# FEN EĞİTİMİNDE YENİ PERSPEKTİFLER:

## KURAMSAL YAKLAŞIMLAR VE YENİLİKÇİ UYGULAMALAR

Editör:
**Prof. Dr. Murat ÇETİNKAYA**



**BİDGE Yayınları**

**Fen Eğitiminde Yeni Perspektifler: Kuramsal Yaklaşımlar ve Yenilikçi Uygulamalar**

**Editör:** Prof. Dr. Murat ÇETİNKAYA

**ISBN:** 978-625-5474-66-7

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 2026-10-25
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

Fen eğitiminde öğrenme ve öğretme süreçleri, teknolojik gelişmeler ve alanda yürütülen araştırmalarla birlikte sürekli olarak yeniden şekillenmektedir. Yapay zekâ destekli araçlar, dijital oyunlar ve modelleme yaklaşımları, fen derslerine yeni olanaklar sunmakta ve öğretmen ile öğrenci rollerini yeniden düşünmeyi gerektirmektedir. Ancak bu olanakların anlamlı bir öğrenmeye dönüşmesi, kavramsal anlama, bilişötesi farkındalık ve öğrenme sürecinin bilinçli bir biçimde yönetilmesiyle mümkündür. Bu kitap, kuram ile uygulama arasındaki dengeyi gözeten bir bakış açısıyla hazırlanmıştır.

Kitapta yer alan çalışmalar, fen eğitiminin güncel gündemini farklı yönlerden ele almaktadır. Yapay zekâ destekli dijital oyunların fen eğitimindeki yeri, öğretmen eğitiminde modelleme becerilerinin geliştirilmesi ve erişilebilir, uygulamalı etkinliklerin tasarımı bu çalışmaların başlıca konuları arasındadır. Öğrencilerin kendi öğrenmelerini izlemelerini ve değerlendirmelerini destekleyen uygulamalar ile kavram yanılgılarının giderilmesine yönelik yaklaşımlar da kitabın ortak çerçevesini tamamlamaktadır.

Bu kitabın, öğretmen adaylarına, öğretmenlere, akademisyenlere ve lisansüstü öğrencilere fen bilimleri eğitiminin niteliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar için ilham vereceğine inanıyoruz. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen bölüm yazarlarına ve bu çalışmayı bilim dünyasıyla buluşturan BİDGE Yayınevi'ne teşekkür eder, eserin tüm okurlar için faydalı olmasını dileriz.

Prof. Dr. Murat ÇETİNKAYA
Ordu Üniversitesi

# İÇİNDEKİLER

FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DİJİTAL ZEKÂ OYUNLARINA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE ... 1
*OYLUM ÇAVDAR, BEKİR YILDIRIM*

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE MATEMATİKSEL MODELLEME: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME ..... 30
*AYHAN ÇİNİCİ*

FEN DERSLERİNDE BİLİŞÖTESİ FARKINDALIĞI DESTEKLEYEN ÖZ DEĞERLENDİRME UYGULAMALARI ..... 66
*AHMET BOLAT*

FEN BİLİMLERİ DERSİNDE KAVRAM YANILGILARINI GİDERMEDE KAVRAMSAL DEĞİŞİM METİNLERİNİN YERİ VE ÖRNEK KAVRAMSAL DEĞİŞİM METİNLERİ .... 99
*GAMZE DOLU, MÜCAHİT ÖZEL*

ÇEVRE EĞİTİMİNDE UYGULAMALI SU ANALİZİ: RENK KARTLARIYLA ERİŞİLEBİLİR BİR ETKİNLİK TASARIMI ..... 126
*ÖZLEM TAŞKIN, AHMET ÜNAL, ÖZGÜR HÜSEYİNBAŞ, ZEKERİYA YERLİKAYA*

Eğitim Alaninda Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Konulu Tezlerin Tematik Incelemesi: 2020-2026 ..... 166
*MERVE ELMAS İÇİN, SERPİL KALAYCI*

DEPREM BÖLGESİNDE ÖĞRENİM GÖREN FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ EKOLOJİK AYAK İZİ FARKINDALIKLARI: HATAY İLİ ÖRNEĞİ ..... 195
*SERPİL KALAYCI*

# BÖLÜM 1

# FEN EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DİJİTAL ZEKÂ OYUNLARINA İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

**OYLUM ÇAVDAR**[1]
**BEKİR YILDIRIM**[2]

## 1.Giriş

Bilim ve teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler, eğitim sistemlerinden beklenen bilgi, beceri ve yeterlikleri önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu süreçte fen eğitimi, öğrencilerin yalnızca bilimsel bilgiyi öğrenmelerini değil, aynı zamanda problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerini hedefleyen bir yapıya dönüşmüştür (Casal-Otero & ark., 2023; Yazıcıoğlu & Çavuş-Güngören, 2019).

Bu dönüşüm, teknoloji destekli öğrenme ortamlarının fen eğitimindeki önemini artırmıştır. Özellikle dijital teknolojilerin öğretim süreçlerine entegrasyonu, öğrencilerin aktif katılımını destekleyen, bireysel farklılıkları dikkate alan ve öğrenmeyi daha

[1] Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Orcid: 0000-0001-8405-0969
[1] Prof. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Orcid: 0000-0002-5374-4025

etkileşimli hâle getiren yeni öğretim yaklaşımlarının gelişmesine katkı sağlamıştır (Carpenter & ark., 2021).

Bu yaklaşımlar içerisinde oyun temelli öğrenme, öğrencilerin derse yönelik ilgisini artırması ve öğrenmeyi eğlenceli hâle getirmesi nedeniyle öne çıkmaktadır. Dijital eğitsel oyunlar, eğitim hedefleri doğrultusunda tasarlanmış, oyun mekaniklerini öğretim süreciyle bütünleştiren dijital öğrenme araçları olarak tanımlanmaktadır (Yıldız, 2025).

Araştırmalar, dijital eğitsel oyunların öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını, motivasyonlarını güçlendirdiğini ve problem çözme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca bu oyunların iş birliği, eleştirel düşünme ve karar verme gibi üst düzey bilişsel becerilerin gelişimine de katkı sağladığı belirtilmektedir (Snow & ark., 2016; Tucker-Raymond & ark., 2019; Ullah & ark., 2022).

Yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, dijital eğitsel oyunların yapısını önemli ölçüde değiştirmiştir. Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğrencilerin performanslarını gerçek zamanlı analiz ederek öğrenme sürecini bireysel ihtiyaçlara göre uyarlayabilmekte ve kişiselleştirilmiş geri bildirimler sunabilmektedir (Wang & ark., 2022; Xu & Ouyang, 2022).

Bu teknolojiler yalnızca doğru veya yanlış cevapları değerlendirmekle kalmamakta, öğrencilerin çözüm yollarını analiz ederek uygun öğrenme etkinlikleri önerebilmektedir. Böylece öğrencilerin öğrenme hızları, bilgi düzeyleri ve öğrenme gereksinimleri dikkate alınarak daha etkili öğrenme deneyimleri oluşturulabilmektedir (Carpenter & ark., 2020; Tene & ark., 2025).

Fen eğitiminde yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının kullanımı, özellikle soyut kavramların somutlaştırılması ve bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Simülasyonlar, uyarlanabilir görevler ve gerçek zamanlı geri bildirimler sayesinde öğrenciler bilimsel kavramları

deneyimleyerek öğrenebilmekte ve araştırma-sorgulama süreçlerine daha aktif katılabilmektedir (Goslen & ark., 2025).

Son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının kavramsal öğrenme, bilimsel süreç becerileri, problem çözme ve akıl yürütme, akademik başarı ile motivasyon üzerinde önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte bu teknolojilerin fen eğitiminde etkili biçimde kullanılabilmesi için öğretmen yeterliklerinin geliştirilmesi, pedagojik tasarım ilkelerinin gözetilmesi ve yapay zekâ uygulamalarının bilinçli biçimde eğitim süreçlerine entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Ceylan & Çakır, 2025; Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026).

Bu bölümde yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının kavramsal çerçevesi ve kuramsal temelleri açıklanmakta, fen eğitimindeki kullanımına ilişkin güncel yaklaşımlar ele alınmaktadır. Ayrıca bu oyunların kavramsal öğrenme, bilimsel süreç becerileri, problem çözme ve akıl yürütme, akademik başarı ile motivasyon üzerindeki katkıları güncel literatür doğrultusunda değerlendirilmektedir.

## 2. Fen Eğitiminde Yapay Zekâ Destekli Dijital Zekâ Oyunlarına İlişkin Kavramsal Çerçeve

### Zekâ Oyunları

Oyun, çocukların çevrelerini keşfetmelerine, yeni deneyimler kazanmalarına ve öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarına olanak sağlayan doğal bir öğrenme ortamıdır. Oyun sırasında çocuklar kuralları takip eder, karar verir, farklı çözüm yollarını dener ve deneyimlerinden yeni çıkarımlar elde eder. Bu özellikleriyle oyun; bilişsel, sosyal ve duyuşsal gelişimi destekleyen önemli bir eğitim aracı olarak görülmektedir. Öğrenmenin bu doğal yapısı, belirli bilişsel becerilerin geliştirilmesini amaçlayan zekâ

oyunlarının eğitim ortamlarında daha fazla kullanılmasını sağlamıştır (Cheng & ark., 2015).

Zekâ oyunları; problem çözme, akıl yürütme, dikkat, hafıza, stratejik düşünme ve karar verme gibi üst düzey bilişsel becerileri geliştirmeyi amaçlayan yapılandırılmış oyunlardır. Bu oyunlarda yalnızca doğru sonuca ulaşılması değil, sonuca ulaşırken izlenen düşünme sürecinin geliştirilmesi de önem taşımaktadır. Öğrencilerin farklı çözüm yollarını karşılaştırmaları, kararlarını gerekçelendirmeleri ve kullandıkları stratejileri değerlendirmeleri beklenmektedir. Bu yönüyle zekâ oyunları, analitik düşünmeyi destekleyen etkili öğrenme araçları olarak değerlendirilmektedir (Clark & ark., 2015; Doğan, 2023).

Türkiye'de zekâ oyunları, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından ortaokul düzeyinde seçmeli ders kapsamında öğretim programına dâhil edilmiştir. Güncel öğretim programında zekâ oyunları; akıl yürütme ve işlem oyunları, sözel oyunlar, geometrik-mekanik oyunlar, hafıza oyunları, strateji oyunları ve zekâ soruları olmak üzere altı öğrenme alanında ele alınmaktadır. Bu sınıflandırma, öğrencilerin farklı bilişsel becerilerini sistemli biçimde geliştirmeyi amaçlamakta ve öğretim hedeflerine uygun oyunların seçilmesine rehberlik etmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2021).

Fen eğitiminde öğrencilerden gözlem yapmaları, kanıtları değerlendirmeleri, neden-sonuç ilişkileri kurmaları ve bilimsel açıklamalar geliştirmeleri beklenmektedir. Bu süreçler, zekâ oyunlarının geliştirmeyi hedeflediği problem çözme, bilimsel muhakeme, akıl yürütme ve strateji geliştirme becerileriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu nedenle zekâ oyunları, öğrencilerin bilimsel olaylar arasında ilişki kurmalarını, farklı çözüm yolları geliştirmelerini ve öğrendikleri bilgileri yeni durumlara transfer etmelerini destekleyen etkili öğrenme ortamları sunmaktadır (Cheng & ark., 2015; Doğan, 2023).

Zekâ oyunları uzun yıllar kartlar, taşlar, ahşap parçalar, geometrik şekiller ve çeşitli mekanik düzeneklerden oluşan fiziksel oyun setleri aracılığıyla uygulanmıştır. Gelişen bilgi ve iletişim teknolojileriyle birlikte bu oyunlar dijital ortamlara taşınmış; geleneksel oyunların temel yapısı korunurken etkileşimli içerikler, görsel-işitsel öğeler, anlık geri bildirimler ve farklı zorluk düzeyleriyle zenginleştirilmiştir (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026; Ullah & ark., 2022).

Bu teknolojik dönüşüm, zekâ oyunlarının yalnızca fiziksel materyallerle sınırlı kalmamasını sağlamış ve farklı öğrenme ortamlarında kullanılabilmesine olanak tanımıştır. Dijital platformlar sayesinde öğrencilerin performansına göre uyarlanabilen görevler, öğrenme sürecini izleyebilen sistemler ve kişiselleştirilmiş geri bildirimler sunulmaya başlanmıştır. Böylece dijital zekâ oyunları, geleneksel zekâ oyunlarının bilişsel gelişimi destekleyen özelliklerini korurken teknolojinin sağladığı olanaklarla daha etkileşimli ve bireyselleştirilmiş bir öğrenme deneyimi sunan yeni bir yapıya dönüşmüştür. Yapay zekâ teknolojilerinin bu oyunlara entegre edilmesi ise dijital zekâ oyunlarının eğitimdeki kullanımını daha da ileriye taşımıştır (Xu & Ouyang, 2022; Ninaus & Nebel, 2021).

## Dijital Zekâ Oyunları

Dijital teknolojiler, geleneksel oyunların yapısını önemli ölçüde değiştirmiştir. Oyunlar artık bilgisayar, tablet, telefon ve çevrim içi platformlar üzerinden oynanabilmektedir. Dijital oyunlar, kurallara dayalı ve etkileşimli sistemlerdir. Oyuncu bu sistem içinde karar verir ve oyunun sonucunu etkilemeye çalışır (Bónus, Antal & Korom, 2024). Bu özellikler, bilişsel becerilere odaklanan zekâ oyunlarının da dijital ortamlara taşınmasını kolaylaştırmıştır (Pehlivan & Şahin, 2025).

Dijital zekâ oyunları, zihinsel becerileri geliştirmeyi amaçlayan teknoloji tabanlı oyunlardır. Bu oyunlar problem çözme, akıl yürütme, strateji geliştirme ve karar verme süreçlerini dijital ortamda destekler (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026; Pehlivan & Şahin, 2025). Geleneksel zekâ oyunlarında kullanılan kurallar dijital ortamda korunabilir. Bunun yanında görsel-işitsel ögeler, animasyonlar ve etkileşimli görevler oyuna eklenebilir (Bónus, Antal & Korom, 2024). Böylece öğrenci yalnızca bir problemi çözmez. Aynı zamanda çözüm sürecini dinamik bir dijital sistem içinde deneyimler (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026; Bónus, Antal & Korom, 2024).

Dijital zekâ oyunlarının önemli özelliklerinden biri anlık geri bildirim sunmasıdır. Öğrenci yaptığı işlemin sonucunu beklemeden görebilir ve stratejisini yeniden düzenleyebilir (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026; Pehlivan & Şahin, 2025). Bu yapı, hata yapmayı öğrenme sürecinin doğal bir parçasına dönüştürür. Öğrenci farklı seçenekleri güvenli bir ortamda deneyebilir ve sonuçlarını karşılaştırabilir (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026; Bónus, Antal & Korom, 2024). Anlık geri bildirim ve tekrar olanağı, öğrencinin kendi öğrenme sürecini izlemesine de katkı sağlar. Bu nedenle dijital zekâ oyunları, öz düzenlemeyi destekleyebilecek öğrenme ortamları olarak değerlendirilebilir (Dever & ark., 2022).

Dijital zekâ oyunları öğrencinin ilgisini canlı tutabilecek çeşitli unsurlar içerir. Hedefler, aşamalar, puanlar ve zorluklar öğrenme sürecine katılımı artırabilir. Öğrenci bir görevi tamamladığında ilerleme hissi yaşar. Bu durum öğrenmeye yönelik içsel motivasyonu ve devamlılığı desteklemektedir (Avcı Daş & Tecimer Altınel, 2026). Bununla birlikte oyunun eğlenceli olması tek başına öğrenmeyi garanti etmez. Oyunun içeriği, zorluk düzeyi ve öğretim amacı birbiriyle uyumlu olmalıdır (Bónus, Antal & Korom, 2024).

Dijital oyunlar kullanım amaçlarına göre farklı gruplara ayrılabilir. Öğretim amacıyla geliştirilen oyunlar, ticari oyunlar ve öğrencilerin oyun tasarladığı uygulamalar bu gruplar arasındadır. Ticari oyunlarda temel amaç çoğunlukla eğlencedir. Eğitsel dijital oyunlarda ise oyun hedefleri ile öğrenme hedeflerinin birlikte yapılandırılması gerekir. Bu nedenle bir dijital oyunun eğitim ortamında kullanılması, onu kendiliğinden eğitsel hâle getirmez. Öğrenme içeriğinin oyun kuralları ve görevleriyle bütünleştirilmesi gerekir (Bónus, Antal & Korom, 2024).

Dijital zekâ oyunları, öğrencilerin farklı hızlarda ilerlemesine de imkân sağlayabilir. Görevler öğrencinin performansına göre kolaylaştırılabilir veya zorlaştırılabilir. Oyunun içeriği, kuralları ve geri bildirim biçimi öğrenci özelliklerine göre düzenlenebilir. Böylece aynı oyun farklı öğrenciler için farklı öğrenme yolları sunabilir. Dijital oyunların sunduğu bu kişiselleştirme olanakları, yapay zekâ teknolojileriyle daha gelişmiş hâle gelmiştir. Öğrenci verilerini analiz eden ve oyun sürecini gerçek zamanlı düzenleyen yapılar, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının temelini oluşturmuştur (Ninaus & Nebel, 2021).

## Yapay Zekâ Destekli Dijital Zekâ Oyunları

Dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, eğitimde kullanılan oyunların yapısını ve işlevini önemli ölçüde değiştirmiştir. Başlangıçta dijital zekâ oyunları, öğrencilerin problem çözme ve akıl yürütme becerilerini destekleyen etkileşimli öğrenme araçları olarak geliştirilmiştir. Ancak bu oyunlar çoğunlukla tüm öğrencilere aynı içerikleri, aynı sırayla ve aynı zorluk düzeyinde sunmuştur (Xu & Ouyang, 2022; Ninaus & Nebel, 2021). Öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, öğrenme hızları ve bireysel gereksinimleri arasındaki farklılıkların dikkate alınmaması, dijital oyunların eğitimdeki etkililiğini sınırlandıran önemli sorunlardan biri olarak görülmüştür. Bu durum, öğrenme sürecini öğrencinin

özelliklerine göre uyarlayabilen daha akıllı sistemlere duyulan gereksinimi artırmıştır ve yapay zekâ teknolojilerinin eğitim ortamlarına entegrasyonu, bu gereksinime yanıt olarak ortaya çıkmıştır (Xu & Ouyang, 2022).

Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları; öğrenci verilerini analiz edebilen, öğrenme sürecini izleyebilen ve elde edilen verilere göre öğretim sürecini uyarlayabilen sistemler olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemlerde amaç yalnızca teknolojiyi öğretim sürecine eklemek değildir. Asıl amaç, öğrencilerin bireysel öğrenme gereksinimlerini belirlemek ve bu gereksinimlere uygun öğrenme deneyimleri oluşturmaktır. Eğitimde yapay zekânın sağladığı bu dönüşüm, dijital zekâ oyunlarının da yeniden tasarlanmasına zemin hazırlamıştır (Xu & Ouyang, 2022).

Bu gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, geleneksel dijital oyunların ötesine geçen özelliklere sahiptir. Bu oyunlar, öğrencilerin oyun sırasında oluşturduğu verileri analiz ederek içerik, görev, zorluk düzeyi ve geri bildirimleri bireysel gereksinimlere göre düzenleyebilmektedir (Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024; Li & ark., 2025). Böylece her öğrenci aynı oyunu oynasa bile farklı öğrenme yolları izleyebilmekte ve kendi performansına uygun destek alabilmektedir. Bu özellik, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarını yalnızca etkileşimli öğrenme araçları olmaktan çıkararak öğrencinin öğrenmesini sürekli izleyen ve yönlendiren akıllı öğrenme sistemlerine dönüştürmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Lin, Huang & Lu, 2023).

Bu oyunların eğitimde öne çıkmasının temel nedenlerinden biri, öğrenme sürecini kişiselleştirebilmeleridir. Yapay zekâ algoritmaları öğrencinin önceki performansını, yaptığı hataları, öğrenme hızını ve tercih ettiği çözüm yollarını analiz ederek bir sonraki etkinliği buna göre belirleyebilmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Ninaus & Nebel, 2021). Böylece öğrenciler gereğinden kolay ya da gereğinden zor etkinliklerle karşılaşmamaktadır. Öğrenme

süreci, öğrencinin bilişsel gelişimine uygun biçimde ilerlemekte ve öğrenme kayıplarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Chiotaki, Poulopoulos & Karpouzis, 2023; Li & ark., 2025).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının bir diğer önemli özelliği, öğrenciye gerçek zamanlı geri bildirim sunabilmesidir. Geleneksel dijital oyunlarda geri bildirimler çoğunlukla doğru-yanlış bilgisiyle sınırlı kalırken, yapay zekâ destekli sistemlerde öğrencinin neden hata yaptığı analiz edilebilmekte ve buna uygun yönlendirmeler yapılabilmektedir (Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024; Lin, Huang & Lu, 2023). Ayrıca geri bildirimler yalnızca sonuca değil, öğrencinin çözüm sürecine de odaklanabilmektedir. Bu durum öğrencilerin hatalarını fark etmelerini, stratejilerini yeniden düzenlemelerini ve öğrenme süreçlerini bilinçli biçimde yönetmelerini kolaylaştırmaktadır (Dever & ark., 2022; 2023).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarını geleneksel dijital oyunlardan ayıran en önemli özelliklerden biri, öğrenme sürecini sürekli izleyebilmesi ve elde edilen verilere göre yeniden düzenleyebilmesidir. Bu sistemler yalnızca öğrencinin doğru veya yanlış cevaplarını değil, çözüm süresini, izlediği stratejileri, yaptığı tekrarları ve öğrenme eğilimlerini de analiz edebilmektedir (Sabourin & ark., 2013; Snow & ark., 2016). Elde edilen veriler, öğrencinin gereksinimlerine uygun içerik ve yönlendirmelerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Böylece değerlendirme yalnızca öğrenme sonunda yapılan bir işlem olmaktan çıkmakta, öğrenme sürecinin doğal bir parçasına dönüşmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Lin, Huang & Lu, 2023).

Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte dijital zekâ oyunları, yalnızca uyarlanabilir öğrenme ortamları olmaktan çıkarak öğrencilerle etkileşim kurabilen akıllı sistemlere dönüşmeye başlamıştır. Üretken yapay zekâ uygulamaları sayesinde oyun senaryoları dinamik olarak oluşturulabilmekte, öğrenciye kişiselleştirilmiş ipuçları sunulabilmekte ve öğrenme süreci gerçek

zamanlı olarak desteklenebilmektedir (Cooper, 2023; Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024). Bu özellikler, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarını geleneksel dijital oyunlardan ayıran temel unsurlar arasında gösterilmektedir. Özellikle problem çözme, bilimsel sorgulama ve bireyselleştirilmiş öğrenmenin ön planda olduğu fen eğitiminde bu sistemlerin önemli fırsatlar sunduğu belirtilmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Li & ark., 2025).

## 3. Yapay Zekâ Destekli Dijital Zekâ Oyunlarının Kuramsal Temelleri

### Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı

Yapılandırmacı öğrenme kuramı, öğrenmenin öğrencinin aktif katılımıyla gerçekleştiğini savunmaktadır. Bu yaklaşıma göre öğrenciler bilgiyi hazır olarak almak yerine araştırma, sorgulama ve problem çözme süreçleriyle kendileri yapılandırmaktadır (Bağ, 2020). Bu nedenle öğrenme ortamlarının öğrenciyi düşünmeye, keşfetmeye ve farklı çözüm yolları geliştirmeye yönlendirmesi önem taşımaktadır.

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları da öğrenciyi öğrenme sürecinin merkezine yerleştirmektedir. Öğrenciler oyun sırasında karşılaştıkları problemleri çözerken önceki bilgilerini kullanmakta ve yeni deneyimler kazanarak bilgilerini yeniden yapılandırmaktadır (Xu & Ouyang, 2022; Ninaus & Nebel, 2021). Bu süreç, yapılandırmacı öğrenmenin temel ilkeleriyle uyum göstermektedir.

Yapay zekâ teknolojisi, bu öğrenme sürecini öğrencinin bireysel özelliklerine göre desteklemektedir. Sistem, öğrencinin performansını sürekli analiz ederek etkinliklerin zorluk düzeyini, sunulan ipuçlarını ve geri bildirimleri yeniden düzenleyebilmektedir (Xu & Ouyang, 2022). Böylece her öğrenci kendi öğrenme hızına ve gereksinimlerine uygun bir öğrenme deneyimi yaşamaktadır.

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğrencinin yalnızca doğru cevaba ulaşmasını değil, öğrenme sürecini de desteklemektedir. Anlık geri bildirimler ve uyarlanabilir yönlendirmeler sayesinde öğrenciler hatalarını fark edebilmekte, farklı stratejiler deneyebilmekte ve kendi öğrenmelerini düzenleyebilmektedir (Dever & ark., 2022; 2023). Bu yönüyle yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, yapılandırmacı öğrenme anlayışını dijital ortama taşıyan önemli öğrenme araçları olarak değerlendirilmektedir.

## Oyun Temelli Öğrenme Kuramı

Oyun temelli öğrenme kuramı, öğrenmenin oyun mekanikleriyle desteklenmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu yaklaşımda oyun, yalnızca eğlence amacı taşıyan bir etkinlik değildir. Aynı zamanda öğrencinin aktif katılımını sağlayan, öğrenmeyi destekleyen ve öğrenme sürecini anlamlı hâle getiren bir öğretim aracıdır (Bağ, 2020). Oyun ortamında öğrenciler, öğrenme sürecine daha istekli katılmakta ve bilgiyi deneyimleyerek öğrenmektedir.

Oyun temelli öğrenmede öğrenciler belirli hedeflere ulaşmak için problem çözmekte, karar vermekte ve farklı stratejiler geliştirmektedir. Bu süreç, öğrencilerin derse aktif katılımını artırırken öğrenilen bilgilerin daha kalıcı olmasına da katkı sağlamaktadır (Clark & ark., 2015; Ullah & ark., 2022). Özellikle fen eğitiminde kullanılan eğitsel oyunların kavramsal öğrenmeyi desteklediği ve öğrencilerin soyut kavramları daha kolay anlamalarına yardımcı olduğu belirtilmektedir (Byusa, Kampire & Mwesigye, 2022; Chen & ark., 2020).

Oyun temelli öğrenme yaklaşımında motivasyon önemli bir yere sahiptir. Oyunların sunduğu hedefler, ödüller, geri bildirimler ve ilerleme basamakları öğrencilerin öğrenme sürecine ilgisini artırmaktadır (Clark vd., 2015; Önal & Çeltek, 2023). Fen

eğitiminde yürütülen çalışmalar, öğrencilerin oyunlarla işlenen dersleri daha eğlenceli bulduklarını, zor konuları daha kolay anladıklarını ve öğrenmenin daha kalıcı olduğunu düşündüklerini göstermektedir (Pınar & Dönel Akgül, 2024; Yazıcıoğlu & Çavuş-Güngören, 2019).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, oyun temelli öğrenme yaklaşımını daha ileri bir noktaya taşımaktadır. Geleneksel eğitsel oyunlarda tüm öğrenciler aynı oyun akışını takip ederken, yapay zekâ destekli oyunlarda öğrenme süreci öğrencinin performansına göre uyarlanabilmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Li & ark., 2025). Böylece oyun yalnızca motive edici bir öğrenme ortamı olmaktan çıkmakta, aynı zamanda öğrencinin bireysel gereksinimlerine göre şekillenen dinamik bir öğrenme ortamına dönüşmektedir. Bu yönüyle oyun temelli öğrenme kuramı, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının eğitimde neden etkili olduğunu açıklayan temel kuramsal yaklaşımlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

## Uyarlanabilir Öğrenme Kuramı

Uyarlanabilir öğrenme, öğrenme ortamının öğrencilerin bireysel özelliklerine göre düzenlenmesini temel alan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda öğrencilerin bilgi düzeyi, öğrenme hızı, ilgi alanları ve gereksinimleri dikkate alınarak kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturulmaktadır (Ninaus & Nebel, 2021).

Bu yaklaşımda öğretim süreci bütün öğrenciler için aynı biçimde ilerlemez. Öğrenciden elde edilen verilere göre öğrenme içeriği, görevlerin sırası, etkinliklerin zorluk düzeyi ve sunulan destekler yeniden düzenlenebilir. Böylece her öğrenci kendi öğrenme gereksinimlerine uygun bir öğrenme yolu izleyebilir (Chiotaki, Poulopoulos & Karpouzis, 2023).

Yapay zekâ teknolojileri, uyarlanabilir öğrenme sürecinin etkili biçimde yürütülmesini sağlayan önemli araçlardan biridir.

Öğrencinin performansı, öğrenme davranışları ve oyun içi etkileşimleri analiz edilerek öğrenme ortamı sürekli güncellenebilir. Bu sayede öğrencinin ihtiyaç duyduğu içerik, geri bildirim ve yönlendirmeler zamanında sunulabilir (Xu & Ouyang, 2022).

Dijital zekâ oyunları, öğrencilerin oyun süresince gerçekleştirdikleri tüm etkileşimleri kaydedebilen ortamlardır. Bu veriler kullanılarak oyunun güçlük düzeyi, ipuçları, geri bildirimleri ve ilerleme basamakları öğrencinin özelliklerine göre uyarlanabilir. Böylece öğrenciler, kendi öğrenme hızlarına uygun bir oyun deneyimi yaşayabilir (Ninaus & Nebel, 2021).

Uyarlanabilir öğrenme sistemlerinde amaç, öğrenciyi belirli bir öğrenme yoluna uydurmak değil, öğrenme ortamını öğrenciye uyumlu hâle getirmektir. Bu nedenle sistemler, öğrencinin öğrenme sürecinde ürettiği yeni verileri dikkate alarak öğrenme deneyimini dinamik biçimde yeniden düzenleyebilir. Böylece kişiselleştirme yalnızca başlangıçta değil, öğrenme süreci boyunca devam eden bir özellik kazanır (Li & ark., 2025).

Fen eğitiminde öğrencilerin ön bilgileri, kavram yanılgıları ve problem çözme becerileri farklılık gösterebilmektedir. Yapay zekâ destekli uyarlanabilir öğrenme ortamları bu farklılıkları dikkate alarak öğrencilere uygun içeriklerin, görevlerin ve öğrenme yollarının sunulmasına olanak sağlamaktadır (Xu & Ouyang, 2022).

Bu doğrultuda uyarlanabilir öğrenme, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının önemli kuramsal temellerinden birini oluşturmaktadır. Öğrenciden elde edilen verilerin analiz edilmesi ve oyun ortamının bu verilere göre sürekli yeniden düzenlenmesi, öğrenme sürecinin bireyselleştirilmesini ve öğrencilerin kendi öğrenme gereksinimlerine uygun bir öğrenme deneyimi yaşamalarını desteklemektedir (Chiotaki, Poulopoulos & Karpouzis, 2023; Ninaus & Nebel, 2021).

**Öz Düzenlemeli Öğrenme Kuramı**

Öz düzenlemeli öğrenme, öğrencinin kendi öğrenme sürecini bilinçli biçimde yönetmesini temel alır. Öğrenci öğrenme hedeflerini belirler, bu hedeflere ulaşmak için uygun yollar seçer ve öğrenme sürecini kendi kararlarıyla yönlendirir (Zimmerman, 2002).

Bu yaklaşımda öğrenci yalnızca öğrenme sonucuyla ilgilenmez. Öğrenme sürecini de sürekli izler ve kullandığı stratejileri gerektiğinde değiştirir (Pintrich, Wolters & Baxter, 2000). Böylece öğrenme, tek yönlü bir süreç olmaktan çıkar. Sürekli değerlendirilen ve geliştirilen bir yapıya dönüşür.

Öz düzenlemeli öğrenmenin temelinde planlama yer alır. Öğrenci çalışmaya başlamadan önce ulaşmak istediği hedefleri belirler. Daha sonra bu hedeflere ulaşmasını sağlayacak stratejileri seçer (Zimmerman, 2002). Süreç ilerledikçe kendi performansını gözlemler. Karşılaştığı güçlükleri fark ederek yeni çözümler geliştirebilir.

Planlama kadar izleme ve değerlendirme de önemlidir. Öğrenci kendi öğrenmesini sürekli kontrol eder. Eksik kaldığı noktaları belirler ve buna uygun düzenlemeler yapar (Pintrich, Wolters & Baxter, 2000). Bu süreç, öğrencinin öğrenme sorumluluğunu üstlenmesini destekler. Aynı zamanda bağımsız öğrenme becerilerinin gelişmesine katkı sağlar.

Yapay zekâ destekli sistemler öğrencinin öğrenme sürecinden elde edilen verileri analiz edebilmektedir. Bu analizler doğrultusunda kişiselleştirilmiş geri bildirimler sunulabilmektedir (Xu & Ouyang, 2022). Böylece öğrenciler kendi gelişimlerini daha yakından izleyebilmekte ve öğrenme süreçlerini daha bilinçli yönetebilmektedir.

Benzer bir durum yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarında da görülmektedir. Bu oyunlar öğrencinin performansına göre farklı öğrenme yolları sunabilmektedir. Oyunun zorluk düzeyi, görevleri ve geri bildirimleri öğrencinin gereksinimlerine göre

uyarlanabilmektedir (Chiotaki, Poulopoulos & Karpouzis, 2023). Bu özellikler öğrencinin planlama, izleme ve öz değerlendirme becerilerini desteklemektedir.

Fen eğitiminde öğrenciler farklı hazırbulunuşluk düzeylerine sahiptir. Bu nedenle tüm öğrenciler için aynı öğrenme yolunun etkili olması beklenmez. Yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları bu farklılıkları dikkate alarak öz düzenlemeli öğrenmeyi güçlendirebilmektedir (Li & ark., 2025). Bu yönüyle öz düzenlemeli öğrenme kuramı, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının açıklanmasında önemli kuramsal temellerden biri olarak değerlendirilmektedir.

## 4. Fen Eğitiminde Yapay Zekâ Destekli Dijital Zekâ Oyunlarının Kullanımı

### Kavramsal Öğrenmenin Desteklenmesi

Fen eğitiminde bilimsel kavramların doğru yapılandırılması, öğrencilerin doğa olaylarını açıklayabilmeleri ve öğrendiklerini yeni durumlara aktarabilmeleri açısından önemlidir. Kavramsal öğrenme, bilgilerin ezberlenmesinden çok kavramlar arasında ilişki kurulmasını ve neden-sonuç bağlantılarının anlaşılmasını gerektirir (Heeg & Avraamidou, 2023).

Elektrik, enerji, madde, hücre ve ekosistem gibi birçok fen konusu soyut kavramlar içermektedir. Bu kavramların görselleştirilmesi ve günlük yaşamla ilişkilendirilmesi, öğrencilerin yaşadığı anlama güçlüklerini azaltabilmektedir (Ullah & ark., 2022).

Dijital zekâ oyunları, bilimsel kavramların etkileşimli görevler ve senaryolar içinde keşfedilmesine imkân vermektedir. Simülasyonlar ve görsel modeller, doğrudan gözlemlenemeyen olayları somutlaştırarak kavramlar arasındaki ilişkilerin görülmesini kolaylaştırmaktadır (Chen & ark., 2020; Cheng & ark., 2015)

Öğrenciler oyun sırasında tahminlerini sınayabilmekte, farklı yollar deneyebilmekte ve hatalarının sonuçlarını görebilmektedir. Bu süreç, yanlış anlamaların fark edilmesine ve bilimsel bilginin yeniden yapılandırılmasına katkı sağlamaktadır (Gui & ark., 2023; Wang & ark., 2022).

Yapay zekâ desteği, oyun ortamını öğrencinin bilgi düzeyine ve gösterdiği performansa göre düzenleyebilmektedir. Öğrencinin cevapları ve oyun içindeki ilerlemesi analiz edilerek eksik öğrenilen kavramlara yönelik ipuçları, açıklamalar veya yeni görevler sunulabilmektedir (Xu & Ouyang, 2022).

Anlık geri bildirim, kavram yanılgılarının öğrenme süreci devam ederken belirlenmesini ve düzeltilmesini kolaylaştırmaktadır. İçeriğin öğrencinin gereksinimlerine göre uyarlanması ise kavramsal değişimin aşamalı biçimde gerçekleşmesini desteklemektedir (Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024).

Bu özellikler özellikle ışık, ses, elektrik, biyoloji ve kimya gibi soyut kavramların yoğun olduğu alanlarda önem kazanmaktadır. Oyun ortamları, kavramların farklı senaryolarda kullanılmasını sağlayarak bilimsel bilginin daha anlamlı ve kalıcı biçimde yapılandırılmasına katkıda bulunmaktadır (Byusa, Kampire & Mwesigye, 2022; Liu, Grey & Gabriel, 2023).

**Bilimsel Süreç Becerilerinin Geliştirilmesi**

Bilimsel süreç becerileri, fen eğitiminde öğrencilerin bilimsel bilgiyi sorgulamalarını, kanıtlarla desteklemelerini ve ulaştıkları sonuçları değerlendirmelerini sağlayan temel beceriler arasında yer almaktadır. Bu becerilerin gelişebilmesi için öğrencilerin yalnızca teorik bilgi edinmeleri değil, araştırma sürecine aktif olarak katılmaları ve bilimsel düşünme basamaklarını uygulayabilmeleri gerekmektedir (Bónus, Antal & Korom, 2024).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, bilimsel süreç becerilerinin gerçek yaşam problemlerine dayalı senaryolar içinde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Oyunlarda karşılaşılan görevler; gözlem yapma, bilgi toplama, değişkenleri belirleme, tahminde bulunma ve elde edilen kanıtları yorumlama gibi bilimsel süreçlerin doğal bir parçası olarak tasarlanmaktadır (Chen & ark., 2020; Morris & ark., 2013).

Farklı çözüm yollarının denenebilmesi ve yapılan uygulamaların sonuçlarının anında görülebilmesi, bilimsel sorgulama sürecinin daha anlaşılır hâle gelmesini sağlamaktadır. Öğrenciler her yeni görevde önceki bilgilerini kullanmakta, ulaştıkları sonuçları yeniden değerlendirerek çözüm stratejilerini geliştirmektedir (Carpenter & ark., 2020; Tucker-Raymond & ark., 2019).

Yapay zekâ bu süreci öğrencinin öğrenme performansına göre desteklemektedir. Oyun sırasında elde edilen veriler analiz edilerek öğrencinin zorlandığı beceriler belirlenebilmekte, buna uygun ipuçları, yönlendirmeler ve yeni görevler sunulabilmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Ninaus & Nebel, 2021).

Fen eğitiminde geliştirilen yapay zekâ destekli oyun ortamları; biyoloji, çevre eğitimi ve iklim değişikliği gibi farklı konularda öğrencilerin gözlem yapma, veri toplama, kanıt kullanma ve bilimsel açıklama geliştirme becerilerini desteklemektedir. Öğrenme sürecinin öğrencinin ilerlemesine göre uyarlanması, bilimsel süreç becerilerinin yalnızca kuramsal olarak öğrenilmesini değil, uygulama içerisinde geliştirilmesini de kolaylaştırmaktadır (Heeg & Avraamidou, 2023; Liu, Grey & Gabriel, 2023).

### Bilimsel Muhakeme, Problem Çözme ve Akıl Yürütme Becerilerinin Geliştirilmesi

Fen eğitiminde öğrencilerden yalnızca bilimsel bilgileri öğrenmeleri değil, bu bilgileri kullanarak kanıta dayalı çıkarımlar

yapmaları, ulaştıkları sonuçları gerekçelendirmeleri ve karşılaştıkları problemlere çözüm üretmeleri beklenmektedir. Bu süreç; bilimsel muhakeme, problem çözme ve akıl yürütme becerilerinin birlikte kullanılmasını gerektirmektedir (National Research Council [NRC], 2012).

Bilimsel muhakeme, öğrencilerin gözlem ve verileri değerlendirerek kanıt temelli açıklamalar geliştirmelerini kapsamaktadır. Problem çözme ve akıl yürütme ise bu süreçte farklı çözüm yollarının karşılaştırılmasını, uygun stratejilerin belirlenmesini ve ulaşılan sonucun mantıksal olarak gerekçelendirilmesini sağlamaktadır (Clark & ark., 2015; Morris & ark., 2013).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğrencileri gerçek yaşamdan alınan problem durumlarıyla karşı karşıya getirerek bu becerilerin bütüncül biçimde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Oyun sürecinde öğrenciler problemi analiz etmekte, elde ettikleri verileri yorumlamakta, farklı çözüm seçeneklerini değerlendirmekte ve verdikleri kararların sonuçlarını gözlemleyerek yeni stratejiler geliştirmektedir (Chen & ark., 2020; Fitriyah & ark., 2025).

Yapay zekâ desteği, öğrencilerin oyun sırasında sergiledikleri performansı analiz ederek bireysel gereksinimlere uygun yönlendirmeler sunabilmektedir. Böylece öğrenciler yalnızca doğru sonuca ulaşmaya değil, kullandıkları düşünme sürecini gözden geçirmeye, hatalarını fark etmeye ve bilimsel gerekçeler oluşturmaya da teşvik edilmektedir (Xu & Ouyang, 2022; Dever & ark., 2023).

Literatürde, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının öğrencilerin bilimsel muhakeme, problem çözme ve akıl yürütme becerilerini desteklediği belirtilmektedir. Etkileşimli problem senaryoları, anlık geri bildirimler ve öğrencinin performansına göre uyarlanan görevler; kanıta dayalı düşünmeyi güçlendirmekte, farklı

çözüm yollarının değerlendirilmesini kolaylaştırmakta ve fen eğitiminde üst düzey düşünme becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır (Gui & ark., 2023; Li & ark., 2025).

