yoğun kavramsal içerik barındıran, analitik düşünmeyi gerektiren ve çok yönlü beceri isteyen derslerde öğrencinin kendine olan güveni, öğrenme sürecini doğrudan etkiler. Can (2015) tarafından yapılan çalışmada, akademik başarı düzeyi yüksek olan öğrencilerin, akademik benlik saygılarının da anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, öğrencilerin başarısının yalnızca bilgi düzeyine değil, aynı zamanda bireyin kendini bu alanda nasıl gördüğüne de bağlı olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, akademik benlik saygısı düşük öğrencilerde fen derslerine yönelik motivasyon kaybı, derse katılımın azalması ve uzun vadede bilimsel kariyer tercihlerinde olumsuz etki görülmektedir. Bu durum, eğitimin sürdürülebilirliği açısından ciddi bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir.

Fen derslerindeki öğrenme yaşantıları, öğrencinin kendini nasıl algıladığını şekillendirir. Derslerde sürekli başarısızlık yaşayan ya da öğretmen ve akranları tarafından yetersiz görülen öğrenciler, zamanla kendilerini bu alanda başarısız olarak tanımlamaya başlar. Bu durum onların sadece fen derslerine değil, tüm akademik yaşantılarına yönelik motivasyonlarını olumsuz etkileyebilir (Cevher ve Buluş, 2006). Bunun aksine, olumlu geribildirimlerle desteklenen, bireysel başarıları fark edilen ve öğrenme sürecine aktif katılım sağlayan öğrencilerde benlik saygısı daha sağlam temellere oturmaktadır (Ocak ve Sarlık, 2016). Özellikle öğretmenlerin sergilediği pozitif ve destekleyici tutum, öğrencinin kendisini öğrenme sürecinde etkin ve değerli hissetmesini sağlar. Bu nedenle öğretmenlerin bireysel farklılıkları gözetenek, her öğrencinin başarılarını görünür kılacak yaklaşımlar geliştirmesi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda öğretmenlerin rolü belirleyici hale gelmektedir. Öğretmenin öğrenciye yönelik yüksek beklentisi, yapıcı geri bildirimleri, öğrenme sürecine dahil etme stratejileri, öğrenci-öğretmen etkileşimlerinin niteliği; bireyin akademik benlik algısını doğrudan etkilemektedir. Öğrenme sürecinde kendisini değerli ve yetkin hisseden öğrenciler, daha yüksek öğrenme motivasyonu göstererek bilimsel becerilerini daha üst düzeyde geliştirebilmektedir (Bandura, 1997). Ayrıca, öğretmenlerin öğrenciler arasında karşılaştırma yapmadan her bireyin gelişimini kendi bağlamında değerlendirmesi, olumsuz benlik algılarının önüne geçilmesinde önemli bir stratejidir.

Fen eğitiminde akademik benlik saygısının gelişimi, aynı zamanda öğrenme ortamlarının niteliğiyle doğrudan ilişkilidir. Geleneksel bilgi aktarımına dayalı pasif öğretim yöntemleri, öğrenciyi edilgen bir konumda bırakarak hem ilgiyi hem de özgüveni azaltabilmektedir. Buna karşın, yapılandırmacı öğrenme ortamları; öğrencinin kendi öğrenme sürecinde aktif rol almasını, hipotez kurmasını, araştırma yapmasını ve deneyim yoluyla bilgi

üretmesini teşvik eder. Bu tür ortamlarda öğrenci yalnızca bilgi tüketen değil, aynı zamanda bilgi üreten bir birey olarak konumlanır. Bu da öğrencinin öz yeterlik inancını artırmakta ve akademik benlik saygısını desteklemektedir (Çepni, 2005). Bu yaklaşımlar, öğrencilerin fen bilimleri ile ilgili kavramları daha iyi anlamalarını sağlamanın yanı sıra, kendilerine olan güvenlerini de artırmaktadır.

Özellikle fen öğretiminde sorgulayıcı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, fen okuryazarlığına dayalı öğretim stratejileri gibi yöntemlerin kullanılması; öğrencilerin bireysel başarı algılarını olumlu yönde etkileyerek öğrenme motivasyonlarını artırmaktadır. Bununla birlikte öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarında bireysel farklara duyarlı, kapsayıcı ve gelişim odaklı yaklaşımlar benimsemeleri, öğrencilerin kendilerini değerli ve başarılı hissetmelerine katkı sağlamaktadır. Böylece fen eğitimi, sadece bilgi aktarımı değil, aynı zamanda öğrencilerin duyuşsal gelişimini destekleyen, özgüvenlerini pekiştiren bir süreç olarak şekillenmektedir (Meral vd., 2024).

Fen eğitimi, sadece güncel konuları anlamakla sınırlı olmayan, aynı zamanda öğrencinin bilimsel kariyer farkındalığı, mesleki yönelimi ve 21. yüzyıl becerileri gibi uzun vadeli akademik hedeflerini de şekillendirmektedir. Öğrencinin kendini fen alanında yeterli hissetmesi, bu alanda bir gelecek planlaması yapmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle öğrencilerin erken yaşlarda fenle olumlu ilişki kurmaları, akademik benlik saygısı yoluyla desteklenmelidir (Karahan, Canbazoglu Bilici ve Ünal, 2019). Ayrıca, özellikle kız öğrencilerde fen bilimlerine karşı geliştirilen olumlu benlik algılarının, STEM alanlarındaki cinsiyet dengesinin sağlanması açısından kritik olduğu literatürde vurgulanmaktadır.

Fen alanına yönelik düşük benlik saygısı, özellikle kız öğrenciler gibi belirli gruplarda meslek seçimi ve akademik ilerlemeyi sınırlayan bir faktör olabilir. Bu açıdan bakıldığında fen

eğitimi, cinsiyet eşitliği, fırsat eşitliği ve kapsayıcı eğitim hedefleriyle de doğrudan ilişkili hâle gelir. Dolayısıyla eğitim sisteminin fen öğretiminde yalnızca kavramsal içerik hedeflerine değil, aynı zamanda öğrencilerin kendilerini bu alanlarda güçlü hissetmelerini sağlayacak duyuşsal kazanımlara da odaklanması gerekmektedir.

Fen Eğitiminde Akademik Benlik Saygısını Etkileyen Unsurlar

Günümüzün bilgi ve teknoloji temelli toplum yapısı, bireylerin yalnızca akademik başarıya değil; aynı zamanda güçlü bir benlik algısına sahip, özgüveni yüksek ve öğrenmeye istekli bireyler olarak yetişmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu noktada, çağın gerektirdiği bilimsel okuryazarlık düzeyine ulaşmış, problem çözme becerisi gelişmiş bireylerin yetiştirilebilmesi için fen eğitimi belirleyici bir role sahiptir (Ayas, Çepni, Johnson ve Turgut, 1997). Fen eğitimi, bireyin yalnızca doğa olaylarını anlamasını değil; aynı zamanda eleştirel düşünme, sorgulama, akıl yürütme, analiz etme ve üretme gibi üst düzey bilişsel beceriler kazanmasını da amaçlamaktadır (Kaptan ve Korkmaz, 2001).

Bu bağlamda öğrencilerin fen derslerine yönelik tutumları, akademik başarıları ve öğrenmeye karşı geliştirdikleri motivasyonları; yalnızca bilişsel süreçlerle değil, aynı zamanda duyuşsal faktörlerle de şekillenmektedir. Duyuşsal alan içinde yer alan akademik benlik saygısı, öğrencinin kendisini akademik bağlamda nasıl değerlendirdiği, ne ölçüde başarılı, yeterli ve değerli hissettiği ile doğrudan ilişkilidir (Marsh, 1990; Purkey, 1988). Fen eğitiminde etkili bir öğrenmenin gerçekeşebilmesi için, öğrencilerin akademik benlik saygılarının yüksek olması son derece önemlidir. Çünkü akademik benlik saygısı, bireyin öğrenme sürecindeki kararlılığını, çaba düzeyini, derslere aktif katılımını ve başarıya ulaşma motivasyonunu şekillendiren temel bir göstergedir (Pajares ve Schunk, 2001; Arıacak ve Aşkar, 2010).

1. Öğretmenin Rolü ve Öğretim Yaklaşımı

Fen öğretiminde öğretmenin rolü, öğrencinin öğrenme sürecine aktif katılımını sağlamak, onu teşvik etmek, yönlendirmek ve destekleyici bir öğrenme ortamı sunmakla tanımlanır. Öğrencilerin akademik benlik saygısı, büyük oranda öğretmenin kullandığı yöntem, teknik, tutum ve iletişim diliyle şekillenmektedir. Özellikle yapılandırmacı öğrenme ortamları, öğrencinin aktif katılımını, sorgulamasını, araştırmasını ve kendi öğrenmesinin sorumluluğunu üstlenmesini teşvik ederek akademik benlik algısını olumlu yönde etkiler (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1996; Yager, 2000).

Öğretmenin öğrenciyi öğrenme sürecinde destekleyici, yargılayıcı olmayan bir yaklaşımla karşılaşması, öğrencinin kendini değerli hissetmesini sağlar. Bunun yanında, öğrencilerin fen derslerinde yaparak-yaşayarak öğrenmeleri, başarı duygusunu içselleştirmeleri ve olumlu geri bildirimlerle karşılaşmaları, onların benlik saygılarını güçlendirir (Bandura, 1997; Schunk, 1991). Araştırmalar, öğrenciye yönelik yüksek beklenti ve pozitif etkileşimin öğrencilerin yalnızca başarı düzeylerini değil, aynı zamanda kendilerine yönelik algılarını da olumlu etkilediğini göstermektedir (Good ve Brophy, 2003; Margolis ve McCabe, 2006).

2. Ailenin Eğitime Katılımı

Öğrencinin fen öğrenme sürecinde desteklenmesi yalnızca okulla sınırlı değildir. Aile katılımı, çocuğun akademik gelişimini destekleyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Aileden gelen destek, çocuğun okula ve derslere yönelik tutumunu şekillendirir, öğrenmeye karşı ilgi ve güven geliştirmesini sağlar. Özellikle ebeveynlerin fen eğitimi sürecine aktif olarak katılması, çocuğun

akademik benlik saygısının gelişimini doğrudan etkilemektedir (Hoover-Dempsey ve Sandler, 1997; Epstein, 2001).

Ailenin çocuğun öğrenme sürecine katılması; örneğin evde fenle ilgili etkinlikler yapması, okul etkinliklerine katılım sağlaması, öğretmenle iş birliği kurması gibi yollarla gerçekleşebilir. Özcan ve Aydoğan'ın (2014) çalışmasında, aile katılımının çocukların benlik saygısını artırdığı, kendilik algılarını güçlendirdiği ve akademik başarılarına pozitif yansıdığı tespit edilmiştir. Bu süreçte, ailelerin çocuklarına karşı olumlu geri bildirimlerde bulunması, başarılarını fark etmesi ve destekleyici bir tutum sergilemesi son derece önemlidir (Demircan ve Demirel, 2010; Karataş, 2011).

3. Akran İlişkileri ve Sosyal Destek

Akademik benlik saygısını etkileyen bir diğer unsur ise öğrencinin arkadaş çevresi ve akran ilişkileridir. Akran desteği, öğrencinin okul ortamına uyum sağlamasını kolaylaştırır, kendine güvenini pekiştirir ve öğrenme sürecinde daha aktif bir birey olmasına yardımcı olur. Fen derslerinde grup çalışmaları, deneysel etkinlikler ve proje tabanlı öğrenme süreçlerinde yaşanan iş birlikleri, öğrencilerin hem sosyal becerilerini geliştirmelerine hem de başarıya yönelik olumlu benlik algısı geliştirmelerine katkı sağlar (Wentzel, 1998; Ryan ve Deci, 2000).

Çalışmalar, akranları tarafından kabul gören, sosyal ilişkilerde destek bulan öğrencilerin kendilerini daha yeterli hissettiklerini ve akademik ortamlarda daha yüksek özgüven gösterdiklerini ortaya koymaktadır (Patrick, Ryan ve Kaplan, 2007). Bu nedenle fen öğretiminde sosyal etkileşimi artıran uygulamalara yer verilmesi, akademik benlik saygısını destekleyen önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

4. Öğrenme Ortamlarının Fiziksel ve Duyuşsal Niteliği

Öğrencinin akademik benlik saygısı, yalnızca sosyal çevre ile değil; aynı zamanda içinde bulunduğu fiziksel ve psikolojik öğrenme ortamının kalitesiyle de doğrudan ilişkilidir. Öğrencilerin kendilerini güvende, değerli ve desteklenmiş hissettikleri ortamlar; fen derslerine katılımı, bilimsel düşünmeye olan ilgiyi ve akademik güveni pekiştirir. Sınıf atmosferinin demokratik, açık iletişime dayalı ve hata yapmanın doğal görüldüğü bir yapıya sahip olması, öğrencinin içsel güven duygusunu ve benlik algısını güçlendirir (Brookover vd., 1979; Fraser, 1994).

Ayrıca, öğrenme ortamlarında kullanılan materyallerin zenginliği, teknolojik olanakların yeterliliği, fen laboratuvarlarının işlevselliği gibi fiziksel faktörler de öğrencinin kendini yeterli hissetmesini destekleyen unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle teknolojinin aktif kullanıldığı, keşfetmeye dayalı ortamlarda öğrenciler kendilerini daha motive, aktif ve başarılı hissetmektedir (Kaya ve Doğan, 2016).

Fen eğitiminde akademik benlik saygısının gelişimi çok boyutlu bir yapıya sahiptir ve yalnızca bireysel faktörlerle açıklanamaz. Öğretmen tutumları, öğretim yöntemleri, aile desteği, akran ilişkileri ve öğrenme ortamlarının niteliği bu yapının temel belirleyicileridir. Akademik benlik saygısı güçlü bireyler; fen derslerinde daha istekli, daha dirençli ve daha üretken davranışlar sergilemektedir. Bu nedenle etkili bir fen öğretimi, öğrencinin sadece bilgi düzeyini değil; aynı zamanda kendilik algısını da desteklemelidir. Eğitim sisteminin bu çok yönlü yapıyı dikkate alarak, bireyin akademik ve duyuşsal gelişimini bütüncül olarak desteklemesi gerekmektedir.

Fen Eğitiminde Akademik Benlik Saygısını Geliştirmeye Yönelik Uygulamalar

21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasını hedefleyen çağdaş fen eğitimi anlayışı, öğrencilerin yalnızca bilgiye ulaşmasını değil; aynı zamanda sorgulayan, düşünen, çözümler üreten ve öğrenmeye karşı olumlu benlik algısı geliştiren bireyler olarak yetişmelerini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, öğrencilerin akademik benlik saygılarını geliştirmeye yönelik stratejiler, fen okuryazarlığına ulaşmayı sağlayan uygulamaların merkezinde yer almaktadır (Bybee, 1997; Samur ve Yalçın, 2021). Fen okuryazarlığı yalnızca temel bilimsel kavramları öğrenme değil; aynı zamanda öğrencinin çevresindeki dünyayı anlayabilmesi, bilimsel süreç becerileri geliştirmesi ve öz yeterlik duygusunu güçlendirmesi anlamına gelmektedir (Kavak, Tufan ve Demirelli, 2006; Kızılay ve Tanık Önal, 2020).

1. STEM Temelli Eğitim ve Akademik Benlik Saygısı

STEM eğitimi (Science, Technology, Engineering, Mathematics), bireylerin 21. yüzyılın gerektirdiği temel becerilerle donatılmasını hedefleyen, entegre ve disiplinlerarası bir öğretim yaklaşımdır. Bu yaklaşım, yalnızca akademik içerik bilgilerini öğretmeyi değil; aynı zamanda öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcı problem çözme, iş birliği, inovasyon ve öz düzenleme gibi üst düzey beceriler geliştirmesini amaçlar (Bybee, 2013; Samur ve Yalçın, 2021). Bu yönüyle STEM eğitimi, bireyin yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal gelişimini de destekleyen bütüncül bir yapı sunar.

STEM temelli öğretim süreçlerinde öğrenciler, genellikle gerçek yaşam problemlerini çözmeye yönelik etkinliklere katılır. Bu etkinliklerde birey, bilgiyi sadece alıcı bir konumda edinmekten ziyade, aktif bir üretici olarak süreçte yer alır. Öğrencilerin öğrenme

sürecine bu denli aktif katılması, onların akademik başarıya ulaşma konusunda sahip oldukları inançları doğrudan etkiler. Bu durum, öğrencilerin kendi başarı potansiyellerine dair algılarını, yani akademik benlik saygılarını, pozitif yönde şekillendirir (Margot ve Kettler, 2019; Kara, 2021).

STEM temelli uygulamalarda öğrencilerin kendi fikirlerini ifade etmeleri, tasarımlarını oluşturup test etmeleri, hata yapmaları ve yeniden denemeleri teşvik edilir. Bu süreçler boyunca yaşanan başarı ve başarısızlık deneyimleri, öğrencilerin kendi akademik yeterlilikleri hakkında öz değerlendirme yapmalarını sağlar. Özellikle başarı deneyimlerinin erken yaşta yaşanması, öğrencinin fen ve matematik gibi disiplinlere yönelik olumlu tutum geliştirmesine, bu alanlarda kendisini yeterli ve değerli hissetmesine katkı sunar (Bandura, 1997; Zimmerman, 2000). Bu durum, öğrencinin öğrenmeye karşı duyduğu güveni artırmakta ve akademik benlik saygısını pekiştirmektedir (Yıldırım ve Altun, 2020).

Ayrıca STEM eğitiminde yaygın olarak kullanılan tasarım odaklı düşünme, öğrencilerin fikirlerini yapılandırmasına, denemelerle test etmesine ve uygulamaya koymasına imkân tanır. Bu yapılandırılmış problem çözme süreçleri, öğrencilerin kendi potansiyellerini keşfetmelerine olanak tanıdığı gibi; kendi üretimlerinin anlamlı bir çıktıya dönüşmesiyle başarıma duygusunu deneyimlemelerine de aracılık eder (Türkoğlu, 2019). Bu başarıma duygusu, öğrencinin yalnızca o ana ait başarı algısını değil; gelecekteki akademik performansına yönelik güvenini de inşa eder.

Özellikle düşük benlik algısına sahip öğrenciler için STEM uygulamaları, öğretim sürecine katılımı artırıcı bir rol oynamaktadır. Geleneksel öğretim yöntemlerinde başarısızlık yaşayan öğrenciler, STEM etkinlikleri sayesinde üretme, tasarlama, tartışma ve iş birliği yapma gibi alternatif yollarla öğrenmeye dahil olma şansı bulurlar. Bu durum, öğrenciye yalnızca “başarıya ulaşma” değil, aynı

zamanda “öğrenme sürecine ait olma” hissi kazandırarak benlik saygısını olumlu yönde destekler (MoNE, 2018; Karahan, Canbazoğlu Bilici ve Ünal, 2019).

Sonuç olarak, STEM temelli öğretim uygulamaları, öğrencinin yalnızca akademik içeriği öğrenmesini değil, aynı zamanda bu içeriği kullanarak kendi öğrenme sürecini sahiplenmesini, öğrenmeye dair olumlu bir kimlik geliştirmesini ve akademik benlik saygısını güçlendirmesini sağlar. Bu nedenle fen eğitimi süreçlerinde STEM temelli uygulamalara daha fazla yer verilmesi, yalnızca bilgi düzeyinde değil; duyuşsal boyutta da güçlü bireylerin yetişmesine katkı sunacaktır.

2. Proje ve Deney Temelli Öğrenme Yaklaşımları

Akademik benlik saygısını geliştiren bir diğer etkili yöntem proje tabanlı öğrenmedir (PBL). Bu yaklaşımda öğrenciler, gerçek yaşamla bağlantılı sorunları araştırır, hipotez geliştirir, veriler toplar ve analiz ederek çözüm önerileri üretirler. Öğrenciler kendi öğrenme süreçlerinin sorumluluğunu üstlendikçe, başarılarının farkına vararak öz güven geliştirirler (Thomas, 2000; Bell, 2010). Özellikle fen bilimlerinde proje ve deney temelli uygulamaların, öğrenci motivasyonu, kalıcı öğrenme ve benlik algısı üzerinde olumlu etkileri bulunmuştur (Baran ve Maskan, 2010; Bilen ve Aydoğdu, 2010).

Bu tür uygulamalar, öğrencinin öğrenmeyi sadece bir sonuca ulaşma değil; bir süreç ve deneyim olarak görmesini sağlar. Sürece dahil olmanın verdiği başarı hissi, öğrencinin akademik benlik algısını doğrudan olumlu etkiler (Hmelo-Silver, 2004; Eymur ve Geban, 2011).

3. Öğrenci Merkezli Laboratuvar Uygulamaları

Fen eğitiminin vazgeçilmez uygulama alanlarından biri de laboratuvar çalışmalarıdır. Ancak laboratuvar ortamları sadece deney yapılacak alanlar değil, aynı zamanda öğrencinin öğrenme sürecine aktif olarak katıldığı, araştırma yaptığı ve sorguladığı ortamlardır. Öğrenci merkezli laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerinin yanında, fen derslerine yönelik öz yeterlik ve benlik saygılarını da olumlu yönde etkilemektedir (Hofstein ve Lunetta, 2004; Aydoğdu, 2006).

Özellikle açık-uçlu laboratuvar etkinlikleri, öğrencilere karar verme, hata yapma ve yeniden deneme fırsatı sunduğundan, öğrencinin kendi başarısını deneyimleyerek olumlu bir benlik algısı oluşturmada destekler (Çalış ve Ayas, 2005).

4. Akademik Geri Bildirim ve Destekleyici Stratejiler

Öğrencinin öğrenme sürecinde öğretmenden aldığı geribildirim büyük önem taşır. Yapıcı, özelleştirilmiş ve öğrenmeye rehberlik eden geri bildirimler, öğrencinin kendisini başarılı hissetmesini ve sürece katılımını güçlendirir. Özellikle düzenli ve bireyselleştirilmiş geribildirim, öğrencinin zayıf yönlerini fark etmesini, gelişmeye açık alanlarını görmesini ve çabasının değerli olduğunu hissetmesini sağlar (Hattie ve Timperley, 2007; Black ve Wiliam, 2009).

Ayrıca, öğrencilerin hedef belirleme ve öz değerlendirme gibi öz düzenleyici öğrenme stratejileri kullanmaları teşvik edildiğinde, benlik saygıları daha da gelişmektedir (Zimmerman ve Schunk, 2011). Bu tür destekleyici stratejiler, yalnızca fen öğrenmesinde değil; akademik benlik oluşumunda da temel belirleyicilerdir.

5. Psikopedagojik Destek ve Başarısızlıkla Başa Çıkma Becerileri

Fen eğitimi sürecinde öğrencilerin zaman zaman başarısızlık yaşamaları olağandır. Ancak bu tür durumlarda öğrencilere yönelik uygulanan psikopedagojik destek, akademik benlik saygısının korunmasında ve yeniden yapılandırılmasında kritik bir rol oynar. Özellikle "hata yapmanın öğrenme sürecinin doğal bir parçası olduğu" düşüncesinin öğrencilerle paylaşılması, onların öğrenmeye daha açık ve daha dirençli bireyler olarak gelişmelerini sağlar (Boekaerts, 1993).

Sosyal-duygusal öğrenme (SEL) uygulamalarıyla desteklenen fen öğretimi, öğrencilerin yalnızca akademik değil; duyuşsal alanlarının da gelişmesine katkı sağlar. Bu da fen derslerine yönelik öz güvenin ve benlik algısının artmasına neden olur (Durlak vd., 2011).

Sonuç

21. yüzyılın bilgi ve teknoloji odaklı dünyasında bireylerden beklenen yeterlikler, yalnızca akademik başarıyla sınırlı kalmamakta; bireyin kendine güvenen, eleştirel düşünebilen, problem çözebilen ve öğrenmeye açık bir profil sergilemesi de zorunlu hâle gelmektedir (Bybee, 2013; Samur ve Yalçın, 2021). Bu bağlamda, bireyin akademik süreçlere yönelik kendilik algısını tanımlayan akademik benlik saygısı kavramı, eğitimde başarıyı belirleyen kritik değişkenlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Samur ve Altun, 2024). Özellikle fen eğitimi gibi kavramsal yoğunluk ve bilişsel derinlik gerektiren alanlarda, öğrencinin kendine duyduğu güvenin yüksek olması, öğrenme süreçlerine daha aktif ve anlamlı katılım göstermesini sağlamaktadır (Cevher ve Buluş, 2006).

Araştırmalar, akademik benlik saygısı düzeyi yüksek bireylerin yalnızca daha başarılı olmakla kalmadığını, aynı zamanda

karşılaştıkları akademik güçlüklerle baş etme becerilerinin de daha gelişmiş olduğunu ortaya koymaktadır (Bandura, 1997; Zimmerman, 2000). Birey kendi yeterliğini yüksek algıladıkça, öğrenme motivasyonu artmakta, akademik çabaya daha çok girmekte ve başarıya ulaşma olasılığı da artmaktadır (Schunk, 1991; Margolis ve McCabe, 2006). Bu durum, fen eğitimi gibi zorlayıcı derslerde öğrencinin öğrenme deneyimlerini doğrudan etkileyerek başarının hem nedeni hem de sonucu hâline gelebilir. Fen eğitiminin yalnızca bilgi aktarımına dayalı bir süreç olmadığını, aynı zamanda öğrencilerin öz algılarını, öğrenmeye yönelik motivasyonlarını (Samur ve Altun, 2021) ve akademik benlik saygılarını şekillendiren çok boyutlu bir yapı olduğunu ortaya koymuştur. Akademik benlik saygısı, bireyin akademik yeterliliğine ilişkin öznel değerlendirmesini ifade etmekte ve öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik tutumlarını, çaba düzeylerini, başarıya yönelik inançlarını doğrudan etkilemektedir (Samur ve Altun, 2024). Fen bilimleri, doğası gereği karmaşık, sorgulama temelli ve analitik düşünme gerektiren bir disiplin olup; öğrencinin bu alandaki başarı algısı, doğrudan akademik benlik saygısıyla ilişkilidir. Yüksek akademik benlik saygısına sahip bireyler, fen derslerine karşı daha ilgili, motive ve dirençli bir tutum sergilemekte, öğrenme sürecinde karşılaştıkları zorlukları daha kolay aşabilmektedirler. Düşük akademik benlik saygısı ise öğrencilerin öğrenme sürecinden uzaklaşmalarına, başarısızlık duygusunun pekişmesine ve fen alanında uzun vadeli mesleki yönelimlerden vazgeçmelerine neden olabilmektedir.

Akademik benlik saygısını şekillendiren faktörlerin başında öğretmen tutumu, öğretim yöntemleri, aile desteği, akran ilişkileri ve öğrenme ortamlarının niteliği gelmektedir (Shavelson ve Bolus, 1982). Özellikle yapılandırmacı öğrenme ortamları, öğrencinin öğrenme sürecine aktif katılımını teşvik ederek hem bilişsel hem de duyuşsal gelişimi desteklemektedir (Çepni vd., 1996; Yager, 2000).

Fen öğretiminde öğrenciye yönelik yüksek beklentiler, bireyselleştirilmiş geri bildirimler ve olumlu sınıf atmosferi, öğrencinin benlik saygısını artırmada temel unsurlar arasında yer almaktadır (Good ve Brophy, 2003). Akademik benlik saygısı, bireysel bir özellik olmanın ötesinde; öğretmen tutumları, öğretim yöntemleri, aile desteği, akran ilişkileri ve öğrenme ortamının niteliği gibi çevresel faktörlerden de güçlü biçimde etkilenmektedir. Öğrenciye değer veren, başarılarını görünür kılan, yapıcı geribildirim sunan ve öğrenciyi öğrenme sürecinin aktif bir öznesi hâline getiren öğretim yaklaşımları, akademik benlik saygısının gelişimini desteklemektedir. Bununla birlikte, aile katılımı ve akran desteği gibi sosyal çevresel etkenler de öğrencinin öğrenmeye olan güvenini ve öz yeterlik algısını pekiştiren önemli unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

STEM temelli öğretim, proje ve deney tabanlı uygulamalar, öğrenci merkezli laboratuvar çalışmaları ve psikopedagojik destekler gibi çağdaş öğretim stratejileri, öğrencilerin öğrenmeye dair pozitif bir kimlik geliştirmelerine imkân tanımaktadır (Honey vd., 2014; Kara, 2021; Aydoğdu, 2006). Bu yaklaşımlar yalnızca bilişsel kazanımları artırmakla kalmayıp; öğrencilerin “başarabilirim” algısını pekiştirerek akademik benlik saygılarını olumlu yönde etkilemektedir (Hattie ve Timperley, 2007; Zimmerman ve Schunk, 2011). Bu bağlamda çağdaş fen eğitimi yaklaşımları, yalnızca kavram öğretimine odaklanmakla kalmayıp; öğrencinin kendilik algısını güçlendirmeyi, öğrenme sürecine ait olma hissini pekiştirmeyi ve bilimsel düşünceyle öz güven duygusunu harmanlamayı hedeflemektedir. Özellikle STEM temelli öğretim uygulamaları, öğrencilerin gerçek yaşam problemleriyle yüzleşerek bilgi üretmelerine, iş birliği yapmalarına, hatalarından öğrenmelerine ve kendi öğrenme süreçlerini sahiplenmelerine imkân tanımaktadır (Bybee, 2013; Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014). Bu süreçlerde öğrencinin deneyimlediği başarılar, akademik

benlik saygısını doğrudan güçlendirmektedir (Yıldırım & Altun, 2020). Özellikle düşük benlik algısına sahip öğrenciler için STEM etkinlikleri, başarının yalnızca doğru cevaba ulaşmakla sınırlı olmadığını; üretme, deneme, yeniden düşünme ve birlikte çalışmayla da anlam kazandığını göstermektedir (MoNE, 2018; Kara, 2021). Ayrıca yapılan araştırmalarda, fen bilimleri derslerinde proje temelli uygulamalara yer verilmesinin öğrenci motivasyonu, kalıcı öğrenme ve benlik algısı üzerinde olumlu etki yarattığını ortaya koymuştur (Bilen ve Aydoğdu, 2010).

Fen eğitiminin yalnızca bilgi aktarımı olarak değil, öğrencinin kişisel gelişimini destekleyen, özgüvenini pekiştiren ve akademik benlik yapısını güçlendiren bir süreç olarak tasarlanması gerekmektedir. Özellikle erken yaşlarda akademik benlik saygısının desteklenmesi, öğrencinin uzun vadede bilimsel kariyer planlaması yapabilmesine, STEM alanlarına ilgi geliştirmesine ve cinsiyet temelli fırsat eşitsizliklerinin önlenmesine katkı sunmaktadır (Karahana vd., 2019; Kızılay ve Tanık Önal, 2020). Öğrencinin öğrenme sürecine yönelik algısını şekillendiren bir diğer önemli faktör, öğretmenden aldığı geri bildirimlerdir. Yapıcı, kişiselleştirilmiş ve öğrenmeye rehberlik eden geri bildirimler, öğrencinin güçlü yönlerini fark etmesini, zayıf yönleri üzerinde çalışmasını ve çabasının anlamlı olduğunu hissetmesini sağlar (Hattie ve Timperley, 2007). Özellikle bireyselleştirilmiş geribildirimler, öğrencinin öğrenme sürecine yönelik sahip olduğu kontrol algısını artırarak benlik saygısını doğrudan desteklemektedir. Bunun yanı sıra hedef belirleme, öz değerlendirme ve öz düzenleme gibi stratejilerle desteklenen öğretim ortamları, öğrencinin öğrenmeyi yönlendirebilme becerilerini geliştirmekte ve akademik kimliğini yapılandırmasına katkı sunmaktadır (Zimmerman ve Schunk, 2011).

Akademik benlik saygısını geliştirmeye yönelik ğretim uygulamaları, yalnızca bireysel düzeyde değil; aynı zamanda sistemsel düzeyde de dönüşüm gerektirmektedir. Eğitim ortamlarının daha kapsayıcı, ğrenci merkezli ve gelişim odaklı tasarlanması, öğretmenlerin benlik saygısı odaklı pedagojik yaklaşımlarla donatılması ve öğrenme sürecinin yalnızca sonuca değil sürece odaklı hâle getirilmesi gerekmektedir. Akademik benlik saygısı güçlü bireylerin yetişmesi, yalnızca daha başarılı öğrenciler değil; aynı zamanda daha dirençli, üretken ve yaşam boyu öğrenmeye açık bireylerin toplumda yer almasını sağlayacaktır.

neriler

Fen eğitiminde akademik benlik saygısını geliştirmeye yönelik olarak sürdürülen araştırmalar ve uygulamalar göstermektedir ki, öğrenme süreçlerinde yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal bileşenlerin de bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Özellikle ğrencinin kendine yönelik algısı, akademik başarıya ulaşmada belirleyici bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, aşağıda sıralanan öneriler, eğitim sistemine yön veren aktörlere, uygulayıcılara ve araştırmacılara yol gösterici niteliktedir:

- Fen ğretim programları, sadece bilgi aktarımına dayalı yapılar olmaktan çıkarılarak öğrencilerin benlik gelişimini destekleyen, özgüveni artırıcı, öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştiren hedefleri de içerecek şekilde yeniden yapılandırılmalı ve ğretim programlarında duyuşsal alanlara yer verilmelidir.
- Öğretmen adaylarına yönelik eğitimlerde, akademik benlik saygısının gelişimiyle ilgili kuramsal bilgi ve uygulama becerileri kazandırılmalıdır. Özellikle yapılandırmacı öğrenme, renci merkezli ğretim yöntemleri ve duyuşsal gelişimi destekleyen stratejiler ğretmen eğitimine entegre

edilmeli ve öğretmen yetiştirme süreçleri gözden geçirilmelidir.

- Fen eğitiminin disiplinlerarası doğasını yansıtan STEM etkinlikleri, öğrencilerin öz yeterlik inançlarını ve akademik benlik saygılarını geliştirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle özellikle düşük benlik algısına sahip öğrencilerin aktif katılımını destekleyen, üretim ve keşfetmeye dayalı öğrenme ortamlarına daha fazla yer verilmeli ve STEM temelli uygulamalara ağırlık verilmelidir.
- Okullarda psikolojik danışmanlık ve rehberlik birimleriyle iş birliği içerisinde, öğrencilerin benlik algılarını destekleyecek sosyal-duygusal öğrenme programları geliştirilmelidir. Hata yapmanın öğrenme sürecinin doğal bir parçası olduğu anlayışı öğrencilere kazandırılmalı ve psikososyal destek mekanizmaları güçlendirilmelidir.
- Öğrencinin akademik benlik gelişimi yalnızca okul ortamıyla sınırlı kalmamalı, ailelerin de sürece bilinçli şekilde dahil edilmesi sağlanmalıdır. Ailelere yönelik fen okuryazarlığını artırıcı seminer, atölye ve rehberlik faaliyetleri planlanarak öğrenci-aile-öğretmen iş birliği güçlendirilmeli ve Aile Katılımı Sistemik Hale Getirilmelidir.
- Deneysel öğrenmeyi temel alan, karar verme, deneme ve yeniden yapılandırma süreçlerine imkân tanıyan laboratuvar ortamları, öğrencilerin bilimsel süreç becerileri kadar özgüvenlerini ve benlik algılarını da geliştirmektedir. Bu tür uygulamalara okullarda sistematik olarak yer verilmeli ve Öğrenci Merkezli Laboratuvar Uygulamaları Yaygınlaştırılmalıdır.
- Özellikle fen ve STEM alanlarında kız öğrencilerin benlik gelişimini destekleyen, cinsiyet temelli önyargıları azaltan ve

rol model çalışmalarına yer veren politikalar benimsenmeli ve Cinsiyet Eşitliğini Gzeten Politikalar Geliştirilmelidir.

- Öğretmenlerin sunduğu dönütlerin bireyselleştirilmiş, yapıcı ve sürece rehberlik edici nitelikte olması, öğrencilerin çaba ve başarılarını fark etmelerini sağlamaktadır. Bu da akademik benlik saygısının gelişimine doğrudan katkı sunmaktadır.

Fen eğitimine yönelik yapılacak her türlü planlama, uygulama ve değerlendirme sürecinde, öğrencinin yalnızca bilgi düzeyi değil; kendilik algısı, öz yeterliği ve akademik benlik saygısı da dikkate alınmalıdır. Bu doğrultuda önerilen uygulamaların hayata geçirilmesi, hem akademik başarıyı hem de öğrencinin psikososyal gelişimini destekleyecek bütüncül bir öğrenme ortamı yaratılmasına olanak sağlayacaktır.

Kaynakça

Arcay, N., Calope, R. M., and Libot, B. D. (2019). "Parenting Styles in Relation to Self-Esteem and School Performance of Senior High Students", *University of Bohol Multidisciplinary Research*, 1-37.

Arıcak, O. T., & Aşkar, P. (2010). Akademik benlik saygısı ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 35(156), 3–12

Arseven, A. D. (1986). “Benlik Tasarımı”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(60), 15-27.

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31

Can, M. (2015). Ortaokul öğrencilerinin fen ve teknoloji dersine yönelik tutumları ile akademik benlik saygıları arasındaki ilişki. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 419–440.

Cevher, F. N. ve Buluş, M. (2006). "Okul Öncesi Eğitim Kurumlarına Devam Eden 5-6 Yaş Çocuklarında Akademik Benlik Saygısı", *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 28-39.

Çepni, S. (2005). *Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara: PegemA Yayıncılık

Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Journal of Qualitative Research in Education*, 4(3), 43-67.