**Akademik Başarıya Etkisi**

Fen eğitiminde akademik başarı, öğrencilerin yalnızca bilimsel bilgileri hatırlamalarıyla değil, bu bilgileri anlamlandırmaları, günlük yaşam problemlerine uygulayabilmeleri ve bilimsel düşünme becerileriyle ilişkilendirebilmeleriyle değerlendirilmektedir. Bu nedenle öğretim sürecinde kullanılan yöntem ve teknolojilerin öğrencilerin akademik başarılarını desteklemesi önemli görülmektedir (Heeg & Avraamidou, 2023).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını sağlayarak akademik başarıyı destekleyen öğrenme ortamları sunmaktadır. Oyunlarda yer alan etkileşimli görevler, anlık geri bildirimler ve öğrencinin performansına göre uyarlanan içerikler, öğrenme sürecinin daha etkili ve verimli ilerlemesine katkı sağlamaktadır (Gui & ark., 2023; Li & ark., 2025).

Fen eğitiminde gerçekleştirilen araştırmalar, dijital oyun tabanlı öğrenme uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını artırabildiğini göstermektedir. Özellikle biyoloji, çevre eğitimi ve STEM etkinliklerinde kullanılan oyunlar, öğrencilerin konuları daha iyi anlamalarına ve öğrendikleri bilgileri farklı durumlara aktarabilmelerine katkı sağlamaktadır (Byusa, Kampire & Mwesigye, 2022; Liu, Grey & Gabriel, 2023).

Yapay zekâ desteği, bu süreci öğrencinin öğrenme hızına ve gereksinimlerine göre düzenleyerek daha etkili hâle getirmektedir. Öğrencinin verdiği cevaplar ve öğrenme sürecindeki ilerlemesi analiz edilerek uygun geri bildirimlerin sunulması, eksik öğrenmelerin zamanında giderilmesini ve akademik gelişimin

desteklenmesini kolaylaştırmaktadır (Xu & Ouyang, 2022; Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının akademik başarı üzerindeki etkisi, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılım göstermeleri, kavramlar arasında ilişki kurmaları ve öğrendikleri bilgileri farklı durumlara transfer edebilmeleriyle açıklanmaktadır. Öğrenci performansına göre uyarlanabilen oyun yapıları ve etkileşimli öğrenme etkinlikleri, fen öğretiminde akademik başarının desteklenmesine katkı sağlamakta; öğrencilerin öğrenme sürecini daha etkili ve kalıcı hâle getirmektedir (Pınar & Dönel Akgül, 2024; Özarslan & ark., 2026).

**Motivasyon ve Öğrenmeye Katılımın Desteklenmesi**

Fen eğitiminde öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılım göstermeleri, öğrenmenin sürekliliği ve kalıcılığı açısından önemli görülmektedir. Öğrenmeye yönelik motivasyonu yüksek olan öğrenciler, ders etkinliklerine daha istekli katılmakta, karşılaştıkları güçlükler karşısında daha fazla çaba göstermekte ve öğrenme sürecini daha uzun süre sürdürebilmektedir (Heeg & Avraamidou, 2023).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğrenme sürecini daha ilgi çekici ve etkileşimli hâle getirerek öğrencilerin derse katılımını desteklemektedir. Oyunlarda yer alan hedefler, görevler, ilerleme düzeyleri ve anlık geri bildirimler, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını teşvik etmektedir (Fitriyah & ark., 2025; Li & ark., 2025).

Yapay zekâ desteğiyle öğrencinin öğrenme düzeyine uygun görevlerin sunulması, çok kolay ya da çok zor etkinliklerden kaynaklanabilecek motivasyon kaybını azaltabilmektedir. Öğrencinin ilerlemesine göre uyarlanan oyun senaryoları, öğrenme sürecinin daha akıcı ve sürdürülebilir olmasına katkı sağlamaktadır (Xu & Ouyang, 2022; Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024).

Fen eğitiminde gerçekleştirilen çalışmalar, dijital oyun temelli öğrenme ortamlarının öğrencilerin derse yönelik ilgisini artırdığını ve öğrenme etkinliklerine daha etkin katılım göstermelerini desteklediğini ortaya koymaktadır. Özellikle iş birliğine dayalı görevler, problem senaryoları ve anında geri bildirim sağlayan uygulamalar, öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik olumlu tutum geliştirmelerine katkı sağlamaktadır (Byusa, Kampire & Mwesigye, 2022; Gui & ark., 2023).

Yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının motivasyon üzerindeki etkisi, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılım göstermelerini destekleyen etkileşimli ve uyarlanabilir yapısıyla ilişkilendirilmektedir. Oyunların öğrencinin ilgi ve gereksinimlerine göre şekillendirilebilmesi, derse yönelik ilgiyi artırmakta, öğrenme sürecini daha eğlenceli ve anlamlı hâle getirmekte ve öğrencilerin öğrenmeye yönelik isteklerini desteklemektedir (Pınar & Dönel Akgül, 2024; Özarslan & ark., 2026).

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Yapay zekâ teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, eğitim ortamlarının daha etkileşimli, esnek ve öğrenci merkezli bir yapıya dönüşmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu dönüşümün dikkat çeken uygulamalarından biri olan yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, fen eğitiminde öğrencilerin öğrenme süreçlerini destekleyen yenilikçi araçlar olarak öne çıkmaktadır. Öğrencilerin bireysel öğrenme özelliklerine göre uyarlanabilen bu ortamlar, yalnızca teknolojik bir yenilik sunmamakta; aynı zamanda fen öğretiminin amaçlarıyla uyumlu öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasına da olanak sağlamaktadır (Heeg & Avraamidou, 2023; Li & ark., 2025).

Literatürde yer alan çalışmalar, yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının kavramsal öğrenmeyi desteklediğini, bilimsel süreç becerilerinin gelişimine katkı sağladığını ve öğrencilerin problem

çözme ile akıl yürütme becerilerini güçlendirdiğini göstermektedir. Bunun yanında kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri, anlık geri bildirim mekanizmaları ve uyarlanabilir görev yapıları sayesinde öğrencilerin akademik başarılarının, derse yönelik motivasyonlarının ve öğrenmeye katılımlarının desteklendiği görülmektedir (Gui & ark., 2023; Fitriyah & ark., 2025).

Fen eğitiminde bu teknolojilerin etkili biçimde kullanılabilmesi, yalnızca yapay zekâ araçlarının sınıf ortamına taşınmasıyla sınırlı değildir. Öğretim sürecinin amaçlarına uygun oyun tasarımlarının hazırlanması, öğrencilerin gelişim özelliklerinin dikkate alınması ve öğretmenin öğrenme sürecindeki rehberlik rolünü sürdürmesi de büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunları, öğretmenin yerini alan uygulamalar olarak değil, öğretim sürecini zenginleştiren ve öğrenmeyi destekleyen araçlar olarak değerlendirilmelidir (Xu & Ouyang, 2022; NRCouncil, 2012).

Önümüzdeki yıllarda üretken yapay zekâ, öğrenme analitikleri ve uyarlanabilir öğrenme teknolojilerindeki gelişmelerin, dijital zekâ oyunlarının fen eğitimindeki kullanımını daha da yaygınlaştırması beklenmektedir. Bununla birlikte bu teknolojilerin eğitim ortamlarına etkili biçimde entegre edilebilmesi için pedagojik ilkelerin gözetilmesi, etik kullanımın benimsenmesi ve öğretmenlerin bu teknolojileri eğitim amaçlarına uygun şekilde kullanabilecek yeterliklerle desteklenmesi önem taşımaktadır. Bu doğrultuda yapay zekâ destekli dijital zekâ oyunlarının, fen eğitiminde öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştiren, öğrenmeyi daha etkili ve anlamlı hâle getiren önemli araçlar arasında yer alacağı değerlendirilmektedir (Kaldaras, Haudek & Krajcik, 2024; Li & ark., 2025).

**Kaynakça**

Avcı Daş, S. F., & Tecimer Altınel, Z. (2026). Fen eğitiminde eğitsel dijital oyunlar ile ilgili yapılan çalışmaların analizi: Bir sistematik derleme çalışması. *Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi, 9*(1), 51–64. https://doi.org/10.36681/fmgted.25003

Bağ, H. (2020). *Eğitsel bir dijital oyun yardımıyla kavramsal anlama düzeyinin, bilimsel düşünme alışkanlıklarının ve argümantasyon becerilerinin gelişiminin incelenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Trabzon Üniversitesi.

Bónus, L., Antal, E., & Korom, E. (2024). Digital game-based inquiry learning to improve eighth graders' inquiry skills in biology. *Journal of Science Education and Technology, 33*, 462–478. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10096-x

Byusa, E., Kampire, E., & Mwesigye, A. R. (2022). Game-based learning approach on students' motivation and understanding of chemistry concepts: A systematic review of literature. *Heliyon, 8*(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09541

Carpenter, D., Cloude, E., Rowe, J., Azevedo, R., & Lester, J. (2021). Investigating student reflection during game-based learning in middle grades science. *11th International Learning Analytics and Knowledge Conference*, April 12–16, USA.

Carpenter, D., Geden, M., Rowe, J., Azevedo, R., & Lester, J. (2020). Automated analysis of middle school students' written reflections during game-based learning. In I. I. Bittencourt et al. (Eds.), Artificial intelligence in education (pp. 67–78). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_6

Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K–12: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education, 10*(29), 1-17. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7

Ceylan, İ., & Çakır, R. (2025). Yapay zekâ destekli araçların ilkokul öğrencilerinin fen bilimleri dersine yönelik yeterlilik inançları, tutumları ve başarısına etkisi. *Turkish Journal of Primary Education, 10*(2), 71–90. https://doi.org/10.52797/tujped.1797585

Chen, C.-Y., Huang, H.-J., Lien, C.-J., & Lu, Y.-L. (2020). Effects of multi-genre digital game-based instruction on students' conceptual understanding, argumentation skills, and learning experiences. *IEEE Access, 8*, 110643–110655. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000659

Cheng, M.-T., Chen, J.-H., Chu, S.-J., & Chen, S.-Y. (2015). The use of serious games in science education: A review of selected empirical research from 2002 to 2013. *Journal of Computers in Education, 2*(3), 353–375. https://doi.org/10.1007/s40692-015-0039-9

Chiotaki, D., Poulopoulos, V., & Karpouzis, K. (2023). Adaptive game-based learning in education: A systematic review. *Frontiers in Computer Science, 5*(1062350), 1-8. https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1062350

Clark, D. B., Sengupta, P., Brady, C. E., Martinez-Garza, M. M., & Killingsworth, S. S. (2015). Disciplinary integration of digital games for science learning. *International Journal of STEM Education, 2*(2), 1-21. https://doi.org/10.1186/s40594-014-0014-4

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology, 32*, 444–452. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y

Dever, D. A., Amon, M. J., Vrzáková, H., Wiedbusch, M. D., Cloude, E. B., & Azevedo, R. (2022). Capturing sequences of learners' self-regulatory interactions with instructional material during game-based learning using auto-recurrence quantification analysis. *Frontiers in Psychology, 13*(813677). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.813677

Dever, D. A., Wiedbusch, M. D., Romero, S. M., Smith, K., Patel, M., Sonnenfeld, N., Lester, J., & Azevedo, R. (2023). Identifying the effects of scaffolding on learners' temporal deployment of self-regulated learning operations during game-based learning using multimodal data. *Frontiers in Psychology, 14*(1280566). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1280566

Doğan, M. (2023). *Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda zekâ oyunları kullanılmasının yedinci sınıf öğrenci başarısı ve öğrencilerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.

Fitriyah, I. J., Erlangga, S. Y., Muqoyyidin, A. W., & Aprilia, S. (2025). Exploring the role of moderators in the effectiveness of digital games for STEM education: A systematic review and meta-analysis. *Discover Education, 4(*297), 1-23. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00756-4

Goslen, A., Kim, Y. J., Rowe, J., & Lester, J. (2025). LLM-based student plan generation for adaptive scaffolding in game-based learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 35*, 533–558. https://doi.org/10.1007/s40593-024-00421-1

Gui, Y., Cai, Z., Yang, Y., Kong, L., Fan, X., & Tai, R. H. (2023). Effectiveness of digital educational game and game design in STEM learning: A meta-analytic review. *International Journal of STEM Education, 10*(36), 1-25. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00424-9

Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of artificial intelligence in school science: A systematic literature review. *Educational Media International, 60*(2), 125–150. https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2264990

Kaldaras, L., Haudek, K., & Krajcik, J. (2024). Employing automatic analysis tools aligned to learning progressions to assess knowledge application and support learning in STEM. *International Journal of*

*STEM Education, 11*(57). https://doi.org/10.1186/s40594-024-00516-0

Li, S., Zeng, C., Liu, H., Jia, J., Liang, M., Cha, Y., Lim, C. P., & Wu, X. (2025). A meta-analysis of AI-enabled personalized STEM education in schools. *International Journal of STEM Education, 12*(58), 1-17. https://doi.org/10.1186/s40594-025-00566-y

Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. *Smart Learning Environments, 10*(41), 1-22. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y

Liu, S., Grey, B., & Gabriel, M. (2023). "Winning could mean success, yet losing doesn't mean failure"—Using a mobile serious game to facilitate science learning in middle school. *Frontiers in Education, 8*(1164462). https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1164462

Millî Eğitim Bakanlığı (2021). *5, 6, 7 ve 8. sınıflar zekâ oyunları dersi öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/202152512057724-zeka_oyunlari.pdf

Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D., & Romig, C. (2013). Gaming science: The "gamification" of scientific thinking. *Frontiers in Psychology, 4*(607), 1-16. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607

National Research Council. (2012). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Ninaus, M., & Nebel, S. (2021). A systematic literature review of analytics for adaptivity within educational video games. *Frontiers in Education, 5*(611072), 1-16. https://doi.org/10.3389/feduc.2020.611072

Önal, Ş., & Çeltek, M. (2023). Oyun temelli öğrenmenin 5. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, tutum ve özyeterlikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Trakya Eğitim Dergisi, 13*(2), 786–816. https://doi.org/10.24315/tred.1067048

Özaslan, B., Koman, İ., Çakır, H., & Yıldız, E. (2026). Geleneksel ve dijital eğitsel oyunların beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ve eğitsel oyun akış deneyimlerine etkisinin incelenmesi. *Trakya Eğitim Dergisi, 16*(3), 1361–1402. https://doi.org/10.24315/tred.1736568

Pehlivan, H., & Şahin, E. (2025). Türkiye'de fen eğitiminde eğitsel oyunlara yönelik gerçekleştirilen çalışmaların incelenmesi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi, 11*(3), 468-499. DOI: https://dx.doi.org/10.30855/gjes.2025.11.03.003

Pınar, M. A., & Dönel Akgül, G. (2024). Hücre ve bölünmeler ünitesinin işlenmesinde eğitsel dijital oyunların etkisi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, 17,* 1–24. https://doi.org/10.21733/ibad.1441957

Pintrich, P. R., Wolters, C. A., & Baxter, G. P. (2000). Assessing metacognition and self-regulated learning. In G. Schraw & J. C. Impara (Eds.), *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 43–97). Buros Institute of Mental Measurements. https://digitalcommons.unl.edu/burosmetacognition/3

Sabourin, J. L., Shores, L. R., Mott, B. W., & Lester, J. C. (2013). Understanding and predicting student self-regulated learning strategies in game-based learning environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 23*, 94–114. https://doi.org/10.1007/s40593-013-0004-6

Snow, E. L., Likens, A. D., Allen, L. K., & McNamara, D. S. (2016). Taking control: Stealth assessment of deterministic behaviors within a game-based system. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26*, 1011–1032. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0085-5

Tene, T., Vique López, D. F., Valverde Aguirre, P. E., Cabezas Oviedo, N. I., Vacacela Gomez, C., & Bellucci, S. (2025). A systematic review of serious games as tools for STEM education. *Frontiers in Education, 10*(1432982), 1-29. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1432982

Tucker-Raymond, E., Puttick, G., Cassidy, M., Harteveld, C., & Troiano, G. M. (2019). "I broke your game!": Critique among middle schoolers designing computer games about climate change. *International Journal of STEM Education, 6*(41), 1-16. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0194-z

Ullah, M., Amin, S. U., Munsif, M., Yamin, M. M., Safaev, U., Khan, H., Khan, S., & Ullah, H. (2022). Serious games in science education: A systematic literature review. *Virtual Reality & Intelligent Hardware, 4*(3), 189–209. https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.02.001

Wang, L.-H., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J.-Q., & Wang, Y.-Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education, 9(*26), 1-13. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0

Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education, 9(*59), 1-20. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5

Yazıcıoğlu, S., & Çavuş-Güngören, S. (2019). Investigate the effect of game-based activities on middle school students' science learning according to achievement, motivation, attitude and gender variables. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education, 13*(1), 389–413. https://doi.org/10.17522/balikesirnef.584673

Yıldız, E. (2025). Dijital eğitsel oyunların öğrencilerin öğrenmelerine ve dijital oyun oynama motivasyonlarına etkisinin

incelenmesi. Benzer, S. & Gül, A. (Eds). *Fen eğitimi araştırmalarına güncel bakış – XIII* (s.15–30). Ankara: Akademisyen Kitabevi.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

# BÖLÜM 2

# FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE MATEMATİKSEL MODELLEME: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

**AYHAN ÇİNİCİ**[1]

## Giriş

Modelleme, günümüzde çağdaş fen ve matematik eğitiminin önemli bir bileşeni olarak, karmaşık gerçek yaşam olgularını temsil etme, açıklama ve bunlar üzerine akıl yürütme süreçlerinin merkezinde yer almaktadır. Fen eğitimi bağlamında modelleme, yalnızca bilimsel bilgiyi görselleştirmeye veya açıklamaya yarayan bir araç olarak değil; öğrencilerin olgulara ilişkin temsiller oluşturduğu, bu temsilleri kullandığı, değerlendirdiği ve gerektiğinde yeniden düzenlediği epistemik bir uygulama olarak ele alınmaktadır (Schwarz vd., 2009). Matematiksel modelleme ise, gerçek yaşam durumlarının sadeleştirilip yapılandırılması, matematiksel temsillere dönüştürülmesi, matematiksel işlemler yoluyla incelenmesi ve elde edilen sonuçların yeniden başlangıçtaki bağlam içerisinde yorumlanması süreci olarak ele alınmaktadır (Blum & Leiß, 2007; Kaiser & Sriraman, 2006). Dolayısıyla bu iki

[1] Prof. Dr., Ordu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Fen Bilgisi Eğitimi, Orcid: 0000-0002-3897-5511

yaklaşım (yani bilimsel modelleme ve matematiksel modelleme) ortak bir terminoloji paylaşsa da *model* ve *modelleme* kavramlarına yüklenen anlam ve işlevler bakımından aralarında bazı önemli farklar bulunmaktadır (Oliva, 2019). Nitekim Østergaard vd., (2025), modelleme uygulamalarının ve matematikselleştirmenin STEM (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) disiplinleri arasında farklı biçimlerde ele alınabildiğini ve bu durumun fen ve matematik eğitiminin kesişiminde çalışan öğretmenler açısından önemli zorluklar yaratabileceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, fen bilgisi öğretmen eğitiminde, aday öğretmenlerin bilimsel olguları modellemelerinin yanı sıra, bu olguların nicel boyutlarını matematiksel modelleme yoluyla ele alabilmeleri, fen öğretiminin disiplinler arası doğası açısından önemli bir yeterlik olarak değerlendirilmektedir (Kenan & Polat, 2024).

Çağdaş fen eğitiminde nicel akıl yürütme, karmaşık olguları analiz etme, değişkenler arasındaki ilişkileri keşfetme ve bilimsel süreçlerde anlamlı tahminlerde bulunma yetkinlikleri, öğrencilerin fen bilimlerinde karşılaştıkları problemleri derinlemesine anlamalarına, değişkenler arasındaki mantıksal bağlantıları tespit etmelerine ve matematiksel denklikleri doğru terminolojiyle işlem süreçlerine entegre etmelerine olanak tanır (Büyükbayraktar vd., 2024). Bilimsel olguların matematiksel temsillerle ilişkilendirilmesi süreci, değişkenler arasındaki nicel bağıntıların modelleme yoluyla somutlaştırılmasını ve bu operasyonların doğa olaylarıyla tutarlı bir şekilde yapılandırılmasını gerektirir (Kaldaras & Wieman, 2023). Bu nedenle matematiksel modelleme, matematik ile bütünleşik STEM eğitimi arasında işlevsel bir köprü oluşturabilecek bir yaklaşım olarak önerilmektedir (Kertil & Gürel, 2016). Ancak böyle bir köprünün işlevsel olabilmesi, büyük ölçüde öğretmenlerin kendi modelleme yeterliklerine bağlıdır. Fen bilgisi öğretmen adayları model oluşturma, matematikselleştirme, yorumlama veya doğrulama gibi süreçlerde kendileri güçlük yaşıyorsa, öğrencileri

için hem otantik hem de bilişsel açıdan nitelikli modelleme deneyimleri tasarlama ve yürütmede de zorlanmaları olasıdır.