Gürsoy, O. ve Gizir, C. A. (2018). “Üniversite Öğrencilerinin Psikolojik Yardım Almaya Yönelik Tutumları: Sosyal Damgalanma,

Kendini Damgalama, Öznel Sıkıntıları Açma, Benlik Saygısı ve Cinsiyetin Rolü”, *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi*, 8(49), 137-155.

Hattie, J., and Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.

Kaptan, F. ve Korkmaz, H. (2001). Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(20).

Kara, Y. (2021). STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik benlik saygısı üzerindeki etkisi. *Uluslararası Eğitim Teknolojisi ve Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 22–38.

Karaca, N. H., Akyol, T., Karaca, L. ve Can Yaşar, M. (2016). “Okul Öncesi Öğretmen Adaylarının Problem Çözme Becerileri ve Benlik Saygılarının Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi”, *Afyon Kocatepe University Journal of Social Sciences*, 18(1), 199-220.

Karahan, E., Canbazoglu Bilici, S., ve Ünal, E. (2019). Ortaokul öğrencilerinin STEM kariyer ilgilerinin akademik benlik saygısı ve motivasyon ile ilişkilendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 44(198), 321–342.

Karataş, Z. (2015). "Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri", *Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 62-80.

Kavak, N., Tufan, Y., ve Demirelli, H. (2006). Fen okuryazarlığı kavramı ve bileşenleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 1–13.

Kaya, S., ve Doğan, A. (2016). Teknoloji destekli fen öğretiminin öğrenci başarısı ve benlik algısı üzerindeki etkisi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 44–54

Kenç, M. F. ve Oktay, B. (2002). "Akademik Benlik Kavramı ve Akademik Başarı Arasındaki İlişki", *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 27(124), 71-79.

Kızılay, E. ve Tanık Önal, N. (2020). Fen Eğitimi Alanındaki Akademisyenlerin Fen Bilimleri Dersine Yönelik Algılarının İncelenmesi, *Journal of Individual Differences in Education*, 2 (1), 1-11.

Kutlu, E., Bakırcı, H. ve Kara, Y. (2022). STEM Education Effect on Inquiry Perception and Engineering Knowledge. *Participatory Educational Research (PER)*, 9 (3), 249-263.

Lawrence D. (2006). "Enhancing Self-Esteem in The Classroom (4th Edit)", *Paul Chapman Publishing Ltd*, London.

Margot, K. C. and Kettler, T. (2019). "Teachers' Perception of STEM İntegration and Education: A Systematic Literature Review", *International Journal Of STEM Education*, 6(1), 1-16.

Margunayasa, I. G., Dantes, N., Marhaeni, A. A. I. N. and Suastra, I. W. (2019). The Effect of Guided Inquiry Learning and Cognitive Style on Science Learning Achievement. *International Journal of Instruction*, 12(1), 737-750.

MEB (2018). Mutlu çocuklar güçlü Türkiye: 2023 eğitim vizyonu. Ankara: MEB.
http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf sayfasından erişilmiştir.

Meral, M., Altun Yalçın, S., Çakır, Z., ve Samur, E. (2024). The Effect of STEM-Based Robotic Coding Education on Primary School Students' Decision-Making Skills. *Journal of Theoretical Educational Science*, 17(2), 478-498.
<https://doi.org/10.30831/akukeg.1355818>

MoNE (2018). *STEM Eğitim Raporu*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.

Ocak, G. ve Sarlık, B. (2016). "Okul Öncesi Eğitim Kurumlarına Devam Eden 5-6 Yaş Çocuklarında Akademik Benlik Saygısı", *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(22), 182-194

Oruç, C., Tecim, E. ve Özyürek, H. (2011). "Okul Öncesi Dönem Çocuğunun Kişilik Gelişiminde Rol Model ve Çizgi Filimler", *EKEV Akademi Dergisi*, 15(48), 281-297.

Pajares, F., and Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement. In R. Riding & S. Rayner (Eds.), *Perception* (pp. 239–266). Ablex.

Patrick, H., Ryan, A. M., and Kaplan, A. (2007). Early adolescents' perceptions of the classroom social environment, motivational beliefs, and engagement. *Journal of Educational Psychology*, 99(1), 83–98.

Pehlivan, H. ve Köseoğlu, F. (2011). Bilimin doğasına ilişkin görüşler: Öğretmen adayları örneği. *Eğitim ve Bilim*, 36(160), 275–288.

Ryan, R. M., and Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67.

Samur, E. ve Yalçın, S. A. (2021). STEM etkinliklerinin okul öncesi öğretmenlerinin yansıtıcı düşünme becerileri üzerine etkisi. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 65-76.

Samur, E., and Altun Yalçın, S. (2024). The Effect of Montessori Approach-Based Stem Activities on the Academic Self-Respect of Preschool Students. *Journal of Education and Future* (25), 1-13. <https://doi.org/10.30786/jef.1215075>

Shavelson RJ and Bolus R. (1982). "Self-concept: the interplay of theory and methods", *Journal of Educational Psychology*, (74), 13–17.

Simsar, A. ve Doğan, Y. (2019). Okul öncesi öğretmenlerinin fen eğitimi süreçleri üzerine görüşlerinin incelenmesi. *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 19-32.

Subaşı, G. (2000). "Verimli ders çalışma alışkanlıkları eğitiminin akademik başarı, akademik benlik kavramı ve çalışma alışkanlıklarına etkisi", *Eğitim ve Bilim*, 25(117).

Tezcan Şirin, G., Tüysüz, M. ve Oğuz, E. K. (2022). Ortaokul fen bilimleri ders kitaplarında yer alan etkinliklerin STEM etkinliklerine uygunluğuna dair öğretmen görüşleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(Özel Sayı), 354-386.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Buck Institute for Education

Türkoğlu, B. (2019). STEM eğitiminde tasarım odaklı düşünme sürecinin incelenmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(1), 19–37.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman.

Uzunoğlu, N. (2019). Öğrencilerde benlik farkındalığı geliştirme: Eğitimciler için rehber. *Eğitimde Psikolojik Hizmetler Dergisi*, 1(1), 25–35.

Walker, C. M. (2006). "The Association Between Aggressive Behaviors And Academic Self-Esteem Of Preschool Children", Yüksek Lisans Tezi, *West Virginia University*, West Virginia.

Warash, B.G. and Markstrom, C.A. (2001). "Parental perceptions of parenting styles in relation to academic self-esteem of preschoolers", *Education*, 121, 485-494. Erişim;

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=1cacd1d-de0e-406c-9c20-99243f0c8147%40redis>

Yıldırım, B., ve Altun, Y. (2015). “STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuvar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi”, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 28-40.

Zembat, R., Koçyiğit, S., Akşin Yavuz, E. ve Tunceli, H. İ. (2018). "Çocukların Benlik Algısı, Mizaç ve Sosyal Becerileri Arasındaki İlişkiler", *Uluslararası Türkçe Edebiyat Kültür Eğitim Dergisi*, 548-567.

Zimmerman, B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekarts, P. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Self-regulation: Theory, research, and applications* (pp. 13-39). Orlando, FL: Academic

Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D., ve Turgut, M. F. (1997). *Fen eğitimi*. Ankara: YÖK/Dünya Bankası.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.

Baran, M., ve Maskan, A. (2010). Proje tabanlı öğrenme yönteminin fen bilgisi öğretiminde öğrenci başarısına etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 223–236.

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), 39–43.

Brookover, W. B., Schweitzer, J. H., Schneider, J. M., Beady, C. H., Flood, P. K., and Wisenbaker, J. M. (1979). *Elementary school social climate and school achievement*. *Sociology of Education*, 52(2), 81–89.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Çalış, S., ve Ayas, A. (2005). Fen bilgisi öğretiminde öğrenci merkezli laboratuvar etkinliklerinin öğrenci başarısına etkisi. *Eurasian Journal of Educational Research*, 21, 43–52.

Çepni, S. (2005). *Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi.

Demircan, C., ve Demirel, M. (2010). Okul-aile iş birliği. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 16(1), 15–38.

Derman, İ., ve Baş, F. (2013). Akademik benlik algısı ve öğrenme motivasyonu. *Eğitim ve Bilim*, 38(168), 89-100.

Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., and Schellinger, K. B. (2011). The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta-analysis. *Child Development*, 82(1), 405–432.

Epstein, J. L. (2001). *School, family, and community partnerships: Preparing educators and improving schools*. Westview Press.

Fraser, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 493–541). Macmillan.

Good, T. L., and Brophy, J. E. (2003). *Looking in classrooms* (9th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Honey, M., Pearson, G., and Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: National Academies Press.

Hoover-Dempsey, K. V., and Sandler, H. M. (1997). Why do parents become involved in their children's education? *Review of Educational Research*, 67(1), 3–42.

Kara, Y. (2021). STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik benlik saygısı üzerindeki etkisi. *Uluslararası Eğitim Teknolojisi ve Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 22–38.

Karahan, E., Canbazoğlu Bilici, S., ve Ünal, B. (2019). Fen öğretmenlerinin STEM eğitimiyle ilgili algıları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(2), 631–655.

Margolis, H., and McCabe, P. P. (2006). Improving self-efficacy and motivation: What to do, what to say. *Intervention in School and Clinic*, 41(4), 218–227.

Margot, K. C., and Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1–16.

Marsh, H. W. (1990). A multidimensional, hierarchical model of self-concept. *Educational Psychology Review*, 2(2), 77–172.

Schnittka, C. G., Evans, M. A., and Drape, T. (2014). Engineering design in the middle school science classroom. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1629–1651.

Şahin, A., Ayar, M. C., ve Adıgüzel, T. (2014). STEM eğitimi Türkiye raporu. İstanbul: İnovatif Düşünce ve Eğitim Derneği.

Wentzel, K. R. (1998). Social relationships and motivation in middle school. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 202–209.

Yager, R. E. (2000). The constructivist learning model. *Science Teacher*, 67(1), 44–45

Zimmerman, B. J., and Schunk, D. H. (2011). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (2nd ed.). Routledge.

THE EFFECT OF TEACHING THE FORCE AND ENERGY UNIT THROUGH MODELING ON ACADEMIC ACHIEVEMENT, MOTIVATION, AND SELF-REGULATION SKILLS ¹

PAŞA YALÇIN²
YASEMİN SARAÇ³
SEMA ALTUN YALÇIN⁴

Introduction

The aim of the Science Education Curriculum is “to raise all students as scientifically literate individuals, regardless of their individual differences.” In order to achieve scientific literacy for all individuals, several sub-goals have been identified: acquiring fundamental scientific knowledge, developing the ability to use scientific process skills, fostering curiosity and interest in events occurring in the immediate environment, and generating solutions to

¹ Bu çalışma ikinci yazarın yüksek lisan tezinden üretilmiştir.

² Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0002-8085-7914, pasayalcin@hotmail.com

³ Y. Lisan Öğrencisi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orcid: 0000 0002 8551 0374

⁴ Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0001-6349-2231

encountered problems (Science Curriculum, MoNE, 2018). Traditional teaching methods—characterized by rote learning, direct instruction, note-taking, and verification activities, where students play a passive role and the teacher acts as an authority figure—are insufficient to achieve these goals. It is believed that employing teaching methods that promote active student participation, increase motivation, support self-regulation skills, and position the teacher as a guide will be more effective in realizing these educational objectives.

In order to achieve the goal of raising inquisitive and scientifically literate individuals, it is essential to select instructional methods that concretize abstract and complex concepts in science education—concepts that may otherwise lead to negative preconceptions among students—making them more comprehensible (Bebek, 2016). One such method is modeling. Models, which serve as learning aids in the concretization of abstract concepts, help simplify complex ideas (Minaslı, 2009). They are tools that transform abstract notions into tangible representations. Since abstract concepts can appear complex to students, they often lead to negative attitudes toward the subject, decrease motivation, and adversely affect academic achievement. Compared to traditional methods, the use of modeling in instruction is believed to have a more effective impact on learning (Gobert & Buckley, 2000).

Motivation can be defined as the effort or work individuals undertake to achieve their goals (Warren, 2000). It can be interpreted as a biological, cognitive, and emotional force that enables individuals to become willing to pursue a specific goal. Therefore, motivation holds a crucial place in education, as it plays a key role in helping individuals reach desired outcomes.

Self-regulation skills are considered to be one of the key factors influencing academic achievement. When individuals recognize their own characteristics, set goals, and cognitively

motivate themselves in line with effective study principles, they are better able to plan their learning processes, which positively impacts their overall learning experience. Individuals with well-developed self-regulation are aware of their self-awareness and foster various factors such as goal setting, time management, learning strategies, self-evaluation, self-motivation beliefs, self-efficacy, and intrinsic task interest. These skills enable students to take control of and shape their own learning processes (Zimmerman & Schunk, 2001). For these reasons, self-regulation holds a significant role in the learning process.

In this study, both quantitative and qualitative data collection tools were used to examine the effects of model use in science lessons in terms of various variables. The "Academic Achievement Test" (AAT) on the topic of "Force and Energy," the "Motivation Scale for Learning Science" (MSLS), and the "Perceived Self-Regulation Scale" (PSRS) were employed as quantitative data tools to assess academic achievement, motivation, and self-regulation skills, respectively. In addition, semi-structured interview questions were used as qualitative data collection tools.

Purpose of the Study

This study aimed to determine the effect of using models in teaching the "Force and Energy" unit to seventh-grade middle school students on their academic achievement, self-regulation skills, and motivation toward learning science.

Statement of the Problem

The research problem was defined as follows: *"Does the use of models in science instruction affect middle school students' academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills?"* Within this scope, the sub-problems listed below were addressed.

1. Is there a difference between the pre-test and post-test scores of the experimental and control group students in terms of academic achievement, motivation toward science, and self-regulation skills as a result of using models in science instruction?
2. Is there a difference between the pre-test and post-test scores of the experimental group students in terms of academic achievement, motivation toward science, and self-regulation skills as a result of using models in science instruction?
3. What are the views of the experimental group students regarding the use of modeling in science instruction?

Assumptions of the Study

- It is assumed that the students in the study group responded sincerely to the questions and statements included in the instruments used in the research.
- It is assumed that during the study process, variables other than the independent variable were either kept under control or affected students in both groups equally.

Limitations of the Study

This study;

- A six-week implementation period,
- The learning outcomes included in the "Force and Energy" unit,
- The 40 students who participated in the study as the study group,
- The 10 students from the experimental group who participated in the interview process,

- The study is limited to the achievement test, motivation scale, and self-regulation scale used as measurement instruments.

Significance of the Study

A review of the relevant literature reveals that traditional teaching methods are insufficient for instructing topics in the science curriculum that involve abstract concepts (Çoruk & Çakır, 2017). Additionally, it has been concluded that motivation and self-regulation skills play a crucial role in achieving effective learning outcomes (Zimmerman & Schunk, 2001). For these reasons, this study was conducted to determine the effect of using models in the "Force and Energy" unit—which contains abstract and difficult-to-understand concepts—on academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills. It is believed that this research will contribute to the literature, as the use of models in such topics has not been widely explored.

Materials and Methods

Research Design

A mixed-method approach was used in the study, which was conducted based on a quasi-experimental design with a pre-test–post-test control group. Since the study group consisted of seventh-grade students enrolled in public schools affiliated with the Ministry of National Education, a quasi-experimental design involving matched groups based on pre-existing measurements was deemed most appropriate.

To investigate the effects of using modeling in science instruction on academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills, the lessons were delivered to both the experimental and control groups by the same teacher throughout the

implementation process. In the experimental group, instruction was carried out using modeling, while in the control group, lessons were taught using the methods prescribed by the Science Education Curriculum. Quantitative data [academic achievement test (AAT), motivation scale for Learning Science (MSLS), and perceived self-regulation scale (PSRS)] were collected both before and after the implementation. Qualitative data, on the other hand, were gathered only from the experimental group students after the implementation through semi-structured interviews. A diagram of the research design for the quantitative dimension is presented in Table 1, and the design related to the qualitative dimension is shown in Table 2.

Table 1. Research design for the quantitative dimension

Group	Before the Experimental Process (Pre-Test)	Experimental Process	After the Experimental Process (Post-Test)
Experimental Group	AAT MSLS PSRS	Modeling Method in Science Instruction	AAT MSLS PSRS
Control Group	AAT MSLS PSRS	Methods from the Science Curriculum	AAT MSLS PSRS

Table 2. Research design for the qualitative dimension

Group	Before the Experimental Process (Pre-Test)	Experimental Process	After the Experimental Process (Post-Test)
Experimental Group	-	-	Semi-structured Interview
Control Group	-	-	-

To address the second sub-problem of the study—*"Is there a difference between the pre-test and post-test scores of the*

experimental group students in terms of academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills as a result of using models in science instruction?"—a one-group pre-test–post-test design was employed. In the research data, only the results obtained from the experimental group, in which modeling was implemented, were analyzed using the same measurement tools. The one-group pre-test–post-test design is presented in Table 3.

Table 3. One-group pre-test–post-test design

Group	Pre-Test	Intervention	Post-Test
Experimental Group	AAT MSLS PSRS	Modeling Method in Science Instruction	AAT MSLS PSRS

Study Group

The quantitative data sample of the study consisted of seventh-grade students from two public middle schools located in a remote area of the Central Anatolia Region. A total of 40 students, with 20 in the experimental group and 20 in the control group, voluntarily participated in the research. It was assumed that no ability-based grouping was applied in either school during class formation; therefore, the study was conducted with heterogeneous groups. Furthermore, efforts were made to ensure that the groups included in the study were similar in terms of their average achievement in science, socio-economic background, and the number of students attending extracurricular courses.

According to the pre-test results administered prior to the use of modeling in science instruction, no significant differences were found between the groups in terms of the measured variables (see Table 6: Academic Achievement Test, Table 8: Motivation Scale for Learning Science, Table 10: Perceived Self-Regulation Scale). Based on these findings, it can be interpreted that the groups shared similar characteristics.

The qualitative data sample consisted of 10 students randomly selected from the experimental group to participate in semi-structured interviews.

Data Collection Tools

In this section, detailed information is provided under subheadings about the quantitative data collection tools (Academic Achievement Test, Motivation Scale for Learning Science, Perceived Self-Regulation Scale) and the qualitative data collection tool (semi-structured interview form). To achieve the objectives of the study, the following data collection tools were employed: the *Academic Achievement Test* (AAT) related to the topic of "Force and Energy," the *Motivation Scale for Learning Science* (MSLS), and the *Perceived Self-Regulation Scale* (PSRS) were used as quantitative tools. In addition, semi-structured interview questions were used as a qualitative data collection tool.

Academic Achievement Test on "Force and Energy"

In line with the aim of the study—to determine the effect of using modeling in science instruction on academic achievement—a revised version of the 38-item multiple-choice *Academic Achievement Test on Force and Energy*, originally developed by Fidan (2018), was used as a quantitative measurement tool. Prior to its use in this study, permission was obtained from Fidan. To ensure content validity, the test items were reviewed in accordance with the unit-based yearly plan prepared based on the science curriculum. Eleven multiple-choice items (items 10, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 29, 31, and 34) were excluded from the test because they were deemed inappropriate for the students' grade level. In order to strengthen content validity, expert opinions were consulted, and four questions (items 4, 5, 8, and 20) from the Ministry of National Education's standardized *Unit 3: Force and Energy Achievement Test (BTS)*—which had previously been tested for validity and

reliability—were added to the instrument. To assess the reliability and validity of the final version of the test, a pilot study was conducted with 48 eighth-grade students. Correct answers were scored as “1,” while incorrect and unanswered questions were scored as “0.” The analysis of the test was based on this scoring system. The results of the pilot study are presented in Table 4.

Table 4. Pilot study – academic achievement test

AAT	N	$\bar{X}$	Mean P	Mean rjx	Mean Pbr	KR-20	SD
	48	10,45	0,40	0,41	0,40	0,81	4,23

Based on Table 4, the findings obtained from the pilot study conducted with 48 students indicate that the test has a moderate level of difficulty and demonstrates high content and construct validity.

Motivation Scale for Learning Science

In line with the aim of the study—to determine the effect of using modeling in science instruction on students’ perceived motivation—the *Motivation Scale for Learning Science*, developed by Dede and Yaman (2008), was used as a measurement tool. In the process of developing the scale, Dede and Yaman conducted a literature review, created a draft version of the instrument, and obtained expert opinions. Based on expert feedback and the results of a pilot study, necessary revisions were made, and the final version of the scale was composed of 23 items. The scale is a five-point Likert-type instrument that includes the following dimensions: *Motivation Toward Research*, *Performance-Oriented Motivation*, *Communication-Oriented Motivation*, *Motivation Toward Collaborative Work*, and *Participation-Oriented Motivation*. The scale has a Cronbach’s alpha internal consistency coefficient of 0.80, indicating that it is a valid and reliable measurement tool based on the data obtained.

Perceived Self-Regulation Scale

In line with the purpose of the study—to determine the effect of using modeling in science instruction on perceived self-regulation skills—the *Perceived Self-Regulation Scale*, developed by Arslan and Gelişli (2015), was utilized. In their study, Arslan and Gelişli worked with a sample of 604 middle school students from the province of Sakarya. The scale consists of 16 items, and the Cronbach’s alpha internal consistency coefficients were reported as 0.90 for the entire scale, 0.84 for the *Openness* subscale, and 0.82 for the *Exploration* subscale. Based on the data analysis conducted in their study, the scale was found to be both valid and reliable.

Semi-Structured Interview Form

In line with the purpose of the study, a semi-structured interview form was used to collect qualitative data. The interviews were conducted using the “holistic interpretation” technique. According to this approach, small units of data contribute to forming a comprehensive picture. A well-conducted interview is considered an objective means of obtaining information about individuals' thoughts and beliefs. Semi-structured interviews provide participants with the opportunity to express themselves freely and allow researchers to gather in-depth data within a specific area of interest.

The interview questions were prepared based on a literature review in the fields of modeling in science instruction, motivation toward learning science, and self-regulation. Expert opinions were obtained regarding the questions, and a pilot implementation was conducted with three randomly selected students who were not part of the experimental group. Based on expert feedback and the results of the pilot study, necessary revisions were made to the interview questions. Following the implementation of the modeling-based instruction and the administration of post-test quantitative data

collection tools, interviews were conducted with ten randomly selected students from the experimental group. These interviews were scheduled in advance and held individually. As a flexible research tool, the interview method was used to obtain in-depth verbal data between the researcher and the student regarding the research topic. The interviews, each lasting approximately 20–25 minutes, were recorded using an audio device.

Implementation Process

During the implementation process, various types of modeling methods were used, including scale models, pedagogical models, analogical models, symbolic–representational models, maps, diagrams, tables, and concept process models. The implementation spanned a total of five weeks. Some of the models used during this process—such as symbolic and mathematical models—were developed by the researcher, while others were created by the students themselves as part of the modeling activities designed to enhance their self-regulation skills. Table 5 presents the learning outcomes included in the Force and Energy unit, along with information regarding the models implemented.

Table 5. Models used in the force and energy unit

Learning Outcome	Models Used
F.7.3.1.1. Defines the gravitational force acting on mass as weight.	Symbolic models, Mathematical models, Tables
F.7.3.1.2. Compares the concepts of mass and weight.	Mathematical models, Symbolic models, Simulations, Tables, Mental models
F.7.3.1.3. Explains gravity as gravitational attraction based on celestial bodies.	Mathematical models, Simulations, Tables, Theoretical models
F.7.3.2.1. Explains that in a physical sense, work is related to the applied force and the distance moved.	Mathematical models, Symbolic models, Simulations, Tables, Scale models
F.7.3.2.2. Relates energy to the concept of work and classifies it as kinetic and potential energy.	Mathematical models, Simulations, Scale models, Mental models
F.7.3.3.1. Concludes that energy is conserved based on the transformation between kinetic and potential energy.	Concept process models, Mathematical models, Scale models, Symbolic models, Simulations, Tables
F.7.3.3.2. Explains the effect of frictional force on kinetic energy with examples.	Concept process models, Scale models, Simulations, Tables
F.7.3.3.3. Designs a vehicle to reduce the effect of air or water resistance.	Concept process models, Scale models, Simulations, Tables

Considering students' individual differences and the appropriateness of each learning outcome, care was taken to use more than one type of model for each outcome. With the guidance of the researcher, students were encouraged to construct models in order to help them reach the learning goals. This process aimed to enhance students' self-regulation skills and increase their motivation toward learning science.

Some examples of the modeling methods used in science instruction, along with the corresponding learning outcomes and explanatory visuals, are presented below in the form of figures and descriptions.

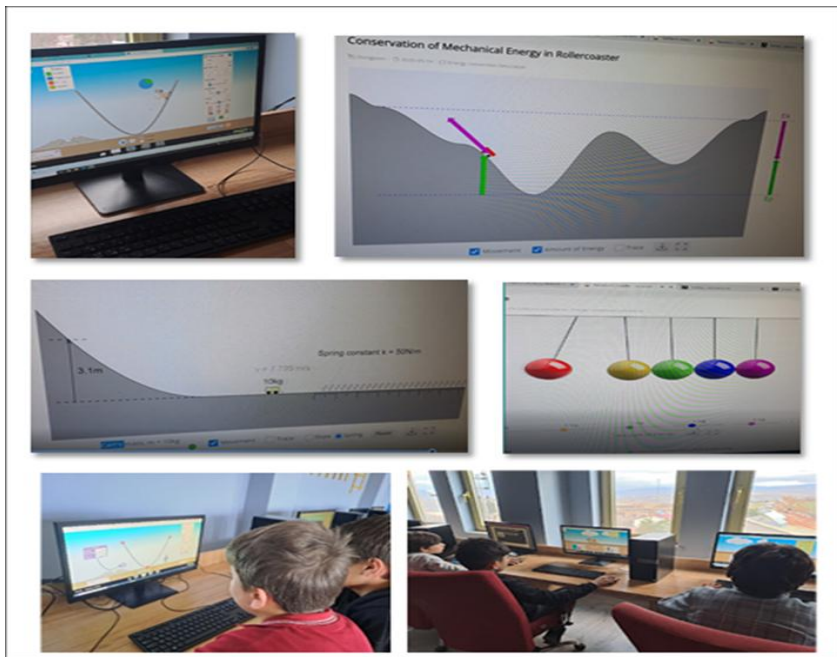
Figure 1. Student-Constructed Models



Students were asked to create a model related to the topic they found most difficult to understand, and the designs they developed are shown in Figure 1. The models in Figure 1 were constructed by students in the experimental group and correspond to the following learning outcomes from the Science Curriculum: F.7.3.3.1. *"Concludes that energy is conserved based on the transformation between kinetic and potential energy,"* and F.7.3.3.2. *"Explains the effect of frictional force on kinetic energy with examples."*

Under the guidance of the teacher, students designed scale models that resembled the relevant concepts or phenomena. These models served to concretize the abstract learning outcomes, thereby making them easier for students to understand and facilitating the learning process.

Figure 2. Simulation Models (PhET, 2022)

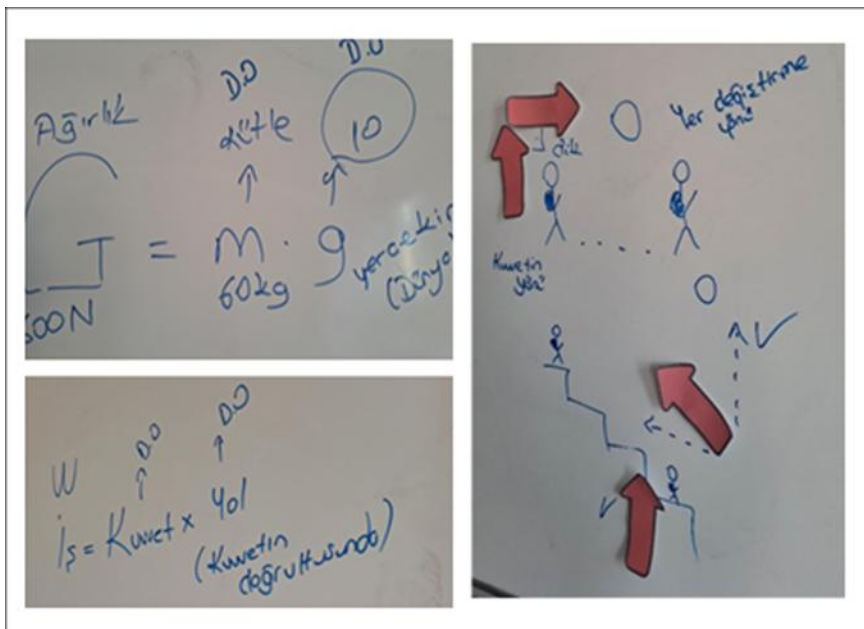


In Figure 2, simulation models covering all learning outcomes in the *"Force and Energy"* unit of the MoNE Science Curriculum were implemented with students in the experimental group using computers.

The simulations were sourced from PhET, a project developed by the University of Colorado Boulder. PhET offers fun, free, and interactive simulations in physics, chemistry, biology, and mathematics that can be run online or downloaded for offline use.

Students in the experimental group used these simulations—featuring two- or three-dimensional animations, images, graphs, and numerical data representations—to manipulate parameters and better understand the concepts related to all learning outcomes.

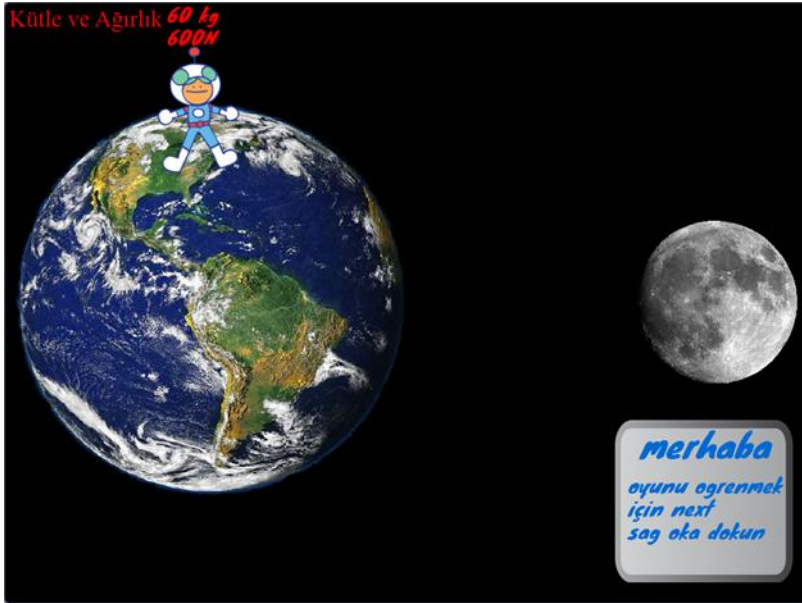
Figure 3. Symbolic and Mathematical Models



In Figure 3, the lesson was taught using symbolic and mathematical models designed by the researcher, aligned with the learning outcome F.7.3.2.1. from the MoNE Science Curriculum: *"Explains that, in a physical sense, work is related to the applied force and the distance over which it is exerted."*

Symbolic models were used particularly to represent equations and to depict certain structures through symbolic representation. Mathematical models, on the other hand, were employed to analyze and interpret the relationships between concepts.

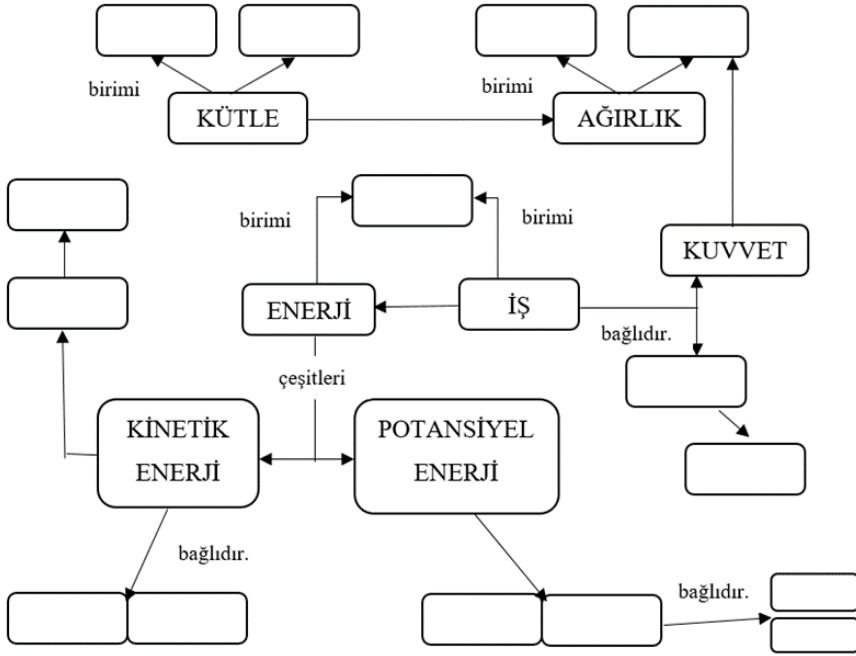
Figure 4. Student-Created Simulation Model (Scratch, 2022)



In Figure 4, simulation models created by students were used to address the learning outcome F.7.3.1.3. from the Science Curriculum: *"Explains gravity as gravitational attraction based on celestial bodies."* These models are designed to demonstrate how an imaginary or real phenomenon works (Roblyer & Edwards, 2000).

The simulation platform used was Scratch—a simple programming language designed for use by younger learners. Students in the experimental group used Scratch to design scenes and characters of their choice and created games aligned with the learning outcome. Through this process, students were guided by the researcher in designing educational games that made the topic more enjoyable, aiming to increase their motivation and support the development of their self-regulation skills by allowing them to take ownership of their learning.

Figure 5. Concept Map of Force and Energy



After the completion of the *Force and Energy* unit, students in the experimental group created a concept map under the guidance of the researcher, as shown in Figure 5. The aim was to help students understand the concepts within the unit and their interrelationships as a whole, as well as to identify any learning gaps.

Models classified as *Maps–Diagrams–Tables* are tools that present concepts in an integrated structure, revealing patterns and relationships among variables. A concept map is a visual learning technique that models the connections and relationships between pieces of information through drawings and illustrations. By organizing knowledge hierarchically, concept maps facilitate meaningful learning, enhance conceptual clarity, and contribute to students' thinking skills. It is believed that concept maps have a positive effect on academic achievement (Gerekan & Atasel, 2021).

Throughout the five-week implementation process, the experimental group was taught the *Force and Energy* unit using models, as illustrated in the examples above. Multiple modeling methods were employed, taking into account individual differences among students. Furthermore, in most cases, the models were created by the students themselves under the researcher's guidance, ensuring their active participation in the learning process.

Research Findings

Findings and Interpretations Related to the First Sub-Problem of the Study

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test academic achievement scores of the experimental group, in which modeling was used, and the control group, which was taught according to the MoNE Science Curriculum, are presented in Table 6.

Table 6. Significance of the difference between pre-test academic achievement scores

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	12,3	246	32	0,19
Control	20	8,7	174		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of pre-test academic achievement scores for both the experimental and control group students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, which was conducted to determine whether there was a significant difference between the pre-test achievement scores, no statistically significant difference was found between the experimental and control groups ($U = 32$, $p > 0.05$).

The statistical results regarding the significance of the difference between the post-test academic achievement scores of the experimental group (taught using modeling) and the control group (taught in accordance with the MoNE Science Curriculum) are presented in Table 7.

Table 7. Significance of the difference between post-test academic achievement scores

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	14,2	284	13	0,04
Control	20	6,8	136		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of post-test academic achievement scores for both the experimental and control group students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, which was conducted to determine whether there was a significant difference between the post-test scores, a statistically significant difference was found in favor of the experimental group ($U = 13$, $p < 0.05$).

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test scores of the experimental group (taught using modeling) and the control group (taught in accordance with the MoNE Science Curriculum) in terms of motivation toward learning science are presented in Table 8.

Table 8. Significance of the difference between pre-test motivation scores

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	11,1	222	44	0,684
Control	20	9,9	198		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of the pre-test scores on motivation toward learning science for both the experimental and control group

students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, conducted to determine whether there was a significant difference between the pre-test motivation scores, no statistically significant difference was found between the experimental and control groups ($U = 44$, $p > 0.05$).

The statistical results regarding the significance of the difference between the post-test motivation scores of the experimental group (taught using modeling) and the control group (taught in accordance with the Ministry of National Education (MoNE) Science Curriculum) are presented in Table 9.

Table 9. Significance of the Difference Between Post-Test Motivation Scores

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	13,85	277	16,5	0,009
Control	20	7,15	143		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of the post-test scores on motivation toward learning science for both the experimental and control group students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, conducted to determine whether there was a significant difference between the post-test motivation scores, a statistically significant difference was found in favor of the experimental group ($U = 16.5$, $p < 0.05$).

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test self-regulation scores of the experimental group (taught using modeling) and the control group (taught in accordance with the Ministry of National Education (MoNE) Science Curriculum) are presented in Table 10.

Table 10. Significance of the Difference Between Pre-Test Self-Regulation Scores

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	12,25	245	32,5	0,19
Control	20	8,75	175		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of the pre-test self-regulation scores for both the experimental and control group students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, conducted to determine whether there was a significant difference between the pre-test self-regulation scores, no statistically significant difference was found between the experimental and control groups ($U = 32.5$, $p > 0.05$).

The statistical results regarding the significance of the difference between the post-test self-regulation scores of the experimental group (taught using modeling) and the control group (taught in accordance with the Ministry of National Education (MoNE) Science Curriculum) are presented in Table 11.