Öğretmen eğitimi alanında yürütülen güncel çalışmalar, öğretmen adaylarının modelleme sürecinin çeşitli aşamalarında güçlüklerle karşılaştıklarını ve modelleme yeterliklerinin yalnızca alan bilgisine dayalı hazırlığın doğal bir sonucu olarak gelişmediğini göstermektedir (Deniz & Yıldırım, 2018; Göhner vd., 2022; Kenan & Polat, 2024; Xue vd., 2025). Daha geniş kapsamlı literatür incelemeleri de öğretmen yetiştirmenin, çağdaş öğretim programlarında modellemeye giderek artan biçimde verilen önemle henüz tam olarak örtüşmediğine işaret etmektedir (Cevikbas vd., 2021). Öğretim programlarında modellemeye ilişkin beklentiler ile öğretmenlerin bu beklentileri karşılamaya yönelik hazırlıkları arasındaki bu uyumsuzluk, fen bilgisi öğretmen adaylarının yetkin matematiksel modelleyiciler olmalarının ne anlama geldiği ve dolayısıyla bu yeterliğin öğretmen eğitimi sürecinde nasıl kavramsallaştırılması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesi gerektiği sorularını gündeme getirmektedir.

## 2. İki Modelleme Geleneği ve Kavramların Birbirine Karıştırılması Sorunu

Fen bilgisi öğretmen ya da öğretmen adaylarının modelleme yeterliklerine yönelik literatüre dair bir değerlendirme yapabilmek için öncelikle “modelleme” kavramı altında sıklıkla bir araya getirilen iki farklı araştırma geleneğinin birbirinden ayrıştırılması gerekir. Bunlardan ilki, matematik eğitimi alanında kökleri bulunan *matematiksel modelleme* geleneğidir. Bu yaklaşımda modelleme; karmaşık bir gerçek yaşam durumuyla başlayan, bu durumun sadeleştirilmesiyle bir gerçek modelin oluşturulmasını, ardından matematiksel modele dönüştürülmesini, matematiksel işlemlerin yürütülmesini ve elde edilen sonuçların yorumlama ve doğrulama

yoluyla başlangıçtaki duruma yeniden bağlanmasını içeren döngüsel bir süreç olarak ele alınmaktadır (Blum & Leiß, 2007).

Konuyla ilgili deneysel çalışmalar, bireylerin bu aşamalar arasında düzenli ve doğrusal bir sıra izlemekten ziyade, aşamalar arasında ileri-geri geçişler yaptıklarını, bazı aşamaları atladıklarını veya önceki aşamalara yeniden döndüklerini göstermektedir. Özellikle aşamalar arasındaki geçişler, modelleme sürecindeki güçlüklerin yoğunlaştığı noktalar olarak öne çıkmaktadır (Borromeo Ferri, 2006). Bunun yanı sıra, uluslararası araştırmalar matematiksel modelleme geleneğinin de tek bir yaklaşımdan oluşmadığını; *gerçekçi*, *bağlamsal*, *eğitsel*, *sosyo-kritik* ve *epistemolojik* perspektifler gibi farklı yönelimleri bünyesinde barındırdığını ve bu perspektiflerin modellemenin amaçlarına ilişkin farklı öncelikler taşıdığını ortaya koymaktadır (Kaiser & Sriraman, 2006). Bu perspektiflerden *gerçekçi* veya *uygulamalı modelleme*, gerçek yaşam problemlerinin çözümüne ve modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine odaklanarak özellikle bilim ve endüstri bağlamlarından alınan otantik durumların matematiksel olarak ele alınmasını öne çıkarmaktadır. *Bağlamsal modelleme*, öğrencilerin anlamlı gerçek yaşam durumlarını matematiksel olarak yapılandırmalarına ve kendi matematiksel modellerini geliştirmelerine vurgu yaparken, *sosyo-kritik modelleme* matematiğin toplumsal yaşamdaki rolünü ve matematiksel modellerin toplumsal işlevlerini sorgulayan eleştirel bir yaklaşım benimsemektedir. Buna karşılık *epistemolojik modelleme*, gerçek yaşam bağlamından ziyade matematiksel yapıların ve teorilerin geliştirilmesine odaklanarak matematik içi modelleme süreçlerini kapsamaktadır. Bu farklı perspektifler, matematiksel modellemenin tek ve homojen bir yaklaşım olmadığını; modellemenin amacı, ele alınan bağlam ve modelleme sürecine yüklenen anlam bakımından farklılaşan kuramsal yönelimlerin bulunduğunu göstermektedir (Kaiser & Sriraman, 2006).

Matematik eğitimindeki bu farklı modelleme perspektifleri, öğretmen eğitimi açısından yalnızca kuramsal ayrıntılar değildir; aksine öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarını, sundukları görevlerin niteliğini ve pedagojik kararlarını şekillendiren temel çerçevelerdir (Steffensen & Kasari, 2023). Örneğin, ağırlıklı olarak *gerçekçi* bir perspektifi benimseyen bir öğretmen, öğrencinin oluşturduğu bir modeli öncelikle modelden elde edilen sonuçların gerçek dünyadaki değerlere ne ölçüde karşılık geldiği üzerinden değerlendirebilir. Buna karşılık, *eğitsel* veya *epistemolojik* bir perspektifi benimseyen bir öğretmen, öğrencinin model oluşturma sürecindeki akıl yürütmesine ve modelin sınırlarının farkında olmasına daha fazla önem verebilir. Ya da *sosyo-kritik* bir perspektifi benimseyen bir öğretmen, öğrencilerin toplumsal meseleleri (çevre kirliliği, kaynakların adil dağılımı vb.) anlamlandırmasına ve bu meselelere karşı bir vatandaşlık sorumluluğu üstlenerek çözüm üretmesine (eylem) daha fazla odaklanabilir. Dolayısıyla öğretmenin benimsediği modelleme perspektifi; sınıfta neyi öğreteceğini, hangi öğrenci performanslarını değerli göreceğini ve hangi bilişsel süreçleri fark edeceğini doğrudan etkileyebilir (Krainer vd., 2015; Steffensen & Kasari, 2023). Bununla birlikte, öğretmen adaylarının önemli bir bölümü benimsedikleri modelleme perspektiflerini açık biçimde sorgulamadıkları için, bu perspektifleri çoğu zaman örtük biçimde edinmektedir. Bu durum, özellikle kendi okul deneyimleri sırasında ödüllendirilen modelleme anlayışının sorgulanmadan yeniden üretilmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle, farklı modelleme perspektiflerinin görünür hâle getirilmesi ve eleştirel biçimde sorgulanması öğretmen eğitiminin meşru amaçlarından biri olarak değerlendirilebilir (Steffensen & Kasari, 2023).

İkinci gelenek ise kökleri fen eğitimi alanında bulunan *bilimsel modelleme* geleneğidir. Bu yaklaşımın temel odağı, gerçek yaşam durumlarının matematiksel yapılara dönüştürülmesinden ziyade, doğal olguları açıklamak ve öngörmek amacıyla modellerin

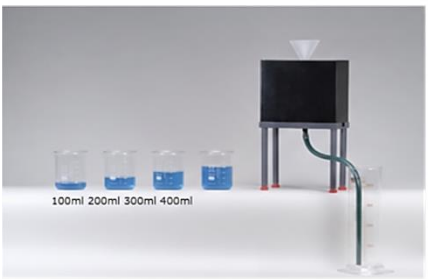
geliştirilmesi, sınanması ve yeniden düzenlenmesidir. Bu gelenek, üst-modelleme bilgisine (*meta-modeling knowledge*), yani modellerin ne olduğuna, bilim insanlarının modelleri neden kullandıklarına ve modellerin nasıl değişip geliştirildiğine ilişkin anlayışa, bilimin doğasına ilişkin bilgiyle birlikte özel bir önem atfetmektedir (Justi & Gilbert, 2002; Schwarz vd., 2009). Bu çerçevede modelleme; bilişsel, üstbilişsel, sosyal, maddi ve epistemolojik boyutları bulunan bir öğrenme pratiği olarak ele alınmaktadır (Louca & Zacharia, 2012). Dolayısıyla bilimsel modelleme geleneğinde bilgi, uygulama ve ürünler etrafında yapılandırılan kendine özgü bir modelleme yeterliği anlayışı geliştirilmiştir (Chiu & Lin, 2019).

Bu iki gelenek (bilimsel ve matematiksel modelleme) belirli noktalarda örtüşmekle birlikte özdeş değildir ve kavramsal belirsizlik de tam olarak bu kesişim noktasında ortaya çıkmaktadır. Örneğin, “hareket” konusuyla ilgili verilere ilişkin ikinci dereceden bir fonksiyon geliştiren bir fizik öğretmeni, Blum ve Leiß (2007)'in yaklaşımı açısından matematiksel modelleme gerçekleştirirken; “av-avcı ilişkisi”ni açıklamak amacıyla kavramsal bir model oluşturan ve bu modeli yeni kanıtlara göre yeniden düzenleyen bir biyoloji öğretmeni, Schwarz ve arkadaşlarının (2009) yaklaşımı çerçevesinde bilimsel modelleme gerçekleştirmektedir. Her iki süreç de “modelleme” olarak adlandırılsa da gerektirdiği yeterlikler aynı değildir. Sorun, fen öğretmenlerinin “modelleme” yeterliklerini ele alan araştırmaların önemli bir bölümünün, çoğu zaman bunu açıkça belirtmeden bilimsel modelleme çerçevesini benimsemesidir. Bu durum özellikle katılımcıların gizli bir mekanizmayı çıkarsamalarının beklendiği [ileriki sayfalarda detaylandırılacak olan] ***kara kutu*** (*bkz. Şekil 1*) türü görevlerde belirginleşmektedir (Göhner & Krell, 2020; Göhner vd., 2022; Xue vd., 2025).

*Şekil 1. Su Kara Kutusu Modelleme Görevi*

Kara kutunun iç yapısı bilinmemektedir. Lütfen aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, üç aşamalı deney yoluyla kara kutunun iç yapısını çıkarsayınız. Her defasında farklı hacimde bir beher seçilmiş (100ml, 200ml, 300ml, 400ml) veya aynı hacimdeki beher art arda kullanılmıştır; bu sular kara kutunun üstündeki huniye dökülmüş ve dereceli silindirin ölçeğindeki değişim gözlemlenmiştir.

Her aşamadaki deneysel verilere dayanarak, kara kutunun iç yapısını göstermek üzere lütfen olası modeller çiziniz. Çiziminizi yaparken zihninizdekileri ifade etmeye yardımcı olması için sözcükler semboller vb. de kullanabilirsiniz. Önemli olarak, lütfen "sesli düşününüz" ve konuşmanızı kaydediniz. Bu görevi tamamlamak için 20 dakikanız vardır.




**Verilen girdi ve çıktı verilerine göre, her aşamada kara kutunun iç sistemine ait bir modeli çiziniz.**

**(1) Birinci aşama:**

Girdi: 400, 400
Çıktı: 0, 400

**(2) İkinci aşama:**

Girdi: 400, 400, 400, 400

Çıktı: 0, 400, 600, 400

**(3) Üçüncü aşama:**

Girdi: 400, 400, 400, 400, 400, 400

Çıktı: 0, 400, 600, 400, 0, 1000

*Kaynak: Xue vd., 2025 (s. 259)*

Dolayısıyla bu iki modelleme geleneğinin birbirine karıştırılması yalnızca terminolojik bir ayrıntı değildir. Hangi yeterlikten söz edildiği açıkça ortaya konulmadığında, bu yeterliğin ölçülmesi, öğretim yoluyla geliştirilmesi ve elde edilen araştırma sonuçlarının yorumlanması da güçleşmektedir. Bu nedenle kavramsal açıklık, modelleme araştırmalarında güvenilir bir araştırma programının öncelikli koşullarından biridir; bu açıklığın eksikliği ise alanın gelişimini sınırlayan önemli sorunlardan biri olarak değerlendirilebilir.

## 3. Yapının Kavramsallaştırılması

Literatürde modelleme yeterliğinin nasıl yapılandırılması gerektiğine ilişkin iki temel yaklaşım öne çıkmaktadır ve bu yaklaşımlar bazı yönleriyle birbiriyle tam olarak örtüşmemektedir. Bunlardan ilki, analitik ve aşağıdan yukarıya (*bottom-up*) bir

yaklaşımdır. Bu yaklaşımda modelleme yeterliği, modelleme döngüsünün aşamalarıyla uyumlu alt yeterliklere ayrılmaktadır. Buna göre problem durumunu anlama ve sadeleştirme, matematikselleştirme, matematiksel çalışma, sonuçları yorumlama ve sonuçları gerçeklikle karşılaştırarak doğrulama gibi süreçler birbirinden ayırt edilebilen alt yeterlikler olarak ele alınmaktadır (Blum & Leiß, 2007; Maaß, 2006). Cevikbas vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen bir sistematik derleme çalışmasında, bu aşağıdan yukarıya yaklaşımın alandaki baskın yaklaşım olduğu ve kullanılan ölçme araçlarının büyük ölçüde bu birbirinden ayrılabilir alt yeterlikleri belirlemeye yönelik olarak geliştirildiği belirtilmektedir. Hankeln vd., (2019)'da benzer şekilde, alt yeterlik alanlarındaki bu ayrımı destekleyerek; sadeleştirme, matematikselleştirme, yorumlama ve doğrulama gibi alt boyutların tek bir genel yeterlik altında birleştirmek yerine birbirinden farklı boyutlar olarak modellenebileceğine işaret etmektedir. İkinci yaklaşım ise bütüncül (*holistic*) bir modelleme yeterliği anlayışıdır. Bu yaklaşım, yetkin bir modelleme performansının yalnızca modelleme döngüsünün aşamalarında sergilenen becerilerin toplamından ibaret olmadığını savunmaktadır. Buna göre modelleme yeterliği, sürecin tamamını yönlendirmeyi sağlayan üstbilişsel kontrolün yanı sıra, bireyin modelleme sürecine katılmasını ve bu süreçte çaba göstermesini sağlayan eğilimleri de kapsamaktadır (Maaß, 2006; Blum, 2015). Maaß (2006), tutum ve inançları da modelleme yeterliği kavramının içerisine dâhil etmektedir. Bununla birlikte, sonraki ölçme çalışmalarında daha kolay tanımlanabilen bilişsel boyutlara odaklanılması, bu unsurların çoğu zaman göz ardı edilmesine yol açmıştır.

Sonuç olarak, analitik ve bütüncül yaklaşımlar arasındaki bu gerilim henüz tam olarak çözümlenmiş değildir ve bu durum, yeterliğin nasıl ölçüleceğinden hangi boyutların önemli kabul edileceğine kadar araştırma sürecinin sonraki aşamalarını da

etkilemektedir. Bir ölçme aracı bu yaklaşımlardan yalnızca birine dayandığında, diğer yaklaşımın temel olarak gördüğü bazı unsurları sistematik biçimde gözden kaçırabilir. Modellemeye yönelik eğilimler de bu bağlamda daha fazla dikkat çekmektedir. Modelleme, yoğun bilişsel çaba gerektiren ve belirsizliğe yüksek düzeyde tolerans göstermeyi gerektiren bir süreçtir. Bu nedenle, bir öğretmen adayının açık uçlu ve tek bir doğru çözüm yolunun bulunmadığı bir problem üzerinde ısrarla çalışmaya devam etme isteği, yalnızca motivasyonla ilişkili ayrı bir özellik olarak değil, modelleme yeterliğinin bir parçası olarak değerlendirilebilir (Maaß, 2006). Öğretmen eğitimi bağlamındaki tasarım temelli çalışmalar, modellemeye yönelik tutumların bilinçli olarak değiştirilebileceğini ve bu değişimlerin modelleme yeterliğindeki gelişmelerle birlikte ortaya çıkabildiğini göstermektedir (Durandt, 2021). Dolayısıyla ölçme araçlarının daha açık ve sınırları belirgin bilişsel boyutları ölçme amacıyla eğilimleri dışarıda bırakması, müfredatın önem verdiği modelleme yeterliğinden daha dar bir yapının ölçülmesine neden olabilir.

Fen eğitimi alanında ise ilk iki yaklaşıma doğrudan indirgenemeyecek üçüncü bir kavramsallaştırma bulunmaktadır. Bu yaklaşımda modelleme yeterliği; üst-modelleme bilgisi, modelleme pratiği ve modelleme ürünleri olmak üzere üç bileşen üzerinden ele alınmaktadır (Chiu & Lin, 2019; Göhner vd., 2022). Bu çerçevenin önemli bir avantajı, bireyin modeller hakkında ne bildiğini, modelleme sürecinde ne yapabildiğini ve sonuç olarak ne ürettiğini birbirinden ayırmasıdır. Buna göre üst-modelleme bilgisi, bireyin modellerin doğası, amacı, kullanım alanları ve değerlendirme kriterleri hakkındaki epistemolojik farkındalığını ve bu süreçlere dair yansıtıcı düşünme becerisini kapsamaktadır. Modelleme pratiği ise bir fenomeni parçalara ayırma (analiz), ilişkisel akıl yürütme, sentezleme ve test etme gibi modelleme döngüsü boyunca sergilenen bilişsel ve işlemsel eylemleri ifade eder. Son olarak modelleme

ürünleri, bu bilişsel süreçlerin somut çıktıları olan ve modelleyicinin zihinsel modellerinin dışsal temsillerini (çizimler, üç boyutlu yapılar veya bilgisayar simülasyonları gibi) oluşturan modelleme ürünleridir. Bu bileşenlerin ayrıştırılması, eğitimcilere öğrencilerin modelleme sürecinde karşılaştıkları spesifik bilişsel engelleri daha net teşhis etme ve modelleme eğitimini hem epistemolojik hem de pratik düzeyde daha sistematik bir şekilde destekleme avantajı sunar (Louca & Zacharia, 2012).

Fen bilgisi öğretmenleri söz konusu olduğunda ise modelleme yeterliğinin kavramsallaştırılmasına bir katmanın daha eklenmesi gerekmektedir. Çünkü modelleme yapabilmek, modellemeyi öğretebilmek için tek başına yeterli değildir. Modelleme öğretimi; uygun modelleme görevlerini seçmeye ve öğrencilerin düşünme süreçlerine müdahale ederken onların düşünsel sorumluluğunu üstlenmemeye ilişkin modellemeye yönelik pedagojik alan bilgisini gerektirmektedir (Greefrath vd., 2022). Bunun yanı sıra öğretmenin gerçek bir modelleme dersi sırasında hangi unsurların pedagojik açıdan önemli olduğunu fark edebilmesini sağlayan duruma özgü fark etme becerisi de önem taşımaktadır (Alwast & Vorhölter, 2021). Dolayısıyla bir öğretmen adayı, kendi başına güçlü bir modelleyici olduğu hâlde modelleme öğretiminde yetersiz olabilir ya da bunun tersi söz konusu olabilir. Bu iki yeterliği birbirine indirgemek, modelleme yeterliğinin kavramsallaştırılmasında göz ardı edilmemesi gereken bir başka önemli kavramsal sorun oluşturmaktadır.