Tablo 11. Öz-düzenleme son test puanları arasında anlamlılık ilişkisi

Group	N	Mean Rank	Rank Sum	U	p
Experimental	20	13,15	263	23,5	0,043
Control	20	7,85	157		

According to the results of the Shapiro-Wilk test, it was determined that the distribution of the post-test self-regulation scores for both the experimental and control group students did not follow a normal distribution at the significance level of $p = 0.05$. Based on the results of the Mann-Whitney U test, conducted to determine whether there was a significant difference between the post-test self-regulation scores, a statistically significant difference was found in favor of the experimental group ($U = 23.5$, $p < 0.05$).

Findings and Interpretations Related to the Second Sub-Problem of the Study

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test and post-test academic achievement scores of the experimental group students, in which modeling was used, are presented in Table 12.

Table 12. Wilcoxon Signed-Rank Test Results for the Academic Achievement Test

Pre-Test Post-Test	N	Mean Rank	Rank Sum	z	p
Negative Ranks	0	0	0	-2,668	0,008
Positive Ranks	18	5	90		
Ties	2				

According to the results of the Wilcoxon Signed-Rank Test conducted to determine whether there was a difference in the academic achievement of students in the experimental group before and after the use of modeling, it was found that 18 students (90%) showed a positive difference, while 2 students (10%) showed no difference.

A statistically significant difference was observed in the academic achievement scores of the experimental group after the implementation of modeling [$z = -2.668$, $p < 0.05$]. The fact that the difference scores favored the post-test indicates that the use of modeling had a significant positive effect on academic achievement.

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test and post-test motivation scores of the experimental group students, in which modeling was used, are presented in Table 13.

Tablo 13. Wilcoxon işaretli sıralar motivasyon testi tablosu

Pre-Test Post-Test	N	Mean Rank	Rank Sum	z	p
Negative Ranks	2	3	6	-2,501	0,012
Positive Ranks	18	5,78	104,04		
Ties	0				

According to the results of the Wilcoxon Signed-Rank Test conducted to determine whether there was a difference in the motivation toward learning science among students in the experimental group before and after the use of modeling, it was found that 18 students (90%) showed a positive difference, while 2 students (10%) showed a negative difference.

A statistically significant difference was observed in the motivation scores of the experimental group after the use of modeling [$z = -2.501$, $p < 0.05$]. Since the difference scores favored the post-test, it can be concluded that the use of modeling had a significant positive effect on students' motivation toward learning science.

The statistical results regarding the significance of the difference between the pre-test and post-test self-regulation scores of the experimental group students, in which modeling was used, are presented in Table 14.

Table 14. Wilcoxon Signed-Rank Test Results for the Self-Regulation Scale

Pre-Test Post-Test	N	Mean Rank	Rank Sum	z	p
Negative Ranks	2	4	8	-1,97	0,049
Positive Ranks	14	4,57	63,98		
Ties	4				

According to the results of the Wilcoxon Signed-Rank Test conducted to determine whether there was a difference in the self-regulation scores of students in the experimental group before and after the use of modeling, it was found that 14 students (70%) showed a positive difference, 2 students (10%) showed a negative difference, and 4 students (20%) showed no difference.

A statistically significant difference was observed in the self-regulation scores of the experimental group after the use of modeling [$z = -1.97$, $p < 0.05$]. Since the difference scores favored the post-test, it can be concluded that the modeling method had a significant positive effect on students' self-regulation skills.

Findings and Interpretations Related to the Third Sub-Problem of the Study

The third sub-problem of the study was stated as: *"What are the students' views on the use of modeling in science instruction?"* In order to determine the experimental group students' opinions about the modeling method after the implementation phase, a semi-structured interview technique was used.

To examine the effect of the modeling method on students' motivation, students were asked the following question: *"Do you think that the use of the modeling method in science instruction had an effect on your motivation toward the course?"* The students' responses regarding the impact of the modeling method on their motivation toward learning science are presented in Table 15.

Table 15. The Effect of the Modeling Method on Motivation

Views	F	%
Enhancing academic achievement	4	40
Making the lesson more enjoyable	3	30
Facilitating learning	1	10
Making concepts more understandable through concretization	2	20

When Table 15 is examined, the most frequently stated opinion is *"enhancing academic achievement"* (n = 4, 40%). This is followed by the view *"making the lesson more enjoyable"* (n = 3, 30%). Some sample student responses supporting these findings are as follows:

"I believe it had a positive impact. The use of the modeling method helped make abstract and complex concepts more concrete and understandable. Since I understood the topic better, my academic performance improved, and this increased my motivation as well." (S2)

"The lessons in which we used the modeling method were very enjoyable. It made the class more fun, which increased my love for science. This, in turn, boosted my motivation." (S8)

Students stated that the use of models in science instruction made the subject more understandable, enjoyable, and contributed to increased academic achievement. Additionally, based on the observations made by the researcher during the implementation process, it was noted that students learned the concepts more effectively when models were used and participated more actively in lessons, especially when working with scale models they had designed themselves.

In light of the students' responses to the semi-structured interview questions and the researcher's observations, it can be concluded that the use of modeling in science lessons contributed to an increase in students' motivation toward learning science. To determine which modeling method students preferred and found most motivating, they were asked the following question: *"Among the modeling activities used during the implementation process (e.g., concept maps, model construction, symbolic models, etc.), which one did you enjoy the most? Could you please explain?"*

The students' responses regarding the most liked modeling methods are presented in Table 16.

Table 16. Modeling Methods Enjoyed by Students

Views	F	%
Symbolic Models	1	10
Scale Models	6	60
Maps–Diagrams–Tables	2	20
Mathematical Models	1	10

When Table 16 is examined, the most frequently expressed preference was for *scale models* ($n = 4$, 60%). Some representative student views supporting these findings are as follows:

"Although I liked most of the modeling methods, concept maps were my favorite because they helped me understand the conceptual relationships within the topic as a whole, which led to more permanent learning." (S5)

"I enjoyed working with scale models the most because they helped me concretely understand abstract concepts, the process felt like a game during the implementation, and I designed the models myself." (S1)

The purpose of asking this question was to identify which models students preferred, why they liked them, their impact on motivation, and to highlight the importance of individual differences. It was concluded that while students generally enjoyed the use of models, scale models attracted particular interest because they helped students concretize abstract concepts through hands-on, experiential learning, making the content more memorable. Concept maps were also appreciated for allowing students to review and visualize the topic as a whole. Additionally, observations made by the researcher during the implementation process indicated that mathematical models were perceived by students as more abstract

and beyond their current level of understanding, which may explain why they were not favored as much.

Based on students' responses to the semi-structured interviews and researcher observations, it can be interpreted that students preferred models that allowed them to participate actively and helped make abstract concepts more tangible. However, due to individual differences, the preferred types of models varied among students. To examine the impact of modeling on the structure of the lessons, students were asked the following question: *"How would you compare science lessons taught without modeling methods to those taught with modeling methods?"* Student responses are presented in Table 17.

Table 17. Differences in Lesson Delivery with and without the Modeling Method

Views	F	%
Enjoyable	4	40
Understandable	3	30
Engaging	3	30

When Table 17 is examined, the most frequently expressed view was that the lessons were *enjoyable* (n=4, 40%). This was followed by *understandable* (n=3, 30%) and *engaging* (n=3, 30%). Some representative student comments supporting these findings are as follows:

"Yes, there is definitely a difference. I noticed that I understood the topic more clearly when we used the modeling method." (S7)

"I think there is a difference. When the modeling method was used, I was curious and the activities captured my attention." (S3)

"Yes, when we used the modeling method, the lesson became enjoyable, and I was able to listen attentively without getting bored for a long time." (S2)

Students stated that science lessons using modeling methods were more interesting, clearer, and more enjoyable compared to other lessons. Additionally, classroom observations by the researcher indicated that students were more motivated and participated more actively in lessons taught with modeling compared to those taught with traditional methods.

Based on the responses to the semi-structured interviews and the researcher's in-class observations, it can be interpreted that science lessons involving the use of models differ from traditional instruction in many aspects. To determine which basic skills were supported through the use of modeling, students were asked the following question: *"Do you think the modeling activities contributed to the development of any specific skills (basic skills)?"* Student responses are presented in Table 18.

Table 18. Skills Supported by the Modeling Method

Views	F	%
Self-Regulation	4	40
Creativity	3	30
Psychomotor Skills	1	10
Reasoning	2	20

When Table 18 is examined, the most frequently mentioned skill was *self-regulation* (n=4, 40%), followed by *creativity* (n=3, 30%). Some representative student responses supporting these findings are as follows:

"Yes, especially while creating scale models related to the topic, I believe it helped me develop my creativity and psychomotor skills." (S9)

"Yes, I think so. Thanks to the computer-based models, I was able to identify gaps in my understanding of the topic. I addressed those gaps by creating a scale model, which helped me improve my self-regulation skills." (S10)

Students expressed that science lessons incorporating modeling methods were more interesting, understandable, and enjoyable compared to other lessons. In addition, classroom observations made by the researcher indicated that while developing models under the guidance of the teacher, students engaged in *reasoning*; and while designing models—especially the scale models they created themselves—they demonstrated *creativity* and developed *self-regulation* skills. Based on students' responses to the semi-structured interviews and classroom observations, it can be concluded that the use of modeling in science instruction contributed to the development of various basic skills.

Conclusion and Discussion

In this study, the effects of using modeling in science instruction on students' academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills were investigated. For this purpose, the study group was administered quantitative data collection tools: the *Academic Achievement Test*, the *Motivation Scale for Learning Science*, and the *Perceived Self-Regulation Scale*. In addition, qualitative data were gathered through semi-structured interview questions. Based on the findings obtained from these instruments, the results of the study are presented in this section and discussed in relation to similar research findings.

According to the data obtained from the study, it can be stated that the students in both the experimental and control groups were at similar levels in terms of academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills prior to the

implementation. The absence of significant differences between the groups before the modeling process contributes to the internal validity of the research (Martella, Nelson, Morgan & Martella, 2013).

At the end of the implementation process, the same quantitative instruments were re-administered to all students in both the experimental and control groups. Based on the post-test findings from these instruments, which were used to determine the effects of modeling on academic achievement, motivation, and self-regulation, a statistically significant difference was found in favor of the experimental group. These results indicate that the use of modeling in science instruction had a positive impact on all three variables: academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills.

At the end of the implementation process, a semi-structured interview form was administered to students in the experimental group. According to the qualitative data, modeling was found to have a positive effect on students' motivation due to reasons such as *enhancing academic achievement, making lessons more enjoyable, facilitating learning, and making abstract concepts more understandable through concretization*. Qualitative findings also revealed that students favored certain models (e.g., scale models and concept maps) because they contributed to academic achievement and motivation toward learning science, made the topics easier to understand, and were perceived as enjoyable.

When examining the differences in lesson delivery with and without the modeling method, students frequently described the lessons involving modeling as *enjoyable, understandable, and engaging*. These perceptions were interpreted as factors that positively influenced their academic success and motivation in science classes. Regarding the skills supported by modeling, the

analysis of qualitative data showed that model-based instruction contributed to the development of various basic skills, promoted permanent learning, and had a positive impact particularly on *creativity* and *self-regulation* skills.

A review of the literature on modeling also supports these findings. Similar studies conducted at different grade levels and on various topics have shown that the use of models in science lessons enhances academic achievement, increases motivation toward learning science, and positively affects numerous skills—especially self-regulation (Arslan & Doğru, 2014; Ayvacı & Bülbül, 2020; Çavumirza, 2018; Çetinkaya, 2017; Çoban, 2009; Sivri, 2021; Şimşek & Hamzaoğlu, 2020; Üstün, Yıldırım & Çeğiç, 2001).

Üstün et al. (2001) found that the use of modeling had a positive effect on academic achievement. Çetinkaya (2017) concluded that the use of web-supported modeling in lessons positively affected academic performance. Ayvacı and Bülbül (2020) found that models had a positive effect on knowledge retention. In his study, Sivri (2021) identified a positive relationship between the use of modeling and both achievement and motivation. Since the modeling method facilitates learning, it contributes to achieving the desired goals and creating a more efficient learning environment. The fact that models allow students to take an active role in the learning process, help concretize abstract concepts, and are attention-grabbing supports the conclusion that modeling has a positive effect on students' academic achievement (Apaydın & Birinci, 2016; Ayvacı & Bülbül, 2020; Çetinkaya, 2017; Sivri, 2021; Şimşek & Hamzaoğlu, 2020; Üstün et al., 2001).

A review of the literature on motivation in science instruction revealed that motivation is influenced by various factors across different grade levels and through the use of different instructional methods (Akpınar, Batdı & Dönder, 2013; Alkan & Bayrı, 2017;

Doğru & Ünlü, 2012; Uğraş, 2018; Yıldırım, 2023). Motivation is widely acknowledged as a significant and influential factor in many areas of students' educational lives (Kuyper, Van der Werf & Lubbers, 2000; Wolters, 1999). In their study, Akpınar et al. (2013) determined that motivation plays a role in self-efficacy, learning strategies, class participation, and the importance placed on learning. Spitzer (1996) emphasized that one of the key reasons for failure or underperformance in the educational process is related to low levels of motivation. Uğraş (2018) found a positive relationship between motivation and academic achievement. In line with the findings of these studies, the results of the present research support the conclusion that motivation toward learning science significantly influences many factors, especially academic achievement, and plays an essential role in education.

A review of the literature on self-regulation in science education revealed that self-regulation is influenced by various factors across different grade levels and through the use of different instructional methods (Israel, 2007; Sungur, 2011; Ilgaz, 2011; Sanalan et al., 2012; Karabacak, 2014; Varlı & Sağır Uluçınar, 2020). In his study, Israel (2007) concluded that self-regulation training had a positive effect on academic achievement, memory, self-efficacy, and self-regulation itself, and that there was a positive relationship between self-regulation and achievement. According to Israel (2007), self-regulation plays a critical role in developing a sense of responsibility, maintaining control over one's life, fostering independence, and achieving personal fulfillment. Sanalan et al. (2012) found that self-regulation facilitates the achievement of educational goals. Karabacak (2014) also identified a positive relationship between self-regulation and academic achievement. In light of these findings, it can be concluded that self-regulation skills significantly affect not only academic success but also various other

educational factors, and this aligns with the results of the present study.

Based on the results of the current study, it was concluded that the use of modeling in science education had a statistically significant positive effect on students' academic achievement, motivation toward learning science, and self-regulation skills. Furthermore, it can be stated that these results are consistent with the findings of other studies on the use of modeling in science education within the conceptual framework.

KAYNAKLAR

Akpınar, B., Batdı, V., Dönder, A., (2013) “İlköğretim Öğrencilerinin Fen Bilgisi Öğrenimine Yönelik Motivasyon Düzeylerinin Cinsiyet Ve Sınıf Değişkenine Göre Değerlendirilmesi”, Cumhuriyet International Journal of Education, 2(1), 15-26.

Alkan, İ., Bayrı, N. (2017) “Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon ile Fen Başarısı Arasındaki İlişki Üzerine Bir Meta Analiz Çalışması”, Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 32, 865-874.

Apaydın, Z., Birinci, O., (2016) “Modellemeye Dayalı Öğretimin 4. Sınıf Öğrencilerinin Ses Konusundaki Kavramsal Gelişimine Etkisi” Dergi Park Akademi, 7, 22-23.

Arslan, A., Doğru M., (2014) “Modellemeye Dayalı Fen Öğretiminin İlköğretim Öğrencilerinin Anlama, Hatırd Tutma, Yaratıcılık Düzeyleri ile Zihinsel Modelleri Üzerine Etkisi”, Akdeniz İnsani Bilimler Dergisi, 4(2), 1-17.

Arslan, S., Gelişli, Y., (2015) “Algılanan Öz-Düzenleme Ölçeği'nin geliştirilmesi geçerlik ve güvenirlik çalışması”, Sakarya University Journal of Education, 5(3), 67-74.

Ayvacı, H., Bülbül, S., (2020) “Ortaokul Öğrencilerinin Modelleme Becerilerinin Belirlenmesi” Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi, 9(4), 1000-1028.

Bebek, G., (2016) “Öğrencilerin Modelleme Süreçlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Ölçme Araçlarının Geliştirilmesi”, (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Çavumirza, E., (2018) “Model İle Fen Öğretiminin 8.sınıf Öğrencilerinin Başarılarına, Eleştirel Düşünme Eğilimlerine, Tutumlarına Ve Kavram Öğrenmelerine Etkisi”, (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Çetinkaya, M., (2017) “Fen Eğitiminde Modelleme Temelinde Düzenlenen Kişiselleştirilmiş Harmanlanmış Öğrenme Ortamlarının Başarıya Etkisi”, Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 7(2), 287-296.

Çoban, G., (2009) “Modellemeye Dayalı Fen Öğretiminin Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine, Bilimsel Süreç Becerilerine, Bilimsel Bilgi Ve Varlık Anlayışlarına Etkisi: 7.Sınıf Işık Ünitesi Örneği”, (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Çoruk, H., Çakır, R. (2017) “Çoklu ortam kullanımının ilkokul öğrencilerinin akademik başarılarına ve kaygılarına etkisi”, Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi, 8(1), 1-27.

Dede, Y., Yaman, S. (2008) “Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması”, Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 2(1), 19-37.

Doğru, M., Ünlü, S., (2012) “Jigsaw IV Tekniği Kullanımının Fen Öğretiminde Öğrencilerin Motivasyon, Fen Kaygısı ve Akademik Başarılarına Etkisi”, Akdeniz İnsani Bilimler Dergisi, 2(2), 57-66.

Fidan, H., (2018) “Artırılmış Gerçeklikle Desteklenmiş Probleme Dayalı Fen Öğretiminin Akademik Başarı, Kalıcılık, Tutum ve Öz-yeterlilik İnancına Etkisi”, (Doktora Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Gerekan, B., Atasel, O., Y. (2021) “Muhasebe eğitiminde kavram haritası ve uzaktan eğitim modelinin akademik başarı üzerine etkisi” Hitit Sosyal Bilimler Dergisi, 14(2), 520-535.

Gobert, J., D., Buckley, B., C., (2000) Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education. International Journal of Science Education, 22(9), 891-894.

Ilgaz, G., (2011) “İlköğretim Öğrencilerinin Fen Ve Teknoloji Dersi Öz-Düzenlemeli Öğrenme Stratejileri, Öz-Yeterlik Ve Özerklik Algılarının İncelenmesi” (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

İsrael, E. (2007). Öz düzenleme eğitimi, fen başarısı ve özyeterlilik (Doktora Tezi). DEÜ, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Karabacak, Ü., (2014) “Öz-Düzenleme Ve İlköğretim İkinci Kademe Öğrencilerinin Fen Başarısının İncelenmesi” (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kuyper, H., Van der Werf, M. P. C. ve Lubbers, M. J. (2000). Motivation, metacognition and selfregulation as predictors of long term educational attainment. Educational Research and Evaluation: An International Journal on Theory and Practice, 6, 181-205.

Martella, R. C., Nelson, J. R., Morgan, R. L., Marchand-Martella, N. E., (2013) Understanding and interpreting educational research, Guilford Press, 61-89.

Milli Eğitim Bakanlığı, (2018) “İlköğretim Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı”, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 1-58.

Minaslı, E. (2009) “Fen ve Teknoloji Dersi Maddenin Yapısı ve Özellikleri Ünitesinin Öğretilmesinde Simülasyon ve Model

Kullanılmasının Başarıya, Kavram Öğrenmeye ve Hatırlamaya Etkisi” (Yüksek Lisans Tezi) Marmara Üniversitesi.

PhET : “Fizik Simülasyonları”
<https://phet.colorado.edu/tr/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype> Son erişim tarihi: 30.12.2022.

Roblyer, M. D., ve Edwards, J. (2000) “Integrating educational technology into teaching”, Prentice Hall, New Jersey.

Sanalan, A., Bektaş, Ö., Şahin, Sayan, R., Oktay, E., (2012) “Öz-Düzenlemeli Öğrenmenin Fen Ve Teknoloji Eğitimi Açısından Değerlendirilmesi”, EÜFBED Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1), 103-118.

Sivri, Ş., (2001) “Fen Eğitiminde Model Ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılmasının Öğrencilerin Akademik Başarısına, Motivasyon Ve İlgi Düzeylerine Etkisinin İncelenmesi”, (Yüksek Lisans Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.

Spitzer, R., (1996) La motivazione:un fattore trascurato nellaprogettazione didattica, Educational Technology, 36, (3), 45-48.

Sungur, S., (2011) “Öğrencilerin Ödevle İlgili Öz Düzenleme Becerilerinin ve Öğretmenlerin Ödev Uygulamalarının Araştırılması”, ODTÜ METU.

Şimşek, F., Hamzaoglu E., (2020) “Modellerle Zenginleştirilmiş Fen Öğretiminin Akademik Başarı, Kalıcılık ve Tutum Üzerine Etkisi”, Kastamonu Eğitim Dergisi, 28(3), 1333-1344.

Uğraş, M., (2018) “Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Motivasyon İle Öz-yeterlik İnançlarının Fen Bilimleri Dersindeki Başarıyla

İlişkisinin İncelemesi”, Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16(8), 495-508.

Üstün, P., Yıldırım, N., Çeğiç, E. (2001) “Fen Bilgisi Eğitiminde Model Kullanma İle Öğretimin İstenen Etkisi”, Maltepe Üniversitesi, 474-477.

Varlı, B., Sağır, Uluçınar, Ş., (2020) “5. Sınıf Öğrencilerinin Fene Yönelik Tutumları ve Öz-Düzenleme Becerilerine Araştırma Sorgulamaya Dayalı Öğrenmenin Etkisi”, Trakya Eğitim Dergisi, 10(3), 764 – 775.

Warren, A. (2000) OK, retry, abort? Factors affecting the motivation of online students. March 31, Presented at the ILT’s Web Based Learning Professional Development Day University of East Anglia, UK: Norwich.

Wolters, C. A. (1999). The relation between high school students' motivational regulation and their use of learning strategies, effort, and classroom performance. Learning and Individual Differences, 11(3), 281–299.

Yıldırım, H., (2023) “Madde Ve Değişim Ünitesinde Harmanlanmış Öğrenme Modelinin Öğrencilerin Akademik Başarıları Ve Fene Yönelik Motivasyonlarının Etkisi” (Yüksek Lisans Tezi), Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.

Zimmerman, B. J., Schunk, D.H., (2001) “Selfregulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives”, Mahwah, NJ: Erlbaum.

FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKANIN ROLÜ VE ETKİSİ

ZEHRA ÇAKIR¹
SEMA ALTUN YALÇIN²
ESİLA SAMUR³

Giriş

Günümüzde teknolojik gelişmelerin baş döndürücü hızı, eğitim sistemlerinde köklü değişim ve dönüşümleri beraberinde getirmektedir. Özellikle yapay zekâ (YZ) teknolojileri, sadece üretim ve hizmet sektörlerinde değil; eğitimde de öğretim süreçlerini yeniden tanımlayan, bireyselleştirilmiş öğrenme ortamlarını mümkün kılan yenilikçi bir alan olarak dikkat çekmektedir. Eğitimin en dinamik alanlarından biri olan fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme, problem çözme ve sorgulama becerilerini geliştirmeyi hedefler. Bu yönüyle fen eğitimi, yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu olanaklardan doğrudan fayda sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Yapay zekâ destekli uygulamalar sayesinde öğrenciler

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, Orcid: 0000-0003-4585-8214, zehracakir.29@hotmail.com

² Prof. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Orcid: 0000-0001-6349-2231

³ Doktora Öğrencisi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Orcid: 0000-0002-2927-318X

karmaşık fen kavramlarını daha somut ve görsel şekilde öğrenebilmekte, öğretmenler ise öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına uygun öğretim stratejileri geliştirebilmektedir.

Bu kitap bölümü, yapay zekânın fen eğitimindeki önemini çok boyutlu ele almayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda bölümde sırasıyla;

- Yapay zekâ nedir?
- Günümüzde hayatın hangi alanlarında etkili?
- Eğitim alanında neden önemli hâle geldi?
- Fen eğitimi üzerindeki rolü
- Yapay zekanın fen eğitimine olumlu etkileri
- Yapay zekanın fen eğitimine olumsuz etkileri

Yapay zekâ kullanımının verimli hale gelmesi için eğitim ile entegrasyonuna önem verilmektedir. Bu doğrultuda aşamalı olarak yapay zekâ eğitim müfredatlarına dâhil edilmekte ve bu alanda yetişmiş nitelikli insan sayısının artırılması amaçlanmaktadır (Dumlu, Gezer ve Yıldız, 2024; Aydın, 2019). Bu doğrultuda ülkemizde eğitim alanında yayınlanan stratejik planları incelediğimizde 2019-2023 yıllarına ait stratejik planında yapay zekâ kavramına yer verilmezken 2024-2028 stratejik planında yapay zekâ kavramından bahsedilmektedir (MEB,2023). Bu plan içerisinde stratejik alanda zayıf yönlerimiz içerisinde yapay zekâ alanında yetişmiş insan gücünün yetersiz olduğuna değinilmiştir. Ortaöğretim stratejileri içerisinde yapay zekâ destekli kişisel öğrenme platformları oluşturulmasına yer verilmiştir. Ülkemizin uluslararası vizyonunun ışığında yapay zekâ alanında öğrenim gören yüksek lisans öğrenci sayısını arttırmak hedeflenmektedir (MEB, 2023). Bu hedefler doğrultusunda 2028 yılı sonrasında yapay zekânın eğitim stratejileri içerisinde daha çok yer bulacağı

öngörülmekte ve bu alanda yapılacak olan her bir çalışma önem arz etmektedir. Bu bağlamda, fen dersleri özelinde yapay zekâ uygulamalarının eğitime entegrasyonu; öğrenme ortamlarının yeniden tasarlanmasını, öğretmen rollerinin dönüşmesini ve öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin daha etkili şekilde geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Yapay zekâ, fen eğitiminin doğasında bulunan gözlem, hipotez kurma, deney yapma ve sonuç çıkarma gibi süreçleri zenginleştirerek hem öğretim kalitesini hem de öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini artırma potansiyeline sahiptir.

Bu kitap bölümü, yapay zekânın fen derslerine etkisini çok yönlü olarak ele almayı amaçlamaktadır. Öncelikle yapay zekâ kavramı ve eğitimdeki genel kullanımı açıklanacak, ardından fen eğitimi bağlamında yapay zekâ destekli uygulamalar, öğretim stratejileri ve örnek vakalar incelenecektir. Son olarak bu dönüşümün getirdiği avantajlar, sınırlılıklar ve gelecek öngörülleri değerlendirilecektir. Fen öğretiminde sunduğu fırsatlar, öğretim sürecindeki etkileri ve karşılaşılan sınırlılıklar incelenecek; öğretmen ve öğrenciler için ortaya çıkan yeni roller değerlendirilecektir. Böylece okuyucu, yapay zekâ destekli fen eğitiminin güncel durumu ve potansiyel geleceği hakkında kapsamlı bir perspektif edinecektir.

Yapay Zekâ

Yapay zekâ terimi ifadesi literatürde, 1956 yılında John McCarthy tarafından düzenlenen bir atölye çalışmasında kullanıldığı belirtilmektedir. Yine aynı dönemde Herbert A. Simon, Allen Newell ve Cliff Shaw tarafından Logic Theorist programı geliştirilerek bu ilk yapay zekâ programı olarak kabul edilmiştir (Fadel, Holmes ve Bialik, 2019). Yapay zekâ genel olarak İngilizce kısaltılmış karşılığı AI (Artificial Intelligence) ile ifade edilmektedir.

UNESCO (2021), yapay zekâyı; bilgisayar sistemlerinin insan zekâsına benzer şekilde algılama, öğrenme, plan yapma, akıl yürütme ve harekete geçme becerilerini sergileyebilme yetisi olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, yapay zekânın yalnızca teknik bir araç olmadığını; aynı zamanda sosyal, etik ve kültürel yönleri olan çok yönlü bir sistem olduğunu da vurgular. Benzer şekilde Avrupa Komisyonu (2020), yapay zekâyı, “belirli hedeflere ulaşmak amacıyla çevresel verileri algılayıp yorumlayabilen, özerk şekilde karar verip harekete geçebilen ve belirli seviyelerde öğrenme becerisi gösteren sistemler” olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, çağdaş yapay zekâ anlayışında özellikle öğrenme ve otonom davranış unsurlarının altını çizmektedir. Russell ve Norvig (2021) ise yapay zekâyı; bir ajanın çevresinden gelen bilgileri algılayarak bu verilere dayanarak rasyonel kararlar alabilme yeteneği şeklinde açıklamaktadır. Bu çerçevede YZ sistemlerinin yalnızca önceden programlanmış görevleri yerine getirmekle kalmayıp, değişen koşullara uyum sağlayarak bağımsız davranışlar geliştirebilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Chen, Chen ve Lin (2020) tarafından yapılan tanımda ise yapay zekâ, “veri analizi yoluyla öğrenme gerçekleştirebilen, karar verebilen ve insan benzeri bilişsel süreçleri yürütebilen sistemler” olarak ifade edilmektedir. Bu tanım, özellikle eğitim bağlamında bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri ve öğrenme analitiği uygulamalarıyla ilişkilidir. Öztemel (2012) ise yapay zekâyı; bir bilgisayarın ya da bilgisayarla donatılmış bir makinenin, akıl yürütme, öğrenme, anlam çıkarma ve genelleme gibi insan zekâsına özgü zihinsel işlevleri yerine getirme kabiliyeti olarak tanımlamaktadır. Bu bakış açısı, yapay zekânın insan bilişsel süreçlerinin modellenmesi yoluyla geliştirilen sistemler olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapay zekâ, insanın öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, karar verme ve dil anlama gibi bilişsel yeteneklerini bilgisayar ortamında modellemeyi amaçlayan disiplinler arası bir alandır

(Russell ve Norvig, 2021). Günümüzde YZ sistemleri, veriden öğrenme ve çevresel değişimlere uyum sağlama becerisiyle önceki nesil kural tabanlı sistemlerden ayrılmaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri sayesinde YZ, karmaşık veri kümelerinden anlamlı çıkarımlar yaparak çeşitli alanlarda uygulanabilirlik kazanmıştır (Silver ve ark., 2016). YZ'nin temel amacı, süreçlerin daha hızlı ve etkin gerçekleştirilmesi, büyük veri analizlerinin detaylı ve doğru yapılması ve insan-makine etkileşimlerinin iyileştirilmesidir. Bu durum, düşünme, problem çözme, öğrenme ve karar verme gibi bilişsel süreçlerin taklit edilmesine odaklanır (Kutlucan ve Seferoğlu, 2024). Eğitim alanında ise yapay zekâ, bireyselleştirilmiş ve uyarlanabilir öğrenme ortamlarının oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. Akıllı öğretim sistemleri, öğrencilerin öğrenme hızları, bilgi seviyeleri ve eksikliklerini analiz ederek kişiye özel içerikler sunmakta, öğrenme sürecinin etkinliğini artırmaktadır (Holmes, Bialik ve Fadel, 2019). Ayrıca, sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar sayesinde soyut fen kavramları somutlaştırılarak daha erişilebilir hâle getirilmektedir (Chen, Chen ve Lin, 2020). Bu kapsamda YZ, sadece önceden programlanmış görevleri yerine getirmekle kalmayıp, deneyimlerden öğrenerek kendini geliştiren, karmaşık veri setlerinden anlam çıkaran ve yeni durumlara uyum sağlayabilen sistemlerin geliştirilmesini hedefler (Öztemel, 2012).

Yapay zekâ veya akıllı uygulamaların kullanımıyla üç temel ihtiyacın giderilmesi hedeflenmektedir. Bunlar: süreçlerin daha hızlı yürütülmesi, büyük veri analizlerinin detaylı bir şekilde yapılması ve çalışanlar ile vatandaşlar arasındaki ilişkilerin düzenlenmesiyle insanlar hem işlerini hızlı bir şekilde yürüterek zamanı etkili kullanmak, hem zor ve karmaşık olan büyük veri analizlerini kolayca yapmak ve böylece insan ilişkilerini daha kolay düzene koymak istemektedir. Aslında yapay zekâ uygulamalarının bu avantajlı yönlerini kullanarak daha kolay bir yaşama ulaşılacak istenmektedir

(Kutlucan ve Seferoğlu, 2024). Bu yönüyle YZ, yalnızca teknolojik bir kolaylık sağlamakla kalmamakta; aynı zamanda bilişsel yükü azaltarak bireylerin daha yaratıcı, analitik ve üst düzey düşünme gerektiren görevlerde etkin rol almalarını mümkün kılmaktadır. Eğitimden sağlığa, ulaşımdan kamu hizmetlerine kadar pek çok sektörde kullanılan YZ sistemleri, iş gücü süreçlerinin yeniden yapılandırılmasına katkı sağlamakta ve iş gücünün niteliksel dönüşümünü hızlandırmaktadır (European Commission, 2020).

Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, öğretim sürecini kişiselleştirme ve otomatikleştirme imkânı sağlayarak hem öğretmenler hem de öğrenciler için önemli kolaylıklar sunmaktadır. Özellikle öğrencilerin başarı düzeylerinin anlık olarak izlenebilmesi ve bu doğrultuda uyarlanabilir içeriklerin sunulması, öğretim sürecini daha dinamik ve etkili hâle getirmektedir. Bu durum, öğretmenlerin tekrar eden görevlerden sıyrılarak yaratıcı öğretim yöntemlerine ve öğrenciyle birebir etkileşime daha fazla zaman ayırmasına imkân tanımaktadır (Kose ve Gürol, 2023). Yapay zekâ destekli akıllı öğretim sistemlerinin, özellikle fen ve matematik alanlarında karmaşık kavramları görselleştirerek öğrenmeyi kolaylaştırdığı ve öğrenci motivasyonunu artırdığı da çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Gülbahar ve Kalelioğlu, 2018). Böylece yapay zekâ, yalnızca verimliliği artıran bir teknoloji değil, aynı zamanda insanın yaratıcı ve pedagojik potansiyelini destekleyen bütüncül bir eğitim aracına dönüşmektedir.

Daha spesifik olarak, yapay zekâ, bir bilgisayar sisteminin ya da makinenin “akıl yürütme, problem çözme, genelleme yapma ve geçmiş deneyimlerden öğrenme” gibi zihinsel faaliyetleri yerine getirme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Russell ve Norvig, 2021; Öztemel, 2012). Ayrıca, günümüzde yapay zekâ sistemleri, topladıkları verilerden yola çıkarak kendi performanslarını sürekli optimize eden ve insan zekâsının işlevlerini giderek daha etkin

şekilde taklit eden akıllı makineler olarak da tanımlanmaktadır (Fadel, Holmes ve Bialik, 2019).

Yapay zekâ genel olarak bilgisayar ya da bilgisayarlı bir sistemin kontrol ettiği, insani nitelikler olan; akıl yürütme, anlam çıkarma, genelleme, geçmiş tecrübelerden öğrenme gibi zihinsel faaliyetleri gerçekleştirme becerisi olarak ifade edilmektedir (Öztemel, 2012). Başka bir tanımda ise topladığı bilgilerle sürekli kendini geliştiren ve böylece adeta insan zekâsını taklit eden makineler veya sistemler olarak açıklanmaktadır.

Yapay zekâ Eğitim Alanında Neden Önemli Hâle Geldi?

Eğitim, bireylerin bilgiye ulaşma, öğrenme yollarını keşfetme ve yaşam boyu öğrenme becerileri geliştirme sürecidir. Bu süreçte bireysel farklılıkların dikkate alınması, öğrenmenin niteliğini artıran önemli bir etkidir. Geleneksel sınıf ortamlarında bu farklılıkların gözetilmesi çoğu zaman zorlayıcı olabilmektedir. İşte bu noktada yapay zekâ; veri analitiği, uyarlanabilir öğrenme sistemleri ve otomatik geribildirim mekanizmaları ile öğretim süreçlerini daha etkili hâle getirebilecek çözümler sunmaktadır (Holmes vd., 2019).

Yapay zekâ konusu gün geçtikçe birçok alanda olduğu gibi eğitim alanında da gündemdedir. Günlük hayatta yapılan herhangi bir işten çalışma ortamlarındaki işlere kadar birçok işte başvuru kaynağı olarak yapay zekâ teknolojileri akıllara gelmektedir (Arı, 2024). Yapay zekâ sistemleri, öğrencilerin performans verilerini analiz ederek öğrenme sürecine dair çıkarımlarda bulunabilir; hangi konularda zorlandıklarını tespit ederek uygun içerikler sunabilir. Aynı zamanda öğretmenlere, sınıfın genel düzeyi hakkında bilgi vererek öğretimi farklılaştırma ve bireyselleştirme imkânı sağlar (Luckin vd, 2016). Bu bağlamda, yapay zekâ sadece teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda pedagojik dönüşümün de bir aracıdır.