## 4. Öğretmen Adaylarının Modelleme Becerilerine İlişkin Çalışmalar

Konuyla ilgili deneysel çalışmalar, öğretmen ve öğretmen adaylarının modelleme becerilerinin genel olarak sınırlı düzeyde olduğunu ve bu becerilerin modelleme döngüsünün farklı aşamalarında eşit düzeyde gelişmediğini göstermektedir (Deniz ve

Yıldırım, 2018). Fen bilgisi öğretmen ve öğretmen adaylarıyla gerçekleştirdikleri bir çalışmada Kenan ve Polat (2024), katılımcıların en başarılı oldukları boyutun problemi anlama, en fazla zorlandıkları boyutların ise sadeleştirme ve yapılandırma olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, özellikle modelleyicinin hangi bilgilerin korunacağına ve hangilerinin göz ardı edileceğine karar vermesini gerektiren, yargılamaya dayalı erken modelleme aşamalarındaki güçlükleri görünür kılmaktadır. Çalışmada ayrıca iki dikkat çekici örüntü rapor edilmiştir. Öğretmen adayları, görevdeki öğretmenlere kıyasla daha düşük performans göstermiş; bunun yanında modelleme yeterliği fizik alanında en yüksek, biyoloji ve kimya alanlarında ise daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde, Deniz ve Yıldırım, (2018) öğretmen adaylarının, fizik (serbest düşme) ile ilişkisi daha belirgin olan etkinlikte daha iyi performans sergiledikleri; ancak daha karmaşık ve alışılagelmiş kalıpların dışındaki ikinci etkinlikte (ineklerin beslenmesi) disiplinler arası bağlantı kurmakta çok daha fazla zorlandıkları bulgusuna ulaşmıştır. Çalışma sonucunda, fen bilgisi öğretmen adaylarının teorik bilgiyi gerçek hayat problemleriyle bütünleştirme ve matematiksel modeller aracılığıyla çözüm üretme noktasında ciddi desteğe ihtiyaç duyduklarını göstermiştir. Göhner ve Krell (2020) ise, bilimsel modelleme sürecini içeren bir "*kara kutu*" (black-box) etkinliği yoluyla, fen bilgisi öğretmen adaylarının kullandığı modelleme tipolojisini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada kullanılan "*Su kara kutusu*", iç yapısı doğrudan gözlemlenemeyen; sisteme verilen su miktarının (girdi) ve sistemden çıkan su miktarının (çıktı) gözlemlenmesi yoluyla sistemin işleyişinin çıkarılmaya çalışıldığı bir düzenek olarak tasarlanmıştır. Bu düzenekte *kara kutu* doğal bir fenomeni, işleyişini keşfetme süreci ise bilimsel keşfi temsil etmektedir. Etkinlik sırasında katılımcıların sesli düşünme yoluyla kara kutunun iç yapısına ilişkin bir model oluşturmaları istenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, fen bilgisi öğretmen adaylarının modelleme düzeyleri stratejik karmaşıklık ve

homojenlik temelinde altı farklı tipte sınıflandırılmıştır. Bu tipoloji; yalnızca veri toplamaya odaklanan "sadece keşif" düzeyinden, modelleri kullanarak kutunun davranışları hakkında defalarca öngörüde bulunulan "tekrarlı tahmin" düzeyine kadar değişen bir yelpaze sunmuştur. Araştırma sonuçları, öğretmen adaylarının yaklaşık yarısının modellerini sadece betimsel birer çizim olarak değil, sistemin işleyişini öngörmek için kullanılan epistemik bir araç seviyesine taşıyabildiğini göstermiştir. Ancak en karmaşık stratejiyi benimseyen adayların dahi, kutunun işleyişine dair olası bir çözüm bulduklarında süreci durdurdukları; modellerini yanlışlamaya veya alternatif hipotezleri sistematik olarak test etmeye çalışmadıkları tespit edilmiştir. Göhner ve Krell (2020) öğretmen adaylarının yaşadığı bu güçlüğün yalnızca teknik bir yetersizlik olmadığını, aynı zamanda epistemik bir belirsizlik olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada ise, Göhner vd. (2022), fen bilgisi öğretmen adaylarının meta-modelleme bilgisi, modelleme pratiği ve modelleme ürünleri arasındaki ilişkileri incelemiş ve bu üç bileşenin başlangıçta varsayıldığı gibi pozitif yönde ilişkili olmadığını ortaya koymuştur. Çalışmada, modelleme sürecinin karmaşıklığı ile ortaya konulan ürünün niteliği arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Öğretmen adayları ile görevdeki öğretmenleri karşılaştıran Xue vd. (2025) de benzer bir sonuca ulaşmıştır. Görevdeki öğretmenlerin meta-modelleme bilgileri daha yüksek olmakla birlikte, iki grubun modelleme pratiği ve ürünleri bakımından birbirine benzer ve genel olarak yetersiz performans sergilediği görülmüştür. Ayrıca meta-modelleme bilgisi ile katılımcıların modelleme sürecinde fiilen gerçekleştirdikleri uygulamalar arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Engelschalt vd. (2026) ise görüşmeler aracılığıyla bu bulguyu daha ileri taşımış; model oluşturma sürecinin ağırlıklı olarak alan bilgisine dayandığını, modellerin revize edilmesinin ise alan bilgisi ile meta-modelleme bilgisinin etkileşimini gerektirdiğini göstermiştir. Bunun yanı sıra, adayların bir test sırasında sergiledikleri meta-modelleme bilgisinin, modelleme sürecinde

fiilen kullandıkları bilgiyle örtüşmediği belirlenmiştir. Birlikte değerlendirildiğinde bu çalışmalar, önemli bir varsayımı sorgulamaktadır: Modeller hakkında bilgi sahibi olmak ile model oluşturabilmek aynı yeterliğin iki yüzü müdür? Bulgular, özellikle acemi modelleyiciler açısından bunun böyle olmadığını ve bu durumun hem değerlendirme hem de öğretim açısından önemli sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Bu çerçevede Østergaard vd. (2025), farklı STEM disiplinlerinde öğretmenlerin bilimsel modellere ve matematikselleştirmenin bu modellerdeki rolüne ilişkin inançlarını incelemiştir. Nitel olarak tasarlanan çalışmada iki lise öğretmeniyle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler analiz edilmiştir. Bulgular, öğretmenlerin modelleri ağırlıklı olarak bilimsel olguları görselleştiren ve karmaşık kavramları basitleştiren didaktik temsiller (*models of*) olarak [yani "olası bir gerçekliğin idealleştirilmesi" yerine, daha çok "gözlemlenen gerçekliğin bir tasviri veya temsili" olarak] gördüklerini; modellerin yeni bilgi üretme ve öngörüde bulunma işlevlerini (*models for*) ise yeterince vurgulamadıklarını göstermiştir. Öğretmenlerin matematikselleştirmeye ilişkin anlayışları da disiplinlerine göre farklılaşmış; biyoloji öğretmeni matematiği daha çok açıklayıcı/illüstratif bir araç olarak değerlendirirken, kimya öğretmeni matematiği modelleme ve deneysel süreçlerin daha temel ve düzenleyici bir bileşeni olarak görmüştür. Ayrıca öğretmenlerin öğrencilerin kendi modellerini oluşturduğu aktif modelleme süreçlerine sınırlı yer verdikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar bu bulguları, öğretmenlerin modelleri statik ve betimleyici araçlar olarak ele alan inançlarının, öğrencilerin modellerin epistemik işlevlerini kavramalarının önünde sınıf içinde görünmeyen bir engel oluşturabileceği şeklinde yorumlamıştır. Bu bağlamda çalışma, matematikselleştirmenin yalnızca hesaplama aracı olmadığını, bilimsel modellerin epistemik işlevlerinin anlaşılması ve disiplinler arası bilgi geçişlerinin kurulması açısından da önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Gouvea ve Passmore (2017) modellerin sadece

dünyanın birer temsili (*models of*) olarak değil, bir modelleyicinin (bilim insanı veya öğrenci) dünyayı anlamlandırmak, fenomenler hakkında öngörülerde bulunmak veya nedensel mekanizmaları aydınlatmak için stratejik olarak kullandığı araçlar (*models for*) olarak anlaşılması gerektiğini savunmaktadır. Bu bakış açısına göre modelleme süreci, modelin fenomeni ne derece temsil ettiğini belirleyen "*temsili eksen*" ile modelin hangi bilgiyi üretmek için kullanıldığını belirleyen "*epistemik eksenin*" kesişiminde gerçekleşen üretken bir anlamlandırma sürecidir.

Bu çalışmalar birlikte ele alındığında, öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının modelleme sürecinin yapısı kendilerine hazır biçimde sunulduğunda prosedürü çoğu zaman takip edebildiklerini; ancak modelleme sürecinin yapısını kendilerinin oluşturması gerektiğinde zorlandıklarını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, neyin sadeleştirileceğine, hangi varsayımların yapılacağına ve bir modelin ne zaman yeterince uygun olduğuna karar verme aşamalarında belirgin güçlükler ortaya çıkmaktadır. Bu durum, modellemenin epistemik çekirdeğini oluşturmaktadır ve mevcut araştırmalar da en önemli zayıflıkların tam olarak bu noktada ortaya çıktığını göstermektedir (Göhner & Krell, 2020; Kenan & Polat, 2024). Dolayısıyla modeller, sadece ders kitaplarındaki şekillerin kopyalanması aşamasından çıkarılarak, öğrencilerin karmaşık sistemlerin neden-sonuç ilişkilerini keşfetmek ve alternatif hipotezleri test etmek için başvurdukları işlevsel birer "epistemik araç" olarak sınıf ortamına dahil edilmelidir (Gouvea & Passmore, 2017). Kenan ve Polat'ın (2024) ortaya koyduğu fizik alanındaki avantaj da bu çerçevede değerlendirilebilir. Fizikte serbest düşme veya kuvvet-hareket ilişkileri gibi birçok olgu, literatürde yerleşmiş denklemler ve standart matematiksel modeller aracılığıyla temsil edilebildiğinden, öğretmen adayları hazır formüllere başvurarak modelleme sürecinin sadeleştirme, varsayımda bulunma ve değişkenler arasındaki ilişkileri yapılandırma gibi bilişsel açıdan

daha zorlayıcı aşamalarını sınırlı ölçüde deneyimleyebilmektedir. Bu durum, matematiğin ilgili fenomeni yapılandıran bir araçtan çok, işlemsel bir teknik araç olarak kullanılmasına yol açabilmektedir. Buna karşılık biyoloji ve kimya gibi disiplinlerde hazır matematiksel şablonların daha sınırlı olması, öğretmen adaylarını hangi değişkenlerin önemli olduğuna karar verme, sistemi sınırlandırma ve ilişkileri matematiksel olarak yapılandırma gibi epistemik kararları doğrudan üstlenmeye yöneltmektedir. Dolayısıyla bu disiplinlerdeki modelleme süreçleri, gerçek dünya ile matematiksel temsil arasındaki çeviriyi daha görünür hâle getirerek, öğretmen adaylarının sadeleştirme, varsayımda bulunma ve yapılandırma becerilerini daha belirgin biçimde ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle öğretmen eğitiminde, adayların yalnızca model kullanmayı değil, matematiksel ve bilimsel modelleri kendilerinin oluşturduğu, test ettiği, yeniden yapılandırdığı ve modeller aracılığıyla akıl yürüttüğü deneyimler yaşamaları önem taşımaktadır (Østergaard vd., 2025).

Bununla birlikte, mevcut bulguların tümü olumsuz değildir. Kimya alanında gerçekleştirilen kısa süreli bir modelleme eğitiminin, Norveçli öğretmen adaylarının modellerin kapsamı ve sınırlılıklarına ilişkin anlayışlarını geliştirdiği ve üstbilişsel farkındalık ile eleştirel düşünmeyi desteklediği görülmüştür (Aalbergsjø & Sollid, 2021). Ancak, çalışmanın tek günlük bir öğretim sürecinin ardından odak grup görüşmeleriyle yürütülmüş olması, söz konusu kazanımların sınıf ortamındaki uygulamalara ne ölçüde yansıdığını veya zaman içerisinde korunup korunmadığını belirlemeye olanak vermemektedir. Bu sınırlılık, mevcut literatürdeki çalışmaların önemli bir bölümü için de geçerlidir ve aşağıdaki bölümlerde ayrıca ele alınacaktır.

## 5. Modelleme Becerilerinin Değerlendirilmesi

Değerlendirme boyutu, alandaki kavramsal farklılıkların uygulamada nasıl karşılık bulduğunu en açık biçimde ortaya koyan

alanlardan biridir. Matematik ve fen eğitiminde modelleme becerilerinin değerlendirilmesine yönelik araştırmalarda baskın olarak kullanılan değerlendirme araçları, çoğunlukla belirli bir çalışma için geliştirilmiş, standartlaştırılmamış testlerden oluşmaktadır (Cevikbas vd., 2021; Nicolaou & Constantinou, 2014). Bu araçlar, geliştirildikleri araştırmanın amacı açısından çoğu zaman işlevsel ve özenli biçimde tasarlanmış olsa da farklı çalışmalar arasında kullanılan araçların çeşitliliği karşılaştırma yapmayı büyük ölçüde güçleştirmektedir.

Bununla birlikte, değerlendirme yaklaşımları içerisinde birbirinden ayrıştırılması gereken birkaç temel yönelim bulunmaktadır. Modelleme yeterliğini oluşturan alt becerileri ayrıntılı biçimde tanımlayan testeler, bu alt becerilerin birbirinden bağımsız boyutlar olarak ölçülebileceğine ilişkin umut verici bulgular sunmaktadır (Hankeln vd., 2019). Rubrik temelli yaklaşımlar ise performansı önceden tanımlanmış yeterlik düzeyleriyle ilişkilendirebilmektedir. Örneğin, Kohen & Gharra-Badran, (2022) tarafından fen ve mühendislik bağlamındaki modelleme problemleri için geliştirilen rubrik, modelleme sürecinin her bir aşamasındaki performans düzeylerini uluslararası düzeyde kabul gören PISA yeterlik tanımlarıyla ilişkilendirerek sonuçların yorumlanabilirliğini artırmıştır. Çalışmada, her bir modelleme sürecinde farklı yeterlik düzeylerini açık ve tutarlı biçimde birbirinden ayırt etmeyi sağlayan ölçütler belirlenmiştir. Bu ölçütler, farklı modelleme süreçlerinin somut ve kuramsal olarak tanımlanmasına olanak sağlayarak, öğretmen ve öğrencilerin modelleme yeterliklerini ve modellemeye ilişkin anlayışlarını geliştirmelerini destekleyebilecek, açık ve yapılandırılmış bir matematiksel modelleme çerçevesi sunmuştur.

Diğer taraftan performansa dayalı görevler ise, düşünme protokolleri ve çizimler aracılığıyla modelleme sürecini doğrudan ortaya koyabildiği için fen eğitimi alanında katılımcıların

modelleme becerilerinin incelenmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Göhner vd., 2022; Xue vd., 2025). Modelleme yeterliğinin öğretim boyutuna ilişkin olarak ise video temelli araçlar, öğretmen adaylarının modelleme bağlamındaki önemli durumları fark etme (*noticing*) becerilerini değerlendirmektedir. Bu araçların geliştiricileri, içerik, öge ve yapı geçerliğine ilişkin çeşitli kanıtlar sunmuştur (Alwast & Vorhölter, 2021). Gözlem protokolleri ise bu yaklaşımı gerçek ders uygulamalarına taşıyarak; modellemeye dayalı öğretim performansına ilişkin göstergeleri ve yeterlik düzeylerini tanımlamaktadır. Bununla birlikte, bu araçların ilk uygulamalarında derslerin büyük bölümünün düşük düzeylerde gerçekleştiği belirlenmiştir (Shi vd., 2021).

Yukarıda özetlenen modelleme değerlendirme yaklaşımlarından iki önemli sonuç çıkarılabilir. İlk olarak, kullanılan araçlar aynı şeyi ölçmemektedir. Bazıları alt yeterlikleri, bazıları modelleme süreçlerini ve ürünlerini, bazıları öğretmen adaylarının önemli durumları fark etme becerilerini, bazıları ise gerçek öğretim uygulamalarını değerlendirmektedir. Buna karşın, elde edilen bulgular çalışmalarda çoğu zaman sanki bunların tümü aynı modelleme yeterliğinin göstergeleriymiş gibi ele alınabilmektedir. İkinci olarak özellikle fen bilgisi öğretmenlerinin gerçekleştirmesi beklenen matematiksel modellemeye özgü çok az sayıda değerlendirme aracı bulunmaktadır. *Kara kutu* türü performans görevlerinin çeşitli güçlü yönleri olsa da bu tür görevler esas olarak bilimsel modelleme bağlamına dayanmaktadır. Buna karşılık, öğretmen grupları için geçerliği sınanmış, çeşitli fen bağlamlarına özgü matematiksel modelleme görevleri büyük ölçüde eksik görünmektedir.

Geliştirilen değerlendirme araçlarının güvenilir olduğunun ortaya konulması ise ilk bakışta göründüğünden daha karmaşık bir sorundur. Sesli düşünme protokollerinden ve video kayıtlarından elde edilen süreç verileri oldukça zengin bilgiler sunmakla birlikte,

bunların kodlanması yoğun emek gerektirmekte ve kodlama güvenirliği, araştırmacıların değerlendirici eğitimine ilişkin ayrıntıları ne ölçüde raporladığına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca modelleme sınıflarında yaygın olarak kullanılan grup çalışmaları, gözlenen bir modelleme yeterliğinin bireysel bir katılımcıya ne ölçüde atfedilebileceği konusunda ek güçlükler doğurmaktadır. Dahası, bir ölçme aracının geçerliğine ilişkin iddia, öncelikle hangi yapıyı ölçmeyi amaçladığına bağlıdır. Bir araç kendi içerisinde yeterince tutarlı ve geçerli olsa bile matematiksel modelleme yerine bilimsel modellemeyi ölçüyor olabilir. Cevikbas ve arkadaşları (2021) da bu güçlüklere dikkat çekerek, güvenilir ve geçerli ölçme gereksinimi ile otantik modellemenin işbirlikçi ve bağlama gömülü doğası arasındaki gerilime işaret etmektedir.

## 6. Öğretmen Eğitiminde Modelleme Becerilerinin Geliştirilmesi

Markle ve McGarvey (2026) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı alan yazın incelemesi, öğretmen adaylarının matematiksel modelleme eğitimine yönelik araştırmaların son on yılda hızla arttığını ve bu çalışmaların büyük bir kısmının (%78) nitel araştırma yöntemlerine dayandığını ortaya koymaktadır. İncelenen 87 makalede, araştırmaların kuramsal olarak en fazla eğitsel ve pedagojik perspektiflere (sırasıyla %47 ve %28) odaklandığı, sosyo-kritik perspektiflerin (adalet, sürdürülebilirlik vb.) ise daha yeni gelişmeye başlayan bir alt alan olduğu görülmüştür. Öğretmen adaylarının profesyonel yeterlikleri açısından bakıldığında ise, çalışmaların çoğunlukla modelleme döngülerini anlama ve görev tasarlama/değerlendirme konularına yoğunlaştığı; buna karşın öğrenci hatalarını fark etme ve değerlendirme gibi tanılama becerilerinin literatürde daha az çalışıldığı saptanmıştır. Araştırmaların genel olarak üniversite ortamındaki derslerle sınırlı kaldığı, gerçek okul sınıflarını, çocukları veya staj deneyimlerini içeren çalışmaların sayısının ise oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, gelecekteki çalışmaların öğretmen

adaylarının kişisel modelleme becerileri ile öğretim becerilerinin nasıl bir arada geliştiğini daha geniş ölçekli ve uygulama odaklı tasarımlarla incelemesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Greefrath vd. (2022), kendi modelleme görevlerini geliştiren ya da öğrencilerin modelleme süreçlerine uygun biçimde müdahale etme konusunda eğitim alan öğretmen adaylarının, modelleme görevlerine verilen öğrenci çözümlerini değerlendirme becerilerinde belirgin bir gelişme gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bu bulgu, yapılandırılmış ve amaca yönelik değerlendirme eğitiminin öğretmen adaylarının matematiksel modellemeye ilişkin değerlendirme yeterliklerini geliştirebileceğine işaret etmektedir. Çalışma sonucunda, farklı nitelikteki öğrenci yanıtlarını sistematik biçimde değerlendirebilmeye olanak sağlayan değerlendirme çerçevelerinin öğretmen eğitimi programlarına dâhil edilmesi yönünde önerilerde bulunulmuştur. Durandt, (2021) ise, öğretmen adaylarının modellemeyi nasıl öğrenmeleri gerektiğine ilişkin bazı ilkeler ortaya koymuş ve geleceğin öğretmenlerini hem karmaşık problemleri çözen modelleme uygulayıcıları hem de bu süreci yöneten eğiticiler olarak hazırlamak için tasarım odaklı stratejik bir müdahale programı uygulamıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerine düzenli olarak katılabilmelerinin, modelleme görevlerini çözme konusunda yetkinlik geliştirebilmelerine ve modelleme sürecine yönelik olumlu tutum geliştirmelerine önemli katkılar sunduğunu ortaya koymuştur. Video temelli eğitimlerin ise öğretmen adaylarının dikkatlerini modellemenin yüzeysel özelliklerinden modelleme düşüncesine ve pedagojik boyutlarına yöneltebildiği görülmüştür (Zuo vd., 2024).

Deneysel çalışmaların bir diğer odağı, modellemeyi bütünleşik STEM veya STEAM bağlamları içerisine yerleştirmektedir. Bunun için, matematiksel modellemenin disiplinler arasında bir köprü oluşturabileceğine ilişkin kuramsal

gerekçeler güçlü biçimde ortaya konarak (Kertil & Gurel, 2016) deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örneğin, Wiegand ve Borromeo Ferri (2023), sürdürülebilir kalkınma için eğitimle (SKE) bütünleştirilen bir STEAM semineri kapsamında matematik öğretmen adaylarının modelleme süreçlerini incelemiştir. Çalışmada, öğretmen adaylarının sürdürülebilir kalkınma bağlamındaki modelleme etkinliklerine aynı biçimde yaklaşmadıkları; modelleme sürecini ele alış biçimleri açısından 3 farklı profil (ıslahatçı, matematikçi, iyiliksever) sergiledikleri ortaya konmuştur. Buna göre, *Islahatçı* profil, matematik dersinin sosyal olguların, çevresel sorunların veya ekonomik bağlamların aydınlatılmasındaki rolüne odaklanarak, modelleme ve SKE'yi eğitim sisteminde ve toplumda dönüşüm yaratmanın aracı olarak görürken; *Matematikçi* profil, SKE'yi matematiksel kavram ve modelleme yeterliklerinin geliştirilmesini destekleyen bir bağlam olarak değerlendirmektedir. *İyiliksever* profil ise matematiksel modellemeyi öğrencilerin sürdürülebilirlik konusunda farkındalık kazanmalarını ve toplumsal sorumluluk geliştirmelerini sağlayan bir araç olarak konumlandırmaktadır. Diğer bir çalışmada, STEM yöntem dersleri, öğretmen adaylarının disiplinler arası (bütünleşik) öğretime yönelik öz yeterliklerini artırmış; ancak mühendislik ve değerlendirme boyutlarına ilişkin öz yeterliklerinin görece düşük kaldığı görülmüştür (Johnson vd., 2021).

Diğer taraftan, teknoloji açısından zengin öğretim ortamlarının da bir başka gelişim yolu sunduğu görülmektedir. Asempapa ve Love, (2021) tarafından üç boyutlu baskı teknolojisi etrafında yapılandırılan bir mesleki gelişim programının, öğretmenlerin matematiksel modelleme bilgilerini ve modellemeyi öğretimlerinde kullanma isteklilikliklerini artırdığı rapor edilmiştir. Bilgili & Çiltaş, (2025) tarafından yürütülen çalışmada da benzer şekilde teknoloji destekli bir öğrenme ortamının, matematik öğretmenlerinin on bir haftalık süreçte modelleme yeterliklerini

geliştirdiği bulgusuna ulaşılmıştır. Dominguez vd. (2024) ise, modelleme temelli bütünleşik bir fizik-matematik dersinin birinci sınıf öğrencilerinin modelleme becerilerinin gelişimini desteklediğini; bununla birlikte, bir model oluşturmak ile bu modeli gerçek dünya bağlamında işlevsel hâle getirmek arasında süregelen bir boşluk bulunduğunu ortaya koymuştur.

Yukarıda örnekleri paylaşılan deneysel müdahalelerin yöneldiği iki amacı birbirinden ayırmak önemlidir; çünkü bu amaçlar farklı öğretim tasarımlarını gerektirmektedir. Öğretmen adaylarının kendi modelleme yeterliklerini geliştirmek, nitelikli ve zorlayıcı görevler üzerinde tekrarlı ve yapılandırılmış uygulamalar yapmalarını gerektirirken; modelleme öğretme yeterliklerini geliştirmek farklı bir yaklaşım gerektirir. Bu ikinci amaç, görevlerin analiz edilmesini, öğretimsel müdahalelerin prova edilmesini ve öğretmenin modelleme dersinde olup bitenleri anlık olarak fark etmesini sağlayan gelişmiş bir algılama becerisinin geliştirilmesini içerir. Pedagojik alan bilgisini geliştiren seminer çalışmalarında bu gelişim, adayların yalnızca modelleme yapmaları yoluyla değil, modelleme görevleri tasarlamaları ve öğretimsel müdahaleleri uygulamaları yoluyla sağlanmıştır (Greefrath vd., 2022). Benzer biçimde, video temelli çalışmalar da öğretmen adaylarına modelleme derslerini analiz etme fırsatı sunarak onların önemli durumları fark etme becerilerini geliştirmeye odaklanmıştır (Alwast & Vorhölter, 2021; Zuo vd., 2024). Bu iki amacın birbirine karıştırılması, öğretmen eğitiminde her iki yeterliğin de yeterince geliştirilememesi riskini beraberinde getirmektedir. Aynı tasarım ilkesi modellemeyle ilişkili diğer öğretim uygulamalarında da görülmektedir: otantik içerikle ilişkilendirilmiş, süreklilik gösteren ve yapılandırılmış uygulamalar, yalnızca modellemeyle karşılaşmaya dayalı öğrenmeden daha etkili görünmektedir.

Bununla birlikte, modelleme öğretiminin gerçek sınıf ortamındaki uygulama boyutu hâlâ zayıf görünmektedir.

Öğretmenler modellere değer verseler dahi sınıf içi uygulamaları ürün odaklı kalabilmekte ve öğretim programlarının yeterlik odaklı amaçlarıyla örtüşmeyebilmektedir (Nielsen & Nielsen, 2019). Benzer şekilde, modellemeye dayalı öğretim uygulamalarının gözlemlendiği çalışmalarda performansın çoğunlukla düşük düzeylerde toplandığı görülmektedir (Shi vd., 2021). Müdahale çalışmalarının metodolojik özellikleri de elde edilen sonuçların dikkatli yorumlanmasını gerektirmektedir. Çalışmaların birçoğu kısa sürelidir; bir gün, tek bir atölye çalışması veya kısa bir dönem gibi sınırlı zaman dilimlerine dayanmaktadır. Bazı çalışmalar ise gözlenen becerilerden ziyade öz-bildirimlere veya yazılı yansıtmalara dayanmaktadır. Çok az sayıda çalışma, öğretmen adaylarını okullardaki uygulamalarına kadar izleyerek elde edilen kazanımların öğretim süreçlerine aktarılıp aktarılmadığını incelemiş; fen bilgisi öğretmenlerine özgü matematiksel modelleme görevlerini kullanan çalışmalar ise daha da sınırlı kalmıştır. Dolayısıyla mevcut literatür, destekleyici koşullar altında modelleme yeterliğinin geliştirilebileceğine ilişkin kanıtlar sunmaktadır; ancak bu gelişimlerin kalıcı, farklı bağlamlara aktarılabilir ve özellikle fen sınıflarındaki matematiksel modellemeye özgü olduğunu henüz ortaya koymamaktadır.

## 7. Eleştirel Tartışma: Araştırma Alanındaki Temel Sorunlar ve Boşluklar

Bu araştırma alanında birbiriyle kesişen ve tartışılması gereken çeşitli sorunlardan ya da gerilim noktalarından bahsedilebilir. Bunlardan ilki, daha önce de vurgulandığı üzere, kavramsal iç içe geçmedir. Matematiksel modelleme ve bilimsel modelleme aynı şekilde “modelleme” olarak adlandırıldığında, çalışmalar aslında farklı kavramlardan söz etmekte ve politika düzeyindeki iddialar deneysel kanıtlardan kopuk hâle gelebilmektedir. Bu nedenle, her çalışmada hangi modelleme

yeterliğinin ele alındığının ve görevlerin hangi kuramsal gelenek çerçevesinde tasarlandığının açıkça belirtilmesi gerekmektedir.

İkinci gerilim, modelleme yeterliğini oluşturan bileşenler arasındaki ilişkinin zayıf olmasıdır. Meta-modelleme bilgisi, modelleme pratiği ve modelleme ürünlerinin yalnızca sınırlı düzeyde ilişkili olduğunu gösteren tekrarlanan bulgular (Göhner vd., 2022; Xue vd., 2025; Engelschalt vd., 2026), göz ardı edilmesi gereken bir ayrıntı değildir. Aksine, tek bir örtük yeterliğe dayanan ölçme araçlarının ve öğretim programlarının temel varsayımlarını sorgulayan önemli bir bulgudur. Eğer öğretmen adaylarında bilgi ile uygulama birbirinden ayrışabiliyorsa, bunlardan birini ölçerek diğerine ilişkin çıkarımda bulunmak güvenilir değildir. Benzer biçimde, birinin geliştirilmesinin diğerini de kendiliğinden geliştireceğini varsayan öğretim yaklaşımları da iyimser bir beklentiye dayanmaktadır.

Üçüncü gerilim, görevlerin otantikliği ile ilgilidir. “Black box” türü performans görevleri kullanışlı ve açıklayıcı olmakla birlikte, bunlar fen öğretim programlarının öğretmenlerden gerçekleştirmelerini beklediği modelleme biçimini bütünüyle yansıtmamaktadır. Az sayıdaki genel amaçlı göreve dayanılması, araştırma bulgularından çıkarılabilecek sonuçların kapsamını da daraltmaktadır. Alanın daha geniş kapsamlı incelemeleri de bu kaygıyı desteklemekte ve modellemenin yalnızca öğretim sürecinde yer almasının değil, öğrenciler açısından anlamlı hâle getirilmesinin de hâlen yeterince araştırılmadığını belirtmektedir (Carroll & Park, 2024). Buna bağlı bir diğer asimetri ise disiplinler arasındadır: modellemenin ağırlıklı olarak fizik merkezli biçimde ele alınması, fizik alanını avantajlı hâle getirirken biyoloji ve kimyanın daha az temsil edilmesine yol açmaktadır (Kenan & Polat, 2024). Buna karşın, öğretmen eğitiminde kullanılan görevlerin çoğu bu dengesizliği giderecek nitelikte değildir.

Dördüncü gerilim, ölçme araçlarındaki parçalanmışlık durumudur. Neredeyse her araştırmada yeni ve yeterince geçerlik kanıtı oluşturulmamış bir ölçme aracının geliştirilmesi, çalışmaların bulgularının karşılaştırılmasını ve alanda birikimli bir kanıt bütününün oluşturulmasını güçleştirmektedir (Cevikbas vd., 2021; Nicolaou & Constantinou, 2014). Beşinci gerilim, kalıcılık ve transfer sorunlarıyla ilgilidir. Müdahale çalışmalarının çoğunun kısa süreli olması, en önemli soruların—elde edilen kazanımların kalıcı olup olmadığı ve sınıf ortamına aktarılıp aktarılmadığı—büyük ölçüde yanıtsız kalmasına neden olmaktadır. Altıncı gerilim ise bağlamsal sınırlılıktır. En güçlü ampirik çalışmaların önemli bir bölümü birkaç ulusal eğitim sistemiyle sınırlı kalırken, Türkiye'nin de dâhil olduğu diğer bağlamlardan gelen çalışmalar, bu alanda artan bir ilgi bulunmasına rağmen hâlen oldukça sınırlıdır (Kenan & Polat, 2024; Bilgili & Çiltaş, 2025). Modelleme yeterliği belirli öğretim programları, diller ve ölçme-değerlendirme sistemleri içerisinde ortaya çıktığından, farklı bağlamlarda yapılacak çalışmalar yalnızca bir seçenek değil, alanın gelişimi açısından bir gerekliliktir.

Son olarak, diğer gerilim noktalarının tümünü birbirine bağlayan daha örtük bir sorun bulunmaktadır: öğretmen adaylarının bir görev üzerinde yapabildikleri ile sınıf ortamında gerçekleştirdikleri arasındaki mesafe. Betimleyici çalışmalar çoğunlukla ilk durumu, yani adayların belirli bir görevde sergiledikleri performansı ölçerken; öğretim programlarının asıl önemsediği ikinci durumdur. Sınıf ortamına ulaşan gözlemsel araştırmalar ise modelleme temelli öğretimin çoğunlukla düşük performans düzeylerinde kümelendiğini göstermektedir (Shi vd., 2021; Nielsen & Nielsen, 2019). Bu mesafenin kapatılması yalnızca daha fazla içerik sunulmasını gerektirmemektedir. Bunun yerine, öğretmen adaylarını modelleme yeterliğinden bu yeterliğin sınıf içindeki uygulamaya dönüşümüne kadar izleyen araştırma ve

öğretim tasarımlarına ihtiyaç vardır. Alanın bugüne kadarki çalışmaları ise büyük ölçüde bu geçişi izlemekten kaçınmıştır.

## 8. Öğretmen Eğitimi Açısından Çıkarımlar

Yukarıda özetlenen gerilim noktaları, öğretmen eğitimi açısından somut bazı yönelimleri gerekli kılmaktadır. Öncelikle, ders ve öğretim tasarımcılarının her etkinliğin temel amacını açık biçimde belirlemeleri gerektiği söylenebilir. Bir etkinliğin matematiksel modellemeyi, bilimsel modellemeyi ya da bunlardan birinin öğretimini hedefleyip hedeflemediği açıkça ortaya konmalı ve görevler buna göre tasarlanmalıdır (Wiegand & Borromeo Ferri, 2023). Borromeo Ferri ve Blum (2010) öğretmenlerin mesleki bilgilerinin, modelleme döngülerini, amaçlarını ve farklı perspektiflerini açıkça ele alan bir “kuramsal boyut” içermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, modelleme becerisinin öğretim yeterliğine kendiliğinden dönüşmediğini; modelleme öğretiminin ayrıca geliştirilmesi gereken özgül bir yeterlik alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

Öğretmen eğitimi programlarında, matematiği gerçek olgularla ilişkilendiren fen bağlamına özgü modelleme görevlerine daha fazla yer verilmelidir. Örneğin, biyolojik büyümenin matematiksel fonksiyonlarla modellenmesi, kimyasal tepkimelerin kinetik süreçlerinin matematiksel olarak modellenmesi ve fiziksel hareketin nicel olarak modellenmesi gibi görevler, modellemenin yalnızca fizik merkezli bir anlayışla ele alınmasının önüne geçebilir. Bunun yanı sıra sürdürülebilirlik ve çevresel sorunlar gibi disiplinler arası STEAM bağlamlarının ve toplumsal meselelerin kullanılması, öğretmen adaylarının disiplinler arasındaki sınırları aşarak düşünmelerine olanak sağlayabilir (Wiegand & Borromeo Ferri, 2023). Bu tür otantik görevler önemlidir; çünkü öğretmen adayları aşina oldukları fizik bağlamlarında daha başarılı olurken, matematiği karmaşık ve standart olmayan gerçek yaşam durumlarıyla

ilişkilendirmeleri gerektiğinde önemli "tıkanıklıklar" yaşayabilmektedir (Deniz & Yıldırım, 2018). Sonuç olarak, öğretmen adaylarının, ekonomik, politik ya da etik unsurları barındıran karmaşık gerçek dünya problemleriyle uğraşması; modellerin toplumsal kararları nasıl şekillendirdiğini fark etmelerine ve bu süreci sorgulayan bir eleştirel bakış açısı geliştirmelerine katkı sunar (Steffensen & Kasari, 2023).

Öğretmen eğitimi programlarında değerlendirme süreçleri de modelleme yeterliğinin bileşenleri arasındaki farklılaşmayı dikkate almalıdır. Araştırmaların ortaya koyduğu üzere, öğretmen adaylarının meta-modelleme bilgisi, modelleme uygulamaları ve ortaya koydukları ürünler ayrı ayrı değerlendirilmelidir; çünkü bunları tek bir puanda birleştirmek, araştırmalarda tekrar tekrar ortaya konan ayrışmayı görünmez hâle getirebilir (Göhner vd., 2022). Burada sözü edilen meta-modelleme bilgisi, modelin amacı ve doğasına ilişkin epistemolojik farkındalığı; modelleme uygulaması ise ilişkisel akıl yürütme ve sentezleme gibi bilişsel eylemleri kapsamaktadır (Louca ve Zacharia, 2012). Bu nedenle, yalnızca çizim veya simülasyon gibi nihai modelleme ürünlerinin değerlendirilmesi, öğretmen adayının altta yatan nedensel mekanizmayı anlayıp anlamadığını ya da epistemik açıdan daha sınırlı olan, yalnızca deneysel verilerle uyumlu bir "fenomenolojik model" üretip üretmediğini ortaya koymada yetersiz kalabilir (Louca & Zacharia, 2012).

Modelleme sürecinde güçlüklerin daha çok erken aşamalarda, özellikle sadeleştirme ve yapılandırma aşamalarında ortaya çıkması ve bu güçlüklerin yalnızca teknik değil, aynı zamanda epistemik nitelik taşıması nedeniyle (Göhner & Krell, 2020), öğretim sürecinde bu aşamalara daha fazla zaman ayrılmalıdır. Matematiksel modele geçmeden önce modelin hangi amaçla oluşturulduğu açıkça ele alınmalıdır. Nitekim deneysel bulgular, problemi anlama ve durumu sadeleştirme aşamalarının çoğu öğrenci

için temel bilişsel engelleri oluşturduğunu göstermektedir (Blum & Leiß, 2007). Döngünün başlangıcında değişkenlerin doğru belirlenememesi veya gerçekçi varsayımların oluşturulamaması, sonraki tüm aşamaların geçerliliğini olumsuz etkileyen bir "zincirleme etki" yaratabilmektedir (Deniz & Yıldırım, 2018). Bu nedenle öğretmen eğitiminde hesaplama gibi "teknik" ve algoritmik işlemlerden ziyade, fiziksel bir olgunun matematiksel yapısını kavramayı içeren "yapısal" becerilere öncelik verilmelidir (Uhden vd., 2012).

Son olarak, modelleme öğretiminin başlı başına bir yeterlik alanı olarak ele alınması gerekmektedir. Modelleme öğretimine ilişkin pedagojik alan bilgisi ve sınıf içindeki önemli durumları fark etme becerisi, seminerler ve video temelli çalışmalar yoluyla geliştirilebilir (Greefrath vd., 2022). Ancak, bu yeterliklerin öğretmen adaylarının kişisel modelleme becerilerinin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkması beklenmemeli, doğrudan ve planlı biçimde geliştirilmelidir. Borromeo Ferri ve Greefrath (2026), yapılandırılmış değerlendirme şemaları ve öğrenci örneklerinin kullanıldığı hedefli eğitimin, öğretmen adaylarının öğrenci güçlüklerini tanılama ve öğrencinin bağımsızlığını koruyacak biçimde uyarlanmış müdahaleler geliştirme becerilerini önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, kısa süreli ve tek seferlik uygulamaların yeterli olması beklenmemelidir. Zira, müdahale çalışmalarında gözlenen sınırlı ve muhtemelen geçici kazanımlar, tek bir dersten ziyade program boyunca sürdürülen ve yinelemeli biçimde yapılandırılan modelleme deneyimlerine duyulan ihtiyaca işaret etmektedir. Tasarım temelli araştırma döngülerinin de gösterdiği üzere, öğretmen adaylarının hem modelleyici hem de kolaylaştırıcı rollerini üstlendikleri sürekli modelleme deneyimleri, geleneksel okul yaşantılarından kaynaklanan inançların sorgulanması ve modellemeye ilişkin

olumlu, mesleki bir yönelimin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır (Durandt, 2021; Steffensen & Kasari, 2023).

## 9. Sonuç

Matematiksel modelleme, fen öğretmenlerinin hem disiplinler arası geçiş yapabilen yapısal becerilere hem de modellerin epistemik değerini kavrayan eleştirel bir bakış açısına sahip olmasını gerektirmektedir. Buna rağmen mevcut deneysel araştırmalar, fen bilgisi öğretmen adaylarının modelleme sürecini sadece eldeki verileri betimleyen bir çizim aşamasında bıraktıklarını, modelleri sistemin işleyişini öngören birer araç olarak kullanmakta ve bu karmaşık süreci yönetmekte henüz istenilen düzeyde olmadıklarını ortaya koymaktadır. Fen bilgisi öğretmen adayları, özellikle yorumlama gibi sonuçların anlamlandırılmasına ilişkin aşamalarda daha başarılı olurken, sadeleştirme ve yapılandırma gibi daha fazla yargıda bulunmayı gerektiren başlangıç aşamalarında daha fazla güçlük yaşamaktadırlar. Araştırmalar, değişkenleri belirleme ve model oluşturma gibi ilk basamaklardaki bu yetersizliklerin, sürecin devamını olumsuz etkileyen bir "zincirleme etki" yarattığını doğrulamaktadır (Blum, 2015; Deniz ve Yıldırım, 2018).

Modelleme becerilerini geliştirmeye yönelik müdahaleler olumlu sonuçlar ortaya koymakla birlikte, bu kazanımlar çoğunlukla kısa süreli olmakta; ayrıca fen öğretimine özgü matematiksel modelleme açısından etkileri veya öğretmenlik uygulamalarına ne ölçüde aktarıldıkları yeterince ortaya konulamamaktadır. Bunda, öğretmen adaylarının kendi okul deneyimlerinden miras aldıkları geleneksel inançların ve modellerin toplumsal rollerine ilişkin eleştirel farkındalık eksikliğinin payı büyüktür (Steffensen & Kasari, 2023). Bu çerçevede fen öğretmen adaylarının matematiği sadece işlemsel bir "teknik araç" olarak görme eğiliminde olmaları, disiplinler arası geçişlerde "yapısal becerilerin" (bilimsel bir fenomeni [fen ve doğa olayını] matematiksel olarak yapılandırma)

zayıf kalmasına neden olmaktadır (Uhden vd., 2012). Ayrıca birçok öğretmen adayı, modelleme sürecini sistemin işleyişini öngören bir "epistemik araç" olarak kullanmak yerine, sadece eldeki verileri betimleyen "fenomenolojik modeller" oluşturmakla yetinmekte; modellerini yanlışlama veya alternatif hipotezleri test etme aşamasına nadiren geçebilmektedir (Göhner & Krell, 2020). Bu durum, modellerin “models of” ve “models for” işlevleri arasındaki ayrım açısından da önem taşımaktadır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının çoğunlukla fenomenin gözlenebilir özelliklerini temsil eden “models of” türü modellere odaklanmaları, modellerin açıklama, öngörüde bulunma ve yeni bilgi üretme amacıyla kullanılan “models for” niteliğini yeterince deneyimleyemediklerini göstermektedir. Dolayısıyla öğretmen eğitiminde modelleme, yalnızca gerçekliğin uygun bir temsilini oluşturma süreci olarak değil, model aracılığıyla gerçeklik hakkında akıl yürütme, açıklama geliştirme ve öngörülerde bulunma süreci olarak ele alınmalıdır. Bu geçiş, öğretmen adaylarının modelleri statik ürünler olmaktan çıkarıp bilimsel bilginin yapılandırılmasında kullanılan dinamik ve epistemik araçlar olarak kavramaları açısından kritik görünmektedir.