Yapay zekânın eğitimde önem kazanmasının temel nedenlerinden biri, **öğrenci merkezli ve bireyselleştirilmiş öğrenme ortamları oluşturabilmesidir**. Geleneksel sınıflarda, her öğrencinin öğrenme hızı, bilişsel yapısı ve ilgi alanları dikkate alınarak bireysel düzeyde öğretim sunmak pratikte oldukça zordur. Oysa YZ tabanlı sistemler, öğrencilerin önceki başarı kayıtları, yanıt verdikleri soru türleri, öğrenme süreleri ve etkileşim kalıplarını analiz ederek, her bireye özel içerikler sunabilmektedir (Sevil ve Gökoğlu, 2024). Bu sayede öğrenme süreçleri daha verimli hâle gelirken, öğrencilerin akademik başarılarında ve motivasyon düzeylerinde anlamlı artışlar gözlemlenmektedir (Demir ve Güneş, 2023). Öztürk ve Aydın (2020), bu tür sistemlerin öğrencilere gerçek zamanlı uyarlamalar yaparak öğrenme verimini artırdığını belirtmiştir. Ulusal Yapay Zekâ Eğitim platformu (UZYE) gibi uygulamalar, farklı bilişsel profillere göre soruların zorluk derecesini ve anlatım biçimini dinamik olarak değiştirmekte ve bu sayede akademik başarı ve motivasyonda anlamlı yükselişler ve kaynaştırıcı öğrenme ortamlarının geliştiğini belirtmiştir. Türkiye’de yapılan deneysel uygulamalar; fen veya matematik içerikli derslerde YZ destekli platformların, öğrenci ilgisini ve öğrenme sürekliliğini artırdığını göstermiştir. Bu süreçte, öğrenci motivasyonundaki yükselişin yanı sıra, düşük performans gösteren öğrencilerde öğrenme hızında belirgin bir sistematik ilerleme kaydedildiği saptanmıştır (Yıldırım ve Ilgaz, 2024).

Yapay zekâ destekli eğitimin (YZDE) öğrenme bilimi araştırmalarında bir araç olarak kullanımı, genellikle büyük veri analizine dayalı istatistiksel yöntemlerden yararlanan ve birbirleriyle örtüşen iki temel akademik alanla ilişkilendirilmektedir: **öğrenme analitiği** ve **eğitimsel veri madenciliği**.

Öğrenme analitiği, öğrencilerle ilgili bağlamsal verilerin sistematik biçimde toplanması, ölçülmesi, analiz edilmesi ve raporlanması yoluyla hem öğrenme süreçlerinin hem de bu

süreçlerin gerçekleştiği ortamların daha iyi anlaşılması ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Buna karşılık, *eğitimsel veri madenciliği*, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini daha derinlemesine kavramak, desteklemek ve bu deneyimlerin niteliğini artırmak amacıyla veri analizine odaklanmaktadır (Homles, Vd., 2019). Eğitim sistemine entegre edilen yapay zekâ uygulamalarının tüm öğrenci gruplarında daha etkili ve verimli öğrenme çıktıları verdiğini vurgulayarak, özellikle düşük performanslı öğrencilerde **akademik gelişme ve öğrenme hızında** önemli ilerlemeler kaydedildiğini belirtmiştir (Temur, 2024).

Ayrıca, yapay zekâ destekli sistemler, öğrencilerin motivasyon ve bağlılık düzeylerini artırmakta; öğrenme içeriklerinin öğrenci ilgilerine ve öğrenme hızlarına uygun şekilde uyarlanmasıyla akademik başarı üzerinde pozitif etkiler yaratmaktadır (Chen, Chen ve Lin, 2020). Bununla birlikte, veri gizliliği ve etik kaygılar da dikkate alınarak, YZ uygulamalarının adil, şeffaf ve güvenilir biçimde yürütülmesi gerekmektedir (Williamson ve Eynon, 2020). Söz konusu sistem; öğrencilerin dijital öğrenme materyallerine erişim düzeyleri, ödev gönderim sıklıkları ve akademik performans verileri gibi çok çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri işleyerek, öğrenim sürecinden kopma riski taşıyan bireyleri önceden tespit edebilmektedir. Böylece öğretim elemanları ile öğrenci destek birimleri, risk altındaki öğrenciler için erken müdahale stratejileri geliştirerek sürece proaktif biçimde katkı sunabilmektedir (Homles, 2019).

Yapay zekâ teknolojileri, eğitimde yalnızca dijitalleşmeyi destekleyen bir araç olmanın ötesinde, öğretim süreçlerinin niteliğini dönüştüren stratejik bir unsur hâline gelmiştir. Öğrenci merkezli yaklaşımın güç kazanmasıyla birlikte, YZ temelli uygulamalar bireysel öğrenme farklılıklarını dikkate alarak öğrenme sürecini kişiselleştirmekte, öğrencilerin ihtiyaçlarına uygun içerik ve geribildirim sunarak başarı düzeylerini artırmaktadır (Karatas ve

Göçen, 2023). Aynı zamanda, öğretmenlerin değerlendirme, rehberlik ve planlama süreçlerinde karar destek aracı olarak kullanılan YZ sistemleri, öğretim kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Çolak Yazıcı ve Erkoç, 2023). Özellikle fen, matematik ve yabancı dil gibi alanlarda geliştirilen akıllı öğretim sistemleri, karmaşık kavramların görselleştirilmesini kolaylaştırarak kavram yanlışlarının önüne geçmekte ve öğrenci motivasyonunu artırmaktadır (Gulbahar ve Kalelioğlu, 2018). Eğitim ortamlarının zamandan ve mekândan bağımsız hâle gelmesini sağlayan yapay zekâ, aynı zamanda dezavantajlı grupların eğitime erişimini kolaylaştırarak fırsat eşitliğini destekleyen bir unsur olarak da önem taşımaktadır.

Eğitimde yapay zekânın kullanımı bazı korku içeren düşünceleri de doğurmuştur. Bu endişelerden birisi yapay zekâ araçlarının kullanımı ile öğretmene ihtiyacın kalmaması yönündedir. Cope ve arkadaşları (2021) yapay zekâ araçlarının hiçbir zaman öğretmenin rolünü devralamayacağını savunmaktadır. Yapay zekâ araçlarının öğretmenin yerini alamayacağını sadece yardımcı bir rolde yer alacağını vurgulamaktadır. Bu nedenle yapay zekâ araçları eğitimde kullanılmadan önce eğitimciler ile değerlendirilmeleri yapılması gerektiği düşünülmektedir. Yapay zekânın eğitimde kullanılmasında tek korku öğretmenin yerini alması değildir (Bayram ve Çelik, 2023). Yüksek Öğretim Kurumu tarafından yapay zekâ kullanımına yönelik etik rehber incelendiğinde yapay zekânın eğitimde kullandığı veri kaynakları tamamen kontrole açık olmadığı bu nedenle ulaşılabilir bilgi kadar tarafsızlık içerdiği, bilgilerin sınılanması gerektiği vurgulanmaktadır (YÖK, 2024).

Yapay Zekanın Fen Eğitimindeki Rolü

Günümüz eğitim ortamları, fen bilimleri öğretiminde teknolojik yeniliklerin hızlı bir şekilde benimsenmesiyle dönüşüm geçirmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ (YZ) fen eğitiminde hem

öğrenme süreçlerinin kalitesini artırmak hem de öğretim yöntemlerini bireyselleştirmek amacıyla kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır (Holmes, Bialik ve Fadel, 2019). Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme, deney yapma, problem çözme ve sorgulama becerilerini geliştirmeyi hedefleyen dinamik bir alan olarak, YZ'nin sunduğu fırsatlardan doğrudan faydalanma potansiyeline sahiptir (Özer ve Benzer, 2024). Fen eğitimi, bireylerin yalnızca bilimsel bilgi edinmelerini değil; aynı zamanda hayatta karşılaştıkları karmaşık sorunlara bilimsel düşünme, eleştirel analiz, problem çözme ve karar verme becerileriyle yaklaşımlarına olanak tanır (Bybee, 2013). Bu bağlamda fen okuryazarlığı, toplumun sağlıklı, bilinçli ve yenilikçi bireyler yetiştirmesi açısından kritik önemdedir. İklim değişikliği, biyoteknoloji ve enerji konularında bilinçli karar verebilen bireyler, demokratik süreçlerin güçlü işlemesine de katkı sağlar (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018)

Fen eğitimi, öğrencilerin farklı bilişsel düzeylere ve öğrenme stillerine sahip olduğu karmaşık bir öğretim alanıdır. Yapay zekâ tabanlı sistemler, öğrencilerin öğrenme hızları, bilgi seviyeleri ve eksikliklerini gerçek zamanlı analiz ederek, öğrenme materyallerini bireyselleştirebilmekte ve uyarlanabilir eğitim ortamları sunabilmektedir (Chen, Chen ve Lin, 2020). Özellikle fen eğitiminde, YZDE araçları soyut kavramların somutlaştırılması ve karmaşık deneylerin simülasyon yoluyla gerçekleştirilmesi için güçlü fırsatlar sunmaktadır. Sanal laboratuvar ortamlarında öğrencilerin yaptıkları seçimlerin ve etkileşimlerin analiz edilmesi, öğrenme sürecine dair detaylı bilgi sağlamaktadır (Holmes ve ark., 2019). Böylece hem öğrencinin bireysel öğrenme süreci desteklenmekte hem de öğretmenler daha bilinçli rehberlik yapabilmektedir (Zawacki-Richter ve ark., 2019). Fen öğretiminde bu durum, öğretmenin öğretim etkinliğini artırırken, öğrencinin öğrenme motivasyonunu da olumlu yönde etkiler (Demir ve Güneş, 2023). Ayrıca gerek öğretmen gerekse öğrenci düzeyinde uygulanan

araştırmalar, YZ destekli araçların fen konularında kavram yanlışlarını azaltmada, ğrenci katılımını artırmada ve ğretimi zenginleştirmede etkili olduğunu göstermiştir (olak Yazıcı ve Erkoç, 2023).

Her ne kadar yapay zekâ fen eğitiminde önemli avantajlar sunsa da veri gizliliği, algoritmik önyargı ve teknolojik erişim eşitersizlikleri gibi etik ve yapısal sınırlamalar bulunmaktadır (Williamson ve Eynon, 2020). Ayrıca, ğrencilerin yapay zekâya aşırı bağımlılığı, eleştirel düşünme ve yaratıcı problem çözme becerilerinde olumsuz etkiler doğurabilir. Bu nedenle, YZ uygulamalarının pedagojik yaklaşımlarla dengelenmesi ve ğretmen rehberliğinin ön planda tutulması gerekmektedir (Öztürk ve Aydın, 2020).

Yapay Zekânın Fen Eğitimine Olumlu Etkileri

Fen ğretiminde teknolojiye bağlı kalmaksızın çeşitli ğretim yöntem ve tekniklerinden yararlanıldığı bilinmektedir. Analoji, argümantasyon, kavram haritaları, işbirlikli öğrenme, oyun temelli ğretim ve probleme dayalı öğrenme bu yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Ancak son yıllarda, teknolojik gelişmelerin etkisiyle öğrenme-öğretme ortamlarının dijital araçlarla dönüşüme uğradığı ve teknolojinin eğitim sürecine entegrasyonunun giderek arttığı gözlemlenmektedir. Bu gelişmeler, öğrencilerin bilgiye erişimini kolaylaştırmakta ve ğretim sürecinde teknolojinin daha belirgin bir rol üstlenmesine neden olmaktadır (Kalemkuş ve Kalemkuş, 2023). Bu bağlamda, öğretmenin merkezde yer aldığı bir ğretim anlayışıyla yapay zekâ teknolojilerinin desteklenmesi, özellikle problem çözmeye dayalı fen ve teknoloji derslerinde öğrenme verimliliğini artırabilir. Ayrıca, ğretmenlerin esnek ve uyarlanabilir dijital materyalleri etkili şekilde kullanabilmesine yönelik mesleki yeterliklerinin geliştirilmesi, teknolojinin eğitimde etkin kullanımını destekleyecektir (Bayram ve elik, 2023). Ayrıca, tekrar eden ve

zaman alıcı görevlerin otomasyonu sayesinde öğretmenler, pedagojik yaratıcılık ve bireysel rehberlik gibi alanlara daha fazla zaman ayırabilmekte; bu da eğitimde niteliğinin artmasına katkı sağlayacaktır (Köse ve Gürol, 2023).

YZ, fen eğitiminin deneysel boyutunu da dijital ortama taşıyarak önemli avantajlar sunmaktadır. Sanal laboratuvarlar, simülasyon tabanlı deney ortamları ve artırılmış gerçeklik destekli uygulamalar, öğrencilerin fiziksel laboratuvar olanaklarına erişim kısıtlarını ortadan kaldırmakta ve deneysel öğrenme süreçlerini daha güvenli, ekonomik ve esnek hâle getirmektedir (Chatterjee ve Bhattacharjee, 2020). Bu tür uygulamalar, özellikle tehlikeli veya maliyetli deneylerin risksiz ve tekrar edilebilir biçimde gerçekleştirilmesini sağlamakta; öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerine katkı sunmaktadır.

Yapay zekâ aynı zamanda fen eğitiminin erişilebilirliğini de artırmakta; farklı sosyoekonomik düzeylerden gelen öğrencilerin dijital içeriklere erişimini kolaylaştırmakta ve öğrenme fırsatlarını daha eşitlikçi bir düzeye taşımaktadır. Bu yönüyle YZ, yalnızca bireysel öğrenme çıktılarının artırılmasına değil, aynı zamanda toplumsal düzeyde bilimsel okuryazarlığın gelişimine de katkı sunmaktadır. Bu sayede öğrenciler, soyut ve karmaşık fen kavramlarını kendi bilişsel düzeylerine uygun şekilde ve görsel-işitsel destekli olarak öğrenebilmekte; bu da kavram yanlışlarını azaltmakta ve öğrenme kalıcılığını artırmaktadır (Gülbahar & Kalelioğlu, 2018). Fen eğitiminde eşitlikçi yaklaşımların güçlendirilmesi de yapay zekâ uygulamalarının önemli katkılarından. YZ teknolojileri, farklı sosyoekonomik arka planlardan gelen öğrencilerin kaliteli fen eğitimine erişimini kolaylaştırmakta ve özel öğrenme ihtiyaçları olan bireylere yönelik kişiselleştirilmiş destek sağlamaktadır (TÜBİTAK ULAKBİM, 2022). Böylece, bilimsel okuryazarlık toplum geneline yayılmakta ve eğitimde fırsat eşitliği artırılmaktadır. Ayrıca, yapay zekâ destekli

içeriklerin dinamik olarak güncellenebilmesi, fen eğitiminde yeni bilimsel gelişmelerin ve pedagojik yaklaşımların hızla müfredata entegre edilmesini sağlamaktadır (TÜBİTAK ULAKBİM, 2021). Bu sayede, fen eğitimi sürekli yenilenen, çağın ihtiyaçlarına uyum sağlayan ve öğrencileri geleceğin bilim insanları olmaya hazırlayan bir alan haline gelmektedir.

Yapay Zekânın Fen Eğitimine Olumsuz Etkileri

Yapay zekâ tabanlı uygulamaların eğitim ortamlarında giderek daha fazla yer bulması, öğretim süreçlerine çeşitli yenilikler kazandırmakla birlikte bazı pedagojik riskleri de gündeme getirmektedir. Bu riskler arasında, duygusal etkileşimin zayıflaması, öğrenmenin kontrolünün zedelenmesi ve tüm öğrenme çıktılarını dijital olarak modellemedeki sınırlılıklar öne çıkmaktadır. Özellikle problem çözme gibi üst düzey düşünme becerilerinin erken yaşlardan itibaren yapılandırılması gerektiğinden, bu sürecin öğretmen rehberliğinde ve öğrenci motivasyonu dikkate alınarak yürütülmesi önem taşımaktadır (Bayram ve Çelik, 2023). Yapay zekâ teknolojilerinin fen eğitimine entegre edilmesi, birçok pedagojik avantaj sunmasına karşın, dikkatle ele alınması gereken bazı önemli sınırlılıklar ve olumsuz etkiler de barındırmaktadır. Bu olumsuzlukların başında, öğretim süreçlerinin teknolojiye bağımlı hâle gelmesi yer almaktadır. YZ tabanlı sistemlerin yoğun kullanımı, öğrencilerin öğretmenle kurduğu duygusal ve sosyal etkileşimin zayıflamasına neden olabilir; bu durum özellikle fen eğitimi gibi tartışma, soruşturma ve deneysel süreçlere dayalı alanlarda öğrenme motivasyonunu ve katılımı olumsuz etkileyebilir (Selwyn, 2019).

Bir diğer önemli sınırlılık, veri mahremiyeti ve etik sorunlardır. Yapay zekâ sistemleri, öğrencilerin kişisel verilerini büyük ölçekte toplayarak işlemekte; bu da öğrenci mahremiyeti, veri güvenliği ve dijital gözetim konularında ciddi etik ikilemler doğurmaktadır (Williamson & Eynon, 2020). Özellikle öğrencilerin

davranışsal ve bilişsel verilerinin izinsiz olarak analiz edilmesi, öğrenme süreçlerinin sayısallaştırılarak insanî boyutunun göz ardı edilmesi riskini beraberinde getirmektedir. Teknolojik altyapının yetersiz olduğu fen laboratuvarlarında yapay zekâ destekli uygulamalardan verim alınamaması, eğitimde dijital uçurumu daha da derinleştirebilir. Diğer yandan, öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerinin yetersiz olması da YZ teknolojilerinin sınıf içi entegrasyonunu zorlaştırmakta; bu da fen öğretiminin etkililiğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Karataş ve Göçen, 2023).

Teknoloji bağımlılığı da göz önüne alınacak olursa önemli problemler arasında öne çıkmaktadır. YZ tabanlı fen eğitimi araçlarının sürekli kullanımı, öğrencilerde teknolojik cihazlara aşırı bağımlılık ve dikkat dağınıklığına neden olabilir (Király vd., 2020). Bu durum, özellikle küçük yaş gruplarında öğrenme motivasyonu ve odaklanma sürelerinin azalmasına sebebiyet verebilir. Öte yandan, yapay zekânın öğrenme sürecindeki kişiselleştirme kapasitesi, bazı öğrenciler için aşırı bireyselleştirilmiş öğrenme ortamlarına yol açabilir. Bu durum, öğrenciler arasında sosyal etkileşim fırsatlarını azaltarak, öğrenmenin sosyal boyutunun zayıflamasına neden olabilir (Papert, 1993; Voogt vd., 2015). Fen eğitiminde grup çalışmaları ve laboratuvar deneyleri gibi sosyal öğrenme etkinliklerinin önemi düşünüldüğünde, yapay zekânın bu boyutu desteklememesi bir eksik olacaktır.

Yapay zekâ destekli eğitim uygulamalarının tasarımında öğretmenlerin yetersiz bilgi ve deneyimi, teknoloji entegrasyonunu zorlaştırmakta ve uygulama kalitesini düşürmektedir (Eren ve Aydın, 2022). Ayrıca, öğretmenlerin mesleki gelişim süreçlerinde yapay zekâ konusunda yeterli eğitim almaması, eğitimde teknoloji kullanımının etkinliğini sınırlandırmaktadır (Büyükbay ve Çoban, 2021). Son olarak, yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi ve sürdürülmesi yüksek maliyet gerektirmekte, bu da eğitim bütçeleri üzerinde ek yük oluşturmaktadır (UNESCO, 2021). Kaynak

yetersizliği olan okullarda bu teknolojilerin yaygınlaşması uzun vadede sürdürülebilirlik sorunlarıyla karşılaşabilir. Bu bağlamda, yapay zekânın fen eğitiminde etkili ve etik biçimde kullanılabilmesi için sadece teknolojik donanım değil, pedagojik yönelimler, öğretmen eğitimi, veri güvenliği politikaları ve etik ilkeler temelinde çok boyutlu bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir.