Sonuç olarak, araştırmalarda "modelleme" kavramıyla tam olarak hangi modelleme anlayışının (eğitsel, gerçekçi, sosyo-kritik vb.) kastedildiği konusunda yeterli bir açıklık bulunmaması (Kaiser & Sriraman, 2006) temel bir kavramsal sorun oluşturmaktadır. Dolayısıyla alandaki ilerleme, her araştırma için yeni ve özgün bir ölçme aracı geliştirmekten çok, öncelikle incelenen yapının açık biçimde tanımlanmasına, fen bilimleri bağlamına özgü ve otantik modelleme görevlerinin kullanılmasına ve öğretmen adaylarının seminer ortamındaki öğrenmelerinden sınıf içindeki uygulamalarına kadar uzanan gelişimlerini izleyebilecek uzun soluklu araştırma tasarımlarına bağlıdır (Durandt, 2021). Bu koşullar sağlanıncaya kadar, öğretmen eğitiminin fen bilgisi öğretmenlerini matematiksel

modellemeyi öğretmeye ne ölçüde hazırladığına ilişkin iddiaların temkinli biçimde ele alınması gerekmektedir.

**Kaynakça**

Aalbergsjø, S. G., & Sollid, P. Ø. (2021). Learning through modelling in science: Reflections by pre-service teachers. Nordic Studies in Science Education, 17(2), 206–224. https://doi.org/10.5617/nordina.7108

Alwast, A., & Vorhölter, K. (2021). Measuring pre-service teachers' noticing competencies within a mathematical modeling context—An analysis of an instrument. Educational Studies in Mathematics, 109(2), 263–285. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10102-8

Asempapa, R. S., & Love, T. S. (2021). Teaching math modeling through 3D-printing: Examining the influence of an integrative professional development. School Science and Mathematics, 121(2), 85–95. https://doi.org/10.1111/ssm.12448

Bilgili, S., & Çiltaş, A. (2025). Improving mathematical modeling competencies of mathematics teachers in a technology-supported learning environment. Frontiers in Education, 10, Article 1509652. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1509652

Blum, W. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In S. J. Cho (Ed.), The proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education (pp. 73–96). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_9

Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), Mathematical modelling (ICTMA 12): Education,

engineering and economics (pp. 222–231). Woodhead. https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.221

Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt. Journal of mathematical modelling and application, 1(1), 45-58.

Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. ZDM, 38(2), 86–95. https://doi.org/10.1007/BF02655883

Borromeo Ferri, R., & Blum, W. (2010). Mathematical modelling in teacher education – Experiences from a modelling seminar. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Eds.), Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (pp. 2046–2055). Institut National De Recherche Pédagogique.

Borromeo Ferri, R., & Greefrath, G. (2026). Pre-service teachers' assessment competence for grading students' solutions of mathematical modelling problems. Teaching and Teacher Education, 169, 105281. https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105281

Büyükbayraktar, F. N., Demirel, H., Biçer, E., Yalçın, A., Apaydın, G., & Duman, M. (2024). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Fen ve Matematik Entegrasyonunun Fen Derslerinde Uygulanmasına Yönelik Görüşleri. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 61, 2275-2296. https://doi.org/10.53444/deubefd.1459024

Carroll, G., & Park, S. (2024). Towards expansive model-based teaching: A systematic synthesis of modelling pedagogies in science education literature. Studies in Science Education. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2417157

Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2021). A systematic literature review of the current discussion on

mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. Educational Studies in Mathematics, 109(2), 205–236. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6

Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2019). Modeling competence in science education. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 1, Article 12. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y

Deniz, D., & Yıldırım, B. (2018). Fen Bilgisi Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Modelleme Becerilerinin İncelenmesi. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(STEMES'18), 87-93. https://doi.org/10.18506/anemon.463533.

Dominguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2024). Integration of physics and mathematics in STEM education: Use of modeling. Education Sciences, 14(1), Article 20. https://doi.org/10.3390/educsci14010020

Durandt, R. (2021). Design principles to consider when student teachers are expected to learn mathematical modelling. Pythagoras, 42(1), Article a618. https://doi.org/10.4102/pythagoras.v42i1.618

Engelschalt, P., Maslyak, E., Fortus, D., Krüger, D., & Upmeier zu Belzen, A. (2026). Which knowledge do pre-service teachers need to meaningfully engage in modeling? Journal of Research in Science Teaching, 63(4–5), 352–371. https://doi.org/10.1002/tea.70047

Gouvea, J., Passmore, C. 'Models of' versus 'Models for' (2017). Science & Education 26, 49–63 https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4

Göhner, M. F., Bielik, T., & Krell, M. (2022). Investigating the dimensions of modeling competence among preservice science teachers: Meta-modeling knowledge, modeling practice, and modeling product. Journal of Research in Science Teaching, 59(8), 1354–1387. https://doi.org/10.1002/tea.21759

Göhner, M., & Krell, M. (2020). Preservice science teachers' strategies in scientific reasoning: The case of modeling. Research in Science Education, 52(2), 395–414. https://doi.org/10.1007/s11165-020-09945-7

Greefrath, G., Siller, H.-S., Klock, H., & Wess, R. (2022). Pre-service secondary teachers' pedagogical content knowledge for the teaching of mathematical modelling. Educational Studies in Mathematics, 109(2), 383–407. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10038-z

Hankeln, C., Adamek, C., & Greefrath, G. (2019). Assessing sub-competencies of mathematical modelling—Development of a new test instrument. In G. A. Stillman & J. P. Brown (Eds.), Lines of inquiry in mathematical modelling research in education (pp. 143–160). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4_8

Johnson, T. M., Byrd, K. O., & Allison, E. R. (2021). The impact of integrated STEM modeling on elementary preservice teachers' self-efficacy for integrated STEM instruction: A co-teaching approach. School Science and Mathematics, 121(1), 25–35. https://doi.org/10.1111/ssm.12443

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. International Journal of Science Education, 24(4), 369–387. https://doi.org/10.1080/09500690110110142

Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. ZDM, 38(3), 302–310. https://doi.org/10.1007/BF02652813

Kaldaras, L., Wieman, C. (2023). Cognitive framework for blended mathematical sensemaking in science. International Journal of STEM Education, 10, 18 https://doi.org/10.1186/s40594-023-00409-8

Krainer, K., Hsieh, F. J., Peck, R., & Tatto, M. T. (2015, February). The TEDS-M: Important issues, results and questions. In The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education: Intellectual and attitudinal challenges (pp. 99-121). Cham: Springer International Publishing.

Kenan, A., & Polat, R. (2024). Investigation of pre-service science teachers' and science teachers' mathematical modeling competencies. Bartın University Journal of Faculty of Education, 13(4), 870–892. https://doi.org/10.14686/buefad.1319634

Kertil, M., & Gurel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4(1), 44–55. https://doi.org/10.18404/ijemst.95761

Kohen, Z., & Gharra-Badran, Y. (2022). A rubric for assessing mathematical modelling problems in a scientific-engineering context. Teaching Mathematics and Its Applications, 42(3), 266–288. https://doi.org/10.1093/teamat/hrac018

Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. Educational Review, 64(4), 471–492. https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748

Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? ZDM, 38(2), 113–142. https://doi.org/10.1007/BF02655885

Markle, J., & McGarvey, L. M. (2026). Mathematical modelling in pre-service teacher education: A scoping review. International Journal of Science and Mathematics Education, 24(6), https://doi.org/10.1007/s10763-026-10714-7

Nicolaou, C. Th., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. Educational Research Review, 13, 52–73. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001

Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2019). A competence-oriented approach to models and modelling in lower secondary science education: Practices and rationales among Danish teachers. Research in Science Education, 51(S2), 565–593. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09900-1

Østergaard, M. K., Jankvist, U. T., Misfeldt, M., & Pedersen, M. K. (2025). Teachers' beliefs on scientific models and the role of mathematisation. LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education, 10(3), Article 1. https://journals.helsinki.fi/lumatb/article/view/2758

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 632–654. https://doi.org/10.1002/tea.20311

Shi, F., Wang, L., Liu, X., & Chiu, M.-H. (2021). Development and validation of an observation protocol for measuring science teachers' modeling-based teaching performance.

Journal of Research in Science Teaching, 58(9), 1359–1388. https://doi.org/10.1002/tea.21712

Steffensen, L., & Kasari, G. (2023). Integrating Societal Issues with Mathematical Modelling in Pre-Service Teacher Education. Education Sciences, 13(7), 721. https://doi.org/10.3390/educsci13070721

Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M., & Pospiech, G. (2012). Modelling mathematical reasoning in physics education. Science & Education, 21(4), 485-506. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9396-6

Wiegand, S., & Borromeo Ferri, R. (2023). Promoting pre-service teachers' professionalism in STEAM education and education for sustainable development through mathematical modelling activities. ZDM – Mathematics Education, 55(7), 1269–1282. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01500-8

Xue, S., Topping, K., Lakin, E., & Krell, M. (2025). Modelling competence in teacher education: Comparing meta-modelling knowledge, modelling practices and modelling products between pre-service and in-service teachers. Research in Science Education, 55(2), 253–275. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10183-4

Zuo, S., Liu, L., & Qi, C. (2024). Using video to develop pre-service teachers' noticing within a mathematical modelling context. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20(5), Article em2441. https://doi.org/10.29333/ejmste/14466.

# BÖLÜM 3

# FEN DERSLERİNDE BİLİŞÖTESİ FARKINDALIĞI DESTEKLEYEN ÖZ DEĞERLENDİRME UYGULAMALARI

**Ahmet BOLAT**[1]

## Öz

Fen derslerinde öğrenme, bilimsel kavramları edinmenin yanında öğrencinin düşüncelerini hangi kanıtlara dayandırdığını ve kullandığı stratejilerin yeterliliğini gözden geçirmesini de gerektirmektedir. Öz değerlendirme, bu sorgulamayı dersin gündelik işleyişine yerleştirmek için kullanılabilecek bir yaklaşımdır. Ancak öğrencinin kendisine puan vermesi veya bir konuyu anladığını belirtmesi, bilişötesi farkındalığın geliştiğini tek başına göstermemektedir. Bu bölümde bilişötesi bilgi, bilişötesi düzenleme ve öz değerlendirme arasındaki ilişkiler açıklanmakta, ulusal ve uluslararası araştırmalar uygulama koşulları ve sınırlılıklarıyla birlikte ele alınmaktadır. Ardından ölçütleri anlamlandırma, öğrenci çalışmasından kanıt gösterme, değerlendirme kararını gerekçelendirme ve çalışmayı yeniden düzenleme üzerine kurulu bir uygulama döngüsü önerilmektedir. Deney tasarlama, veri

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Hitit Üniversitesi, Sungurlu Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, ORCID: 0000-0002-3581-2899

yorumlama, bilimsel açıklama oluşturma ve kavram haritasını gözden geçirme görevleri üzerinden sınıf içi örnekler sunulmaktadır. Bölümün temel savı şudur: Öz değerlendirmenin öğretimsel değeri, öğrencinin düşüncesinde ve çalışmasında yaptığı düzenlemelerde ortaya çıkmaktadır. Uygulamalar, öğretmen rehberliği ve konu öğretimiyle desteklenmeli, öğrenciye değerlendirme kararını kullanabileceği yeniden deneme fırsatları sunmalıdır.

Anahtar kelimeler: Fen eğitimi, bilişötesi farkındalık, öz değerlendirme, biçimlendirici değerlendirme, öz düzenlemeli öğrenme.

## Giriş

Fen derslerinde bir öğrencinin doğru yanıt vermesi, yanıtına nasıl ulaştığını açıklayabildiği anlamına gelmeyebilir. Öğrenci bir deneyin sonucunu hatırladığı hâlde bu sonucun hangi koşullarda geçerli olduğunu belirlemekte zorlanabilir. Benzer biçimde grafikteki en yüksek değeri bulabilir, ancak değişimin hızını yorumlayamayabilir. Öğretmenin son yanıta odaklanması, bu farklılıkların bir bölümünü görünmez bırakabilir. Öğrencinin kendi açıklamasını, kullandığı kanıtları ve çözüm yolunu sorgulaması ise öğretim sürecine ek bilgi sağlayabilir. Öz değerlendirme bu amaçla, öğrencinin öğrenmesini anlamaya ve geliştirmeye yönelik bir sınıf uygulaması olarak ele alınmalıdır.

Bilişötesi yaklaşım, kişinin nasıl düşündüğünü ve öğrendiğini bilmesi, bu süreçleri takip etmesiyle ilgilidir. Flavell'in (1979) açıklaması, kişinin kendi özellikleri, öğrenme görevleri ve kullandığı yöntemler hakkındaki bilgisini düşünme sürecini izlemesiyle ilişkilendirmektedir. Fen dersinde bu yaklaşım, öğrencinin öğrenmesine ilişkin somut kararlarında görülebilir. Bir kavramı anlamakta zorlandığını fark etmesi, deney planındaki eksikliği belirlemesi veya açıklamasını değiştirmeye karar vermesi bu kararlara örnektir. Böylece öğrenme, sonuçlarla birlikte bu

sonuçları oluşturan düşünme süreçleri üzerinden de değerlendirilebilir.

Bu bölümün amacı, fen derslerinde öz değerlendirmenin bilişötesi farkındalığı destekleyecek biçimde nasıl tasarlanabileceğini açıklamaktır. Bölüm, öğretmenler ve öğretmen adayları için kuramsal açıklamalarla sınıf uygulamalarını bir araya getirmektedir. Örnekler ağırlıklı olarak ortaokul fen dersleri için tasarlanmıştır. Bu örnekler, konu bilgisi, görev güçlüğü ve dil düzeyi değiştirilerek başka eğitim kademelerine uyarlanabilir.

Bu bölümdeki etkinlikler, sayısal veriler, rubrik ve öğrenci yanıtı örnekleri, araştırmalarda tartışılan ilkeleri fen dersindeki kararlarla ilişkilendirmek amacıyla tasarlanmış öğretim senaryolarıdır. Örneklerde öğrencinin hangi ölçüte başvurduğu, kararına neyi kanıt gösterdiği ve bunun ardından çalışmasında neyi değiştirdiği izlenmektedir. Önerilen döngünün sınıfta nasıl işlediği, öğrencinin ilk ve yenilenmiş çalışmaları ile yaptığı değişikliğin gerekçesi birlikte ele alınarak değerlendirilebilir.

## Bilişötesi Farkındalık ve Öz Değerlendirmenin Kuramsal Temelleri

Bu kısımda bilişötesi bilgi ve düzenleme ayrımı açıklanmakta, öz değerlendirmenin bu süreçlerle ve öz düzenlemeli öğrenmeyle ilişkisi ele alınmaktadır. Kavramsal çerçeve, ilerleyen kısımlardaki araştırma bulgularını ve sınıf örneklerini değerlendirmek için bir dayanak sunmaktadır.

### Bilişötesi Bilgi ve Bilişötesi Düzenleme

Türkçe literatürde bilişötesi kavramı, üstbiliş adıyla da ele alınmaktadır. Özsoy (2008), kavramı kişinin kendi düşünme süreçlerini fark etmesi ve kontrol edebilmesi üzerinden açıklarken Türkçe karşılıkların kullanımındaki farklılıkları da tartışmaktadır. Bu bölümde anlatım tutarlılığı için bilişötesi terimi kullanılmakta,

kaynakların adlarında yazarların tercihleri korunmaktadır. Terim farklılığı, burada ele alınan öğrenmeyi planlama, izleme ve değerlendirme süreçlerinin birbirinden bağımsız yapılar olduğu anlamına gelmemektedir.

Bilişötesi farkındalık, kişinin kendi öğrenmesi hakkındaki bilgisiyle öğrenme sürecini gözden geçirebilmesini kapsamaktadır. Schraw ve Dennison (1994), bu farkındalığı biliş hakkındaki bilgi ve bilişin düzenlenmesi olmak üzere iki geniş boyutta ele almaktadır. Bilgi boyutu, kişinin öğrenen olarak özelliklerini ve kullanabileceği stratejileri bilmesini kapsamaktadır. Düzenleme boyutunda ise planlama, bilgiyi yönetme, anlamayı izleme, hata ayıklama ve değerlendirme süreçleri bulunmaktadır. Bu ayrım, sınıfta hangi öğrenci davranışının destekleneceğini belirlemeyi kolaylaştırmaktadır. Örneğin öğrenci, bir fen metnindeki kavramları karşılaştırırken tablo kullanmanın işini kolaylaştırdığını biliyor olabilir. Okuma sırasında tablonun kavramlar arasındaki ilişkiyi göstermediğini fark edip bir şema çizmeye başlaması ise öğrenmesini izlemesi ve düzenlemesiyle ilgilidir. Bir stratejinin adını bilmek yeterli değildir. Öğrencinin, seçtiği stratejinin yaptığı çalışmaya nasıl yardımcı olduğunu da değerlendirmesi gerekmektedir.

Stanton ve arkadaşları (2021), bilişötesi bilgiyi kişinin ne bildiği, bir işi nasıl yapacağı ve hangi stratejiyi ne zaman kullanacağı üzerinden açıklamaktadır. Bu çerçevede fen dersindeki sorular, öğrencinin ne yaptığını anlatmasının ötesine geçmelidir. Öğrenci bir grafiği neden kullandığını, seçtiği değişkenleri neden sabit tuttuğunu veya açıklamasını hangi durumda değiştireceğini gerekçelendirebilmelidir. Bölümdeki uygulamalar bu ilişkiyi görünür kılacak görevler olarak tasarlanmıştır.

## Öz Değerlendirmenin Amacı ve Kapsamı

Öz değerlendirme, öğrencinin kendi çalışmasının veya öğrenme sürecinin niteliğini değerlendirerek geliştirme kararları üretmesidir. Andrade (2019), öğrenme amaçlı öz değerlendirmeyi öğrenciye süreçlerini ve ürünlerini düzenleme olanağı sağlayan bir geri bildirim etkinliği olarak ele almaktadır. Bu bakımdan formu dolduran öğrencinin çalışmasına yeniden dönmesi önem taşımaktadır. Değerlendirmenin ardından düzeltme veya yeniden deneme olanağı tanınmaması, uygulamanın biçimlendirici işlevini sınırlamaktadır.

Andrade ve Valtcheva'nın (2009) ölçütlere dayalı yaklaşımını bir deney raporu üzerinden düşünelim. Tartışma için hazırlanan "Çalışmam iyi oldu" ifadesinde öğrencinin neyi değerlendirdiği belli değildir. "Sonucumu ölçüm tablosundaki iki değerle destekledim" ifadesi ise öğretmenin ve öğrencinin aynı kanıta dönmesini sağlamaktadır. Yine de iki sayı yazmak, karşılaştırmanın doğru yapıldığını garanti etmemektedir. Sayıların araştırma sorusuyla ilişkisi ve onlardan çıkarılan sonuç ayrıca sorgulanmalıdır. Bu örnekte değerlendirme, iyi ya da kötü biçimindeki genel bir yargıdan, raporun belirli bir bölümüne ilişkin gerekçeli bir karara taşınmaktadır.

Öz değerlendirme, öğrencinin kendisine ders notu vermesinden ve bir bilişötesi farkındalık ölçeğini yanıtlamasından farklıdır. Ölçek, öğrencinin kendi öğrenmesi hakkındaki görüşlerini yansıtırken belirli bir görevdeki öz değerlendirme, o çalışmanın niteliği hakkında nasıl karar verdiğini göstermektedir. Öğrenci "Öğrenirken kendimi kontrol ederim" ifadesine katıldığı hâlde bir deney planındaki değişken sorununu belirleyemeyebilir. Genel farkındalık ile görev sırasında sergilenen davranışların birlikte ele alınması, bu farkın anlaşılmasını sağlayabilir.

İnaltun ve Ateş'in (2018) fen eğitiminde biçimlendirici değerlendirmeyi ele alan Türkçe derlemesi, Web of Science'ta yer alan ve 2001-2017 döneminde yayımlanmış 31 uluslararası araştırmayı kapsamaktadır. Yazarlar öz değerlendirmeyi, öğrencinin çalışmasını önceden belirlenmiş başarı ölçütlerine göre gözden geçirmesiyle ilişkilendirmektedir. Öğrencilerin rubrik geliştirmeye katılması, güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerini belirlemesi bu çerçevenin parçalarıdır. Yaklaşım, bölümde önerilen ölçüt, kanıt ve yeniden düzenleme bağlantısına dayanak sağlamaktadır. Ölçütlerin öğrencilerce nasıl yorumlandığı ise örnek çalışmalar üzerinde tartışılmalıdır.

## Öz Düzenlemeli Öğrenmeyle İlişkisi

Zimmerman'ın (2002) öz düzenlemeli öğrenme yaklaşımında öğrenme, ön düşünme (göreve hazırlık), performans (görevi yerine getirme) ve öz yansıtma (çalışmayı değerlendirme) aşamalarının birbirini etkilediği bir süreçtir. Öğrenci görev öncesinde hedef ve strateji belirlemekte, görev sırasında ilerleyişini izlemekte, sonrasında performansını ve kullandığı yaklaşımı değerlendirmektedir. Bir sonraki çalışmasına ilişkin kararları da bu değerlendirmeden etkilenmektedir.