Sonuç

Yapay zekâ (YZ), insan zekâsına özgü bilişsel süreçleri taklit eden ve bu süreçleri bilgisayar ortamında modellemeyi amaçlayan disiplinler arası bir alan olarak tanımlanmaktadır. Tarihsel olarak, 1956'da John McCarthy öncülüğünde başlayan çalışmalarla sistematik bir kavram hâline gelen yapay zekâ; algılama, öğrenme, akıl yürütme, planlama ve karar verme gibi yetenekleri bilgisayar sistemlerine kazandırmayı hedeflemektedir (Fadel, Holmes ve Bialik, 2019; Russell ve Norvig, 2021). Günümüzde UNESCO ve Avrupa Komisyonu gibi uluslararası kuruluşların da benimsediği tanımlar, YZ'nin sadece teknik bir araç değil, aynı zamanda sosyal ve etik boyutları olan çok yönlü bir sistem olduğunu vurgulamaktadır (UNESCO, 2021; European Commission, 2020). YZ teknolojilerinin temel amacı; karmaşık veri setlerini hızlı ve doğru analiz ederek süreçleri optimize etmek, insan-makine etkileşimini geliştirmek ve bilişsel yükü azaltarak bireylerin daha yaratıcı ve stratejik görevlere odaklanmasını sağlamaktır (Kutlucan ve Seferoğlu, 2024). Eğitim alanında ise YZ, bireyselleştirilmiş ve uyarlanabilir öğrenme ortamları oluşturarak, öğrenim sürecini dinamik ve etkili hâle getirmektedir (Holmes, Bialik ve Fadel, 2019). Özellikle fen eğitiminde, YZ destekli sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar, soyut kavramların somutlaştırılmasını kolaylaştırmakta ve öğrenci motivasyonunu artırmaktadır (Chen, Chen ve Lin, 2020; Gülbahar ve Kalelioğlu, 2018).

Yapay zekâ, eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme ortamları oluşturarak, öğrencilerin farklı öğrenme hızları, bilişsel yapıları ve ilgi alanlarına uygun içeriklerin sunulmasını mümkün kılmaktadır (Sevil ve Gökoğlu, 2024). Bu teknolojiler, öğrenci performans verilerini analiz ederek öğretim süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirmekte, motivasyon ve akademik başarıyı artırmaktadır (Demir ve Güneş, 2023; Öztürk ve Aydın, 2020). Öğrenme analitiği ve eğitimsel veri madenciliği alanlarıyla entegre edilen yapay zekâ uygulamaları, özellikle düşük performanslı öğrencilerin gelişiminde önemli ilerlemeler sağlamaktadır (Temur, 2024; Holmes vd., 2019). Ayrıca, yapay zekâ destekli sistemler, öğrenme içeriklerini öğrencilerin ilgilerine ve öğrenme hızlarına göre uyarlayarak bağlılık düzeylerini yükseltmekte ve erken müdahale imkânları sunmaktadır (Chen, Chen ve Lin, 2020; Williamson ve Eynon, 2020). Eğitimde yapay zekâ teknolojilerinin öğretim kalitesini artıran stratejik bir unsur olduğu, öğretmenlerin değerlendirme ve rehberlik süreçlerinde karar destek aracı olarak işlev gördüğü bilinmektedir (Karataş ve Göçen, 2023; Çolak Yazıcı ve Erkoç, 2023). Özellikle fen ve matematik gibi karmaşık alanlarda, akıllı öğretim sistemlerinin kavram yanlışlarını azaltıp öğrenci motivasyonunu desteklediği gözlemlenmiştir (Gülbahar ve Kalelioğlu, 2018). Bununla birlikte, yapay zekânın eğitimde etik, veri gizliliği ve şeffaflık ilkeleri çerçevesinde kullanılması kritik bir gerekliliktir (YÖK, 2024).

Fen eğitiminde yapay zekâ teknolojileri, öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi ve öğretim yöntemlerinin zenginleştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Holmes, Bialik ve Fadel, 2019; Chen, Chen ve Lin, 2020). Sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar aracılığıyla soyut kavramların somutlaştırılması, öğrencilerin bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Özer ve Benzer, 2024; Zawacki-Richter ve ark., 2019). Yapay zekâ destekli araçlar,

fen konularında kavram yanlışlarını azaltmak ve öğrenci katılımını artırmakla kalmayıp, öğretmenlerin rehberlik süreçlerini de daha etkin kılmaktadır (Demir & Güneş, 2023; Çolak Yazıcı ve Erkoç, 2023). Ancak, yapay zekânın etik kaygılar, veri gizliliği, algoritmik önyargı ve erişim eşitsizlikleri gibi sınırlamaları da göz önünde bulundurulmalıdır (Williamson ve Eynon, 2020). Bu nedenle, yapay zekâ uygulamalarının pedagojik yaklaşımlarla dengelenmesi, öğretmen rehberliğinin korunması ve eleştirel düşünme becerilerinin desteklenmesi eğitimde sürdürülebilir ve etkili bir yapay zekâ kullanımının anahtarıdır (Öztürk ve Aydın, 2020). Böylece fen eğitimi, hem bireysel öğrenme ihtiyaçlarına yanıt veren hem de demokratik, bilinçli ve yenilikçi bireyler yetiştiren nitelikli bir yapıya kavuşabilecektir (Bybee, 2013; MEB, 2018).

Fen öğretiminde teknolojinin entegrasyonu, geleneksel yöntemlerin tamamlayıcısı olarak öğrenme ortamlarının zenginleşmesini sağlamaktadır. Analoji, argümantasyon, işbirlikli öğrenme gibi etkin yaklaşımların yanı sıra, yapay zekâ destekli dijital araçlar öğrencilerin bilgiye erişimini kolaylaştırmakta ve öğretim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır (Kalemkuş ve Kalemkuş, 2023). Öğretmenin merkezde olduğu bir yaklaşımla yapay zekâ teknolojilerinin kullanılması, özellikle problem çözmeye dayalı fen ve teknoloji derslerinde öğrenme verimliliğini yükseltmekte ve öğretmenlerin pedagojik yaratıcılığa odaklanmasına olanak tanımaktadır (Bayram ve Çelik, 2023; Köse ve Gürol, 2023). Sanal laboratuvarlar ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ise deneysel öğrenmenin fiziksel kısıtlamalarını aşarak güvenli, ekonomik ve erişilebilir deneyimlere imkân vermektedir (Chatterjee ve Bhattacharjee, 2020). Yapay zekânın fen eğitiminde erişilebilirliği artırması, sosyoekonomik farklılıkları azaltarak eğitimde fırsat eşitliğine katkı sağlamakta; farklı bilişsel düzeylerdeki öğrencilere görsel ve işitsel destekli, bireyselleştirilmiş öğrenme olanakları sunmaktadır (Gülbahar ve Kalelioğlu, 2018;

TÜBİTAK ULAKBİM, 2022). Ayrıca, yapay zekâ destekli içeriklerin dinamik güncellenebilir olması, fen eğitiminde çağın gereksinimlerine uyum sağlanmasını mümkün kılmakta ve bilimsel gelişmelerin hızlı entegrasyonunu desteklemektedir (TÜBİTAK ULAKBİM, 2021).

Yapay zekâ tabanlı uygulamaların fen eğitiminde yaygınlaşması, öğretim süreçlerine yenilikler kazandırmakla birlikte pedagojik açıdan önemli riskleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle duygusal etkileşimin zayıflaması ve öğrenmenin kontrolünün teknolojiye bağımlı hale gelmesi, öğrencilerin motivasyonu ve üst düzey düşünme becerilerinin gelişimi açısından kaygı yaratmaktadır (Bayram ve Çelik, 2023; Selwyn, 2019). Ayrıca, yapay zekâ sistemlerinin büyük veri toplama süreçleri veri mahremiyeti ve etik sorunları gündeme getirmekte, öğrencilerin kişisel ve davranışsal verilerinin izinsiz kullanımı insanî boyutun göz ardı edilme riskini artırmaktadır (Williamson ve Eynon, 2020). Teknolojik altyapı eksiklikleri ve öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerindeki yetersizlikler ise yapay zekâ uygulamalarının sınıf içi entegrasyonunu ve etkinliğini sınırlamaktadır (Karataş ve Göçen, 2023; Eren ve Aydın, 2022). Bunun yanı sıra, teknolojik araçlara aşırı bağımlılık, özellikle küçük yaş gruplarında dikkat dağınıklığına ve sosyal etkileşim fırsatlarının azalmasına neden olabilmektedir (Király vd., 2020; Papert, 1993; Voogt vd., 2015). Sosyal öğrenme etkinliklerinin kritik olduğu fen eğitiminde, yapay zekânın bu boyutu desteklememesi önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Öğretmenlerin yapay zekâ konusunda yeterli eğitim alamaması ve uygulamaların yüksek maliyetli olması da sürdürülebilirlik ve kalite açısından zorluklar yaratmaktadır (Büyükbay ve Çoban, 2021; UNESCO, 2021).

Sonuç olarak, yapay zekâ sistemleri yalnızca önceden tanımlanmış görevleri yerine getiren makineler olmayıp; deneyimlerden öğrenen, kendini geliştiren ve değişen koşullara

uyum sağlayabilen akıllı yapılar olarak eğitimde pedagojik etkiyi artırmakta ve öğrenme süreçlerini zenginleştirmektedir (Öztemel, 2012; Fadel, Holmes ve Bialik, 2019). Bu kapsamda, YZ'nin eğitimde sunduğu olanakların etkin kullanımı, bireysel öğrenme ihtiyaçlarının karşılanması ve öğretmenlerin pedagojik yaratıcılığının desteklenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yapay zekâ eğitimde öğretmenin yerini almak yerine öğretim sürecini destekleyici ve tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmeli; pedagojik süreçlerle uyumlu, etik ve güvenilir uygulamalarla eğitimde fırsat eşitliğinin ve öğrenme kalitesinin artırılmasına katkı sağlamalıdır (Cope vd., 2021; Dumlu, Gezer ve Yıldız, 2024). Bu doğrultuda, eğitimciler, politika yapıcılar ve teknoloji geliştiricilerin iş birliğiyle yapay zekânın eğitimde etkin ve sürdürülebilir kullanımı sağlanmalıdır. Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri fen eğitiminde geleneksel yöntemlerle bütünleşerek, hem bireysel öğrenme ihtiyaçlarına yanıt veren hem de bilimsel okuryazarlığı yaygınlaştıran kapsayıcı ve çağdaş bir eğitim ortamının oluşturulmasında kritik rol oynamaktadır. Fen eğitiminde yapay zekânın etkili ve etik kullanımı; teknolojik donanımın yanında pedagojik yaklaşımlar, öğretmenlerin mesleki gelişimi, veri güvenliği politikaları ve etik ilkeler temelinde çok boyutlu bir stratejiyi gerektirmektedir. Bu kapsamda, öğretmen rehberliği ve öğrenci merkezli yaklaşımların öncelikli tutulduğu dengeli bir entegrasyon modeli, hem teknolojinin sunduğu fırsatların maksimize edilmesini hem de pedagojik risklerin minimize edilmesini mümkün kılacaktır.

Elbette, yapay zekâ destekli eğitim bazı önemli başarılar elde etti ve ortaya çıkan uygulamalar en azından ilgi çekici. Ancak, yapay zekâ destekli eğitimde öğrenciler, öğretmenler ve daha geniş toplum üzerindeki olası etkileri hâlâ tam olarak belirlenmiş değildir. Bu durum, doğruluk, seçim hakkı, tahminlerin güvenilirliği, mahremiyet, öğretmenlik mesleği ve okulda neyin öğretilmesi gerektiği gibi geniş

yelpazeye yayılan konular için geçerlidir. Ancak, özellikle yapay zekâ destekli eğitim giderek büyüyen etik meseleleri açısından bu belirsizlik daha da dikkat çekicidir (Homles, vd., 2019). Yapay zekâ teknolojileri, fen eğitiminin doğasına uygun olarak; deneyim temelli, bireyselleştirilmiş ve kavramsal düzeyde zenginleştirilmiş öğrenme ortamları sunmaktadır. Bu teknolojilerin etkili biçimde kullanılabilmesi için yalnızca teknik altyapının değil, aynı zamanda pedagojik stratejilerin de yeniden yapılandırılması gereklidir. Öğretmenlerin ve öğrencilerin bu süreçte aktif ve bilinçli roller üstlenmesi, YZ destekli fen eğitiminin başarısını doğrudan etkileyecektir.

Kaynakça

Aydın, B. (2019). Yapay zekâ eğitim entegrasyonu stratejileri ve uygulamaları. *Uluslararası Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 12(1), 15–30.

Bayram, K., ve Çelik, H. (2023). Yapay Zekâ Konusunda Muhakeme ve Girişimcilik Becerileriyle Bütünleştirilmiş Sosyo-Bilim Etkinliği: Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Görüşleri. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 11(1), 41-78.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Chatterjee, J., ve Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5161–5183.

Chen, L., Chen, P., ve Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.

Cope, B., Kalantzis, M., ve Sears, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*, 53(12), 1229–1245.

Çolak Yazıcı, S., ve Erkoç, M. (2023). Fen Bilimleri Grubu Öğretmenlerinin Uzaktan Eğitim Sürecinde Yapay Zekâ Kullanma Durumlarının Analizi. *Düzce Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 2681-2703.

Çolak Yazıcı, S., ve Erkoç, M. (2023). Fen Bilimleri Grubu Öğretmenlerinin Uzaktan Eğitim Sürecinde Yapay Zekâ Kullanma Durumlarının Analizi. *Düzce Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 2681–2703.

Demir, S., ve Güneş, M. (2023). Yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme sistemlerinin akademik başarıya etkisi. *Eğitim ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 45-62.

Dumlu, M., Gezer, T., ve Yıldız, S. (2024). Yapay zekâ kullanımının verimli hale gelmesi için eğitim ile entegrasyonuna ilişkin bir çalışma. *Eğitim Bilimleri Dergisi*, 18(2), 45–60.

European Commission. (2020). *White Paper on Artificial Intelligence: A European Approach to Excellence and Trust*.

Fadel, C., Holmes, W., ve Bialik, M. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign

Gülbahar, Y., ve Kalelioğlu, F. (2018). Eğitimde yapay zekâ uygulamaları: Kavramsal bir çerçeve. *Journal of Educational Technology Theory and Practice*, 8(1), 1–25.

Holmes, W., Bialik, M., ve Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.

Kalemkuş, F., ve Kalemkuş, J. (2023). Fen eğitiminde güncel dijital teknolojiler. In F. Erdoğan (Ed.), *Matematik ve fen bilimleri eğitiminde yeni yaklaşımlar–2023* (ss. 143–160). Efe Akademi Yayınları.

Karataş, K., ve Göçen, G. (2023). Eğitimde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı: Fırsatlar ve etik sorunlar. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 43(1), 15-36.

Király, O., Potenza, M. N., Stein, D. J., King, D. L., Hodgins, D. C., Saunders, J. B., ... ve Demetrovics, Z. (2020). Preventing problematic internet use during the COVID-19 pandemic: Consensus guidance. *Comprehensive Psychiatry*, 100, 152180.

Kose, H., ve Gürol, M. (2023). Yapay zekâ destekli öğretim ortamlarının öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(237), 155–178.

Kutlucan, E. ve Seferoğlu S. S. (2024). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: ChatGPT'nin KEFE ve PEST analizi. *TEBD*, 22(2), 1059-1083.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., ve Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson Education

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3–8. Sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Özer, E. C., ve Benzer, S. (2024). Fen eğitiminde kullanılan yapay zekâ araçları. In S. Benzer ve A. Gül (Ed.), *Fen eğitimi araştırmalarına güncel bakış – XI* (s. 309–330). Akademisyen Yayınevi.

Öztemel, E. (2012). *Yapay Zekâya Giriş*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Öztürk, M., ve Aydın, S. (2020). Kişiselleştirilmiş öğrenme ortamlarında yapay zekâ uygulamaları: Olanaklar ve sınırlılıklar. *Türk Eğitim Teknolojisi Dergisi*, 18(4), 135–150.

Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. Basic Books.

Russell, S. J., ve Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Sevil, S. Gökoğlu, A., ve (2024). Yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının fen öğretiminde kullanımı: Bir deneysel çalışma. *Eğitimde Yeni Yönelimler Dergisi*, 6(1), 88–102.

Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., ... ve Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587), 484-489.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. (2023). Millî Eğitim Bakanlığı 2024–2028 Stratejik Planı [Stratejik plan]. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_02/29172628_20242028mebstratejikplan.pdf

Temur, S. (2024). Yapay zekânın eğitim sistemine entegrasyonunun potansiyel faydaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 15(3), 2621–2656.

TÜBİTAK ULAKBİM. (2021). ULAKBİM Faaliyet Raporu 2021. https://ulakbim.tubitak.gov.tr/sites/images/Ulakbim/tubitak_ulakbim_faaliyet_raporu_2021.pdf

TÜBİTAK ULAKBİM. (2022). ULAKBİM Faaliyet Raporu 2022. https://ulakbim.tubitak.gov.tr/sites/images/Ulakbim/tubitak_ulakbim_faaliyet_raporu_2022.pdf

UNESCO. (2021). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2021). *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. <https://unesdoc.unesco.org>

Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., ve van Braak, J. (2015). Technological pedagogical content knowledge – a

review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(2), 99-111.

Williamson, B., ve Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235.

Yıldırım, D., ve Ilgaz, H. (2024). *Yapay zekâ ile kişiselleştirilmiş öğrenme*. In B. Aydoğdu, K. Kasapoğlu & F. Özdiñ (Eds.), **Sınıfın Geleceği: Öğretmen-YZ İş Birliği** (s. xx-xx). Ankara: Nobel Yayınları.

Yüksek Öğretim Kurulu. (2024). *Bilimsel araştırma ve yayın faaliyetlerinde üretken yapay zekâ kullanımına dair etik rehber* (Yayın No. 93e43ab80ebf3202). <https://cdn.anadolu.edu.tr/files/anadolu-cms/GVz7XYek/announcement/yuksekogretim-kurumlari-bilimsel-arastirma-ve-yayin-faaliyetlerinde-uretken-yapay-zeka-kullanimina-dair-etik-rehber-93e43ab80ebf3202.pdf>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., ve Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39.

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETİMİNDE GÜNCEL ÇALIŞMALAR