Öz değerlendirme, özellikle çalışma sonrasındaki değerlendirmede belirginleşse de görev öncesindeki hazırlık ve görev sırasındaki izleme kararlarını besleyebilir. Fen dersinde bu ilişkiyi kurmak için görevin farklı aşamalarına uygun değerlendirme amaçları belirlenebilir. Deneyden önce "Bu düzenek araştırma soruma yanıt verebilir mi?", veri toplarken "Ölçümlerimde tutarsızlık var mı?", açıklama yazarken "İddiamı hangi bulgu destekliyor?" soruları kullanılabilir. Öğrenci böylece değerlendirme kararını çalışması sürerken kullanabilir. Uygulamanın amacı, her adımı ayrıntılı bir forma dönüştürmekten çok öğrencinin önemli karar noktalarını fark etmesini sağlamaktır.

## Fen Eğitiminde Araştırma Bulguları

Öz değerlendirmenin eğitimsel değerini tartışırken farklı uygulamaların aynı etkiyi oluşturacağı varsayılmamalıdır. Panadero ve arkadaşlarının (2017) meta-analizleri, öz değerlendirme uygulamalarının öz düzenlemeli öğrenme ve öz yeterlikle ilgili olumlu sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir. Öz yeterlik, öğrencinin bir görevi başarabileceğine ilişkin inancını ifade etmektedir ve bilişötesi farkındalıktan farklı bir yapıdır. Dolayısıyla bu sonuçlar, fen dersinde kullanılan her öz değerlendirme formunun farkındalığı geliştireceği anlamına gelmemektedir. Uygulamanın nasıl yürütüldüğü ve neyin ölçüldüğü birlikte dikkate alınmalıdır.

Fen eğitimine özgü erken çalışmalardan White ve Frederiksen'in (1998) ThinkerTools yaklaşımı, kuvvet ve hareket konularındaki bilimsel sorgulamayı yansıtıcı değerlendirmeyle ilişkilendirmiştir. Öğrencilerin kendi çalışmalarını ve arkadaşlarının sorgulama süreçlerini değerlendirmesi, öğretim tasarımının bir parçasıdır. Yaklaşım, öz değerlendirmenin bilimsel sorgulamanın içine yerleştirilebileceğini göstermektedir. Bu tasarımda değerlendirme, görev bittikten sonra değil, sorgulama sürecinin içinde yapılmaktadır.

Yansıtmayı desteklemek için kullanılan istemlerin, yani öğrenciyi düşünmeye yönelten soru ve ifadelerin niteliği, öğrencinin düşünme sürecini etkileyebilir. Davis (2003), 178 ortaokul öğrencisiyle gerçekleştirdiği sınıf araştırmasında genel ve yönlendirilmiş yansıtma istemlerini karşılaştırmıştır. Genel istem alan öğrenciler, karmaşık fen projesini anlamlandırmada daha tutarlı bir anlayış geliştirmiştir. Yönlendirilmiş istemlere yanıt verirken verimsiz yansıtma daha sık görülmüştür. Araştırmada iki gruba da aynı etkinlik yönergeleri verildiğinden, gruplar arasındaki farkın görev desteğinden değil, yansıtma isteminin türünden kaynaklandığı söylenebilir.

Bu bölümdeki uygulamalarda öğrencinin önce "Şu anda çalışman hakkında ne düşünüyorsun?" gibi genel bir istemle kendi değerlendirme gündemini oluşturması önerilmektedir. Öğrenci belirli bir güçlüğü fark edemediğinde ise ölçüte bağlı sorularla desteklenebilir. Davis (2003), genel istemlerin yararının özellikle özerk çalışabilen öğrencilerde belirginleştiğini, özerkliği düşük öğrencilerin ise her iki koşulda da daha az tutarlı açıklamalar geliştirdiğini bildirmiştir. Bu bulgu, genel istemle başlayıp gereksinim duyulduğunda daha odaklı desteğe geçmeyi anlamlı kılmaktadır. Ancak bu sıralama bölümde önerilen bir öğretim tercihidir ve etkililiği Davis'in araştırmasında doğrudan sınanmamıştır.

Hartelt ve Martens (2024), Almanya'daki lise biyoloji derslerinde 730 öğrenciyle öz değerlendirmeyi ve kavramların hangi durumlarda kullanılacağını açıklayan öğretimi ele almıştır. Ölçütlere dayalı öz değerlendirme, öğrencilerin evrim açıklamalarında bilimsel kavramları daha fazla kullanmalarıyla sonuçlanmıştır. Kavramların hangi bağlamlarda uygun olduğunu açıklayan ayrı öğretim ise sezgisel düşüncelerin kullanımını azaltma gibi ek sonuçlar sağlamıştır. Öz bildirimle ölçülen kavramsal bilişötesi farkındalık ve düzenlemede etki saptanmamıştır. İçerik öğrenmesiyle farkındalık bildirimi arasındaki bu ayrım, öz değerlendirmenin farklı sonuçlarını ayrı göstergelerle izlemeyi gerektirmektedir. Bulgular lise biyolojisi ve evrim bağlamında elde edildiğinden, ortaokuldaki başka konulara uyarlama ayrıca değerlendirilmelidir.

Hartelt ve Martens'in (2025) ilişkili araştırması, 432 lise öğrencisinin kendi evrim açıklamalarındaki kavramları ne kadar doğru değerlendirebildiğine odaklanmıştır. Öz değerlendirme doğruluğu orta düzeyde bulunmuş, öğrenciler açıklamalarında bulunan kavramları olduğundan fazla tanımlama eğilimi göstermiştir. Öğrencilerin önceden sahip olduğu bilimsel kavramlar,

öz değerlendirme doğruluğunu tahmin etmeye katkı sağlamış, ancak bu doğruluk bakımından öğrenciler arasındaki farkların küçük bir bölümünü açıklamıştır. Çalışma, 2024 araştırmasıyla aynı geniş araştırma projesine dayandığından bulguların önceki araştırmadan bağımsız bir doğrulama olarak yorumlanmaması gerekmektedir. Öğretim açısından bu sonuçlar, öğrencinin ölçütü okumasıyla onu doğru uygulamasının ayrı beceriler olduğunu düşündürmektedir.

León ve arkadaşlarının (2023) 160 makaledeki 29.352 katılımcıya ilişkin bulguları bir araya getiren incelemesi, öğrencilerin kendilerine verdikleri puanlarda genel olarak küçük bir yüksek değerlendirme eğilimi bulunduğunu ortaya koymuştur. Yüksek değerlendirme eğiliminin, öğrenciler geri bildirim aldığında, öz değerlendirme deneyimi ve içerik bilgisi arttığında azaldığı bulunmuştur. Aynı incelemede yüksek değerlendirmenin, uygulamanın biçimlendirici amaç taşımadığı durumlarda ve ilkokul ile ortaokul düzeyindeki öğrencilerde daha düşük olduğu da bildirilmiştir. Biçimlendirici amaçlı uygulamalarda puanlama doğruluğunun tek başına başarı göstergesi sayılmaması bu açıdan önem taşımaktadır. Araştırmalar arasında belirgin farklılıklar ve yöntemsel bilgi eksiklikleri de bulunmaktadır. Bu nedenle öğretmenin değerlendirmesiyle öğrencinin puanı arasındaki yakınlık yararlı bir bilgi olmakla birlikte, öz değerlendirmenin eğitimsel sonuçlarını temsil eden tek gösterge olarak kullanılmamalıdır.

Araştırma birikiminin sınırları, öğretim önerileri kadar dikkate alınmalıdır. Zohar ve Barzilai (2013), 178 fen eğitimi araştırmasını ele alarak kavramsal anlamanın bilişötesi araştırmalarda önemli bir yer tuttuğunu belirtmiş, uygulamanın öğrenme üzerindeki etkisini ayırt etmeye yardımcı olan kontrollü çalışmaların yetersizliğine dikkat çekmiştir. Bu inceleme ve daha yeni çalışmalar birlikte ele alındığında, öz değerlendirmeyi belirli öğrenme görevleri içinde tasarlamak ve sonuçlarını öğrenci ürünleriyle izlemek gerektiği anlaşılmaktadır. Öğrencilerin etkinliği

beğenmesi, öğrenme üzerindeki etkiyi açıklamak için yeterli kanıt oluşturmamaktadır.

Türkiye'de yürütülen fen eğitimi araştırmaları, üstbiliş öğretiminin uygulama biçimiyle ölçülen sonuçların birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Gürsel ve Akçay (2021), yedinci sınıf ışık ünitesinde 65 öğrenciyle yürüttükleri nicel ve nitel verilerin birlikte kullanıldığı çalışmada düşünme kayıtları, planlama, izleme ve öz değerlendirmeyi içeren bir öğretim uygulamıştır. Dört hafta süren uygulamanın sonunda üstbiliş ölçeğinin toplam puanlarında ve kendini değerlendirme dâhil bazı alt boyutlarında deney grubu lehine anlamlı fark bildirilmiştir. Fen dersine yönelik tutumun uygulama sonunda ölçülen toplam puanlarında ise gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Birden fazla öğretim tekniği birlikte kullanıldığından üstbiliş puanlarındaki farkı tek başına öz değerlendirmeye bağlamak mümkün değildir.

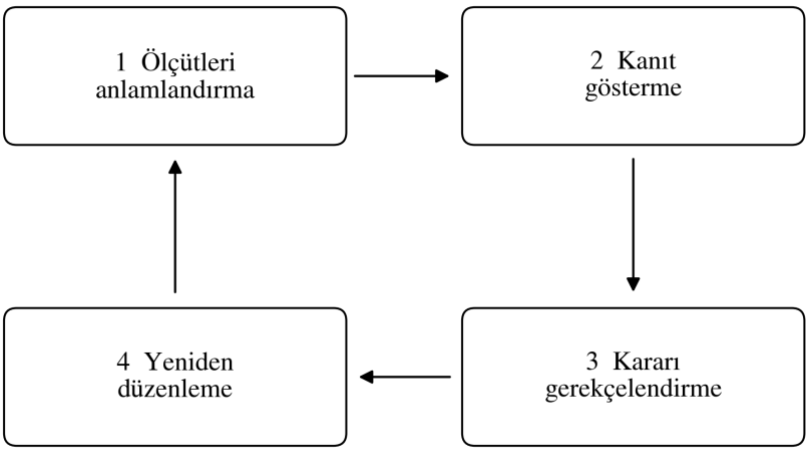
Çakar Özkan ve Bümen'in (2014) yedinci sınıfta yürüttüğü araştırma farklı sonuçlar sunmaktadır. On hafta süren, destekleyicilerle birlikte araştırmaya dayalı öğrenme uygulamasında deney grubunda 30, kontrol grubunda 29 öğrenci yer almıştır. Başarıdaki ilerleme, kavram öğrenme ve tutum bakımından deney grubu lehine anlamlı farklılıklar bulunurken üstbiliş farkındalığında anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Fen öğrenmesindeki ilerleme, bilişötesi farkındalık puanlarına aynı biçimde yansımayabilir. İki araştırmanın birlikte değerlendirilmesi, içerik öğrenmesiyle farkındalık puanının ayrı göstergelerle ele alınmasını gerektirmektedir. Görev sırasında sergilenen öz değerlendirme davranışları da bu göstergelere eklenmelidir.

Bu çalışmalar, Türkiye bağlamında içerik öğrenmesiyle bilişötesi gelişimin farklılaşabildiğini göstermektedir. Bölümde önerilen rubrik ve etkinlik dizisi uygulanırken öğrencilerin ilk ve yenilenmiş ürünleri karşılaştırılmalı, hangi değerlendirme kararlarının öğrenmeye katkı sağladığı araştırılmalıdır.

## Öz Değerlendirmenin Ders Akışına Yerleştirilmesi

Öz değerlendirmeyi dersin içine yerleştirmek, ölçütlerin açıklanmasıyla başlayan ve öğrencinin çalışmasını değiştirmesine uzanan bir süreç tasarlamayı gerektirmektedir. Şekil 1, bu bölümde önerilen dört adımlı döngüyü göstermektedir.

*Şekil 1 Fen derslerinde öz değerlendirme döngüsü*




Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Döngüde öğrenci, yaptığı değişikliği aynı ölçütlerle yeniden değerlendirir. Oklar bu geri dönüşü göstermektedir. İzleyen kısımlarda her adımın ders içinde nasıl yürütülebileceği ve öğretmen desteğinin hangi koşullarda azaltılabileceği açıklanmaktadır.

## Ölçütlerin Öğrencilerle Anlamlandırılması

Öğrencilerin öz değerlendirme yapabilmesi için çalışmalarında hangi niteliklere bakacaklarını bilmeleri gerekmektedir. “Bilimsel açıklama yazma” görevinde iddianın araştırma sorusunu yanıtlaması, kanıtın veriyle desteklenmesi ve gerekçenin iddia ile kanıt arasındaki ilişkiyi açıklaması gibi ölçütler seçilebilir. Bu ifadelerin çalışma kâğıdında bulunması, öğrencilerin

onları aynı biçimde anladığını göstermemektedir. Öğretmen kısa örnekleri ve gerektiğinde karşı örnekleri tartışmaya açarak her ölçütün kapsamını açıklamalıdır. Ölçüt sayısı, öğrencinin görev sırasında kullanabileceği düzeyde tutulabilir. Örneğin aynı deney için sunulan iki sonuç cümlesinden birincisi "Birinci kap daha iyi" derken ikincisi ölçümlere dayanarak belirli koşullarda hangi kapta sıcaklık azalmasının daha az olduğunu açıklamaktadır.

Öğrenciler ikinci açıklamada veri kullanılan bölümü işaretler ve kendi metinlerinde benzer bir kanıt olup olmadığını kontrol eder. Değerlendirme dili, böylece doğrudan öğrenci ürünü üzerinden anlam kazanır. Nicol ve Macfarlane-Dick'in (2006) öğrencinin kendi geri bildirimini üretmesine ilişkin yaklaşımı, bu tasarımın kuramsal dayanaklarından biridir.

**Kanıt Gösterme ve Değerlendirme Kararı**

Öz değerlendirmede her kararın çalışmadan bir örnekle ilişkilendirilmesi önerilmektedir. Öğrenci "Değişkenleri kontrol ettim" diyorsa sabit tuttuğu değişkenleri deney planında göstermeli, "Grafiği doğru yorumladım" diyorsa kararını destekleyen aralığı veya değerleri belirtmelidir. Kanıt bulunamadığında bunun nedenini açıklaması ve gerekli düzenlemeyi belirlemesi istenir. Kontrol listesi böylece olumlu seçeneklerin işaretlendiği bir belge olmanın ötesinde, öğrencinin değerlendirme gerekçesini öğretmene gösteren bir araç hâline gelebilir.

Tablo 1, farklı bilişötesi süreçler için kullanılabilecek öz değerlendirme sorularını ve öğrencinin kullanabileceği kanıtları eşleştirmektedir.

*Tablo 1 Bilişötesi süreçlerle öz değerlendirme sorularının eşleştirilmesi*

| **Bilişötesi süreç** | **Öz değerlendirme sorusu** | **Ele alınacak kanıt** |
|---|---|---|
| Planlama | Araştırma sorum için hangi veriye ihtiyacım var? | Deney planı ve değişkenler |
| İzleme | Bu veriler ilk düşüncemle nerede uyuşmuyor? | Ölçüm tablosu ve ilk tahmin |
| Değerlendirme | Açıklamamın hangi bölümü ölçütü karşılıyor? | Öğrencinin metnindeki belirli cümle |
| Yeniden düzenleme (hata ayıklama) | Sonraki denemede neyi değiştireceğim ve neden? | Düzeltme planı ve yenilenmiş ürün |

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 1'deki süreçler, bilişötesi düzenleme boyutu içinde ele alınmaktadır. Yeniden düzenleme satırı, öğrencinin fark ettiği bir anlama veya performans sorununu gidermesine, başka bir deyişle hata ayıklamasına yöneliktir. Soruların hepsinin her etkinlikte kullanılması gerekmemektedir. Öğretmen, görevin amacına göre bir veya iki karar noktasına odaklanabilir.

## Geri Bildirim ve Yeniden Düzenleme

Hattie ve Timperley (2007), geri bildirimi hedefin, mevcut performansın ve sonraki adımın birlikte ele alındığı bir süreç olarak açıklamaktadır. Bu çerçeveye göre öğrenciye sonucun yanlış olduğunu söylemek ile çözüm yolundaki sorunu göstermek, öğrenmeye farklı biçimlerde destek olmaktadır. Bölümdeki sıcaklık örneğinde öğretmenin üzerinde duracağı nokta, doğru kabın seçilmesinden sonra da devam eden aşırı genellemedir. Geri bildirimin odağı bu yüzden kap adından, öğrencinin sonucunu hangi koşullarla sınırladığına kaymaktadır.

İlk görüşmede öğrenciye açıklamasında yeterli ve eksik bulduğu yerleri belirtme fırsatı verilir. "Her zaman daha iyi korur"

ifadesindeki kapsam sorununu fark etmezse öğretmen, tablonun kaç dakikalık ölçümü içerdiğini ve bütün süreler hakkında karar vermeye yetip yetmediğini sorabilir. Öğrencinin yanıtında hem ifade hem gerekçe değişiyorsa öğrencinin neyi değiştirdiği daha açık görülebilir. Yalnız "her zaman" sözünü silmesi ise verinin sınırlarını kavradığını göstermeye yetmemektedir. Bu tasarımda ilk metin, geri bildirim ve yenilenmiş açıklama birlikte tutulur. Öğretmen böylece kendi uyarısının tekrarlanmasıyla, öğrencinin veriye dayanarak yaptığı düzeltmeyi karşılaştırabilir.

**Rehberliğin Aşamalı Olarak Azaltılması**

Tanner (2012), öğretmenin bir problemi çözerken nereden başladığını, sonraki adıma nasıl karar verdiğini ve çözümünü nasıl kontrol ettiğini görünür kılmasını bilişötesi modellemeye örnek vermektedir. Sıcaklık tablosunda öğretmen, "Son değeri görüyorum ama soru bir değişimi soruyor. Bu yüzden başlangıç değerine de dönüyorum" diyerek kendi kontrolünü açıklayabilir. Ardından benzer bir açıklamayı sınıfla birlikte değerlendirip öğrencilerin kendi metinlerine geçmeleri için alan açabilir. Burada modellenen, hazır bir yanıt kadar o yanıtı denetleme yoludur.

Desteği azaltma kararı için bu bölümde iki gösterge önerilmektedir: Öğrenci, değerlendirdiği kısmı çalışmasında gösterebiliyor mu ve düzeltmesinin nedenini açıklayabiliyor mu? Bunlardan biri eksikse öğrencinin formu hızla tamamlaması, tek başına değerlendirme yapabildiğini göstermeye yetmemektedir. Örneğin ilkinde sıcaklık farkını hesaplayan ama "her zaman" sonucunu sürdüren öğrenci olsun. İkincisinde hesabında işlem hatası yapan fakat genellemenin sınırını fark eden öğrenci olsun. Her iki öğrenci aynı desteğe ihtiyaç duymamaktadır. İlkinde iddianın kapsamı, ikincisinde hesaplama ve kontrol yolu üzerinde durulmalıdır.

## Fen Dersleri İçin Öz Değerlendirme Uygulamaları

Aşağıdaki örneklerde dört adımlı döngü, deney planı, veri tablosu, bilimsel açıklama, kavram haritası ve öğrenme günlüğü gibi farklı öğrenci ürünlerine uyarlanmaktadır. Her örnekte öğrencinin hangi kararı değerlendireceği ve bu kararı nasıl kullanacağı açıklanmaktadır.

### Deney Tasarımını Gözden Geçirme

Deney tasarlama görevlerinde öz değerlendirme, veri toplanmadan önce başlayabilir. Öğrencilere "Su miktarı, şekerin suda çözünmesi için gereken süreyi nasıl etkiler?" araştırma sorusu verildiği düşünülsün. Öğrenciler, farklı su miktarlarını karşılaştıracakları bir deney planlar. Bu örnekte çözünme süresi, şekerin görünür biçimde tamamen çözünmesine kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Her denemede kullanılan şeker miktarı, şekerin tane büyüklüğü, su sıcaklığı, kap türü ve karıştırma biçimi plana yazılır. Öğretmen, seçilen şeker miktarının bütün koşullarda tamamen çözünebilecek kadar az olmasını sağlamalıdır.

Deney planını değerlendirirken değişkenlerin nasıl kontrol edileceği üzerinde durulabilir. Örneğin öğrenci, 100 mL ve 200 mL suyla yapacağı denemelerde farklı sıcaklıklarda su kullanmayı planlamış olsun. Bu durumda çözünme süresindeki farkı su miktarıyla açıklamak güçleşmektedir, çünkü sıcaklık da değişmektedir. Karşılaştırmayı su miktarı üzerinden yapabilmek için başlangıç sıcaklıklarının eşitlenmesi gerekmektedir. Benzer bir belirsizlik, plandaki "Karıştırma aynı olacak" ifadesinde de görülebilir. Bu kararın nasıl uygulanacağı belirtilmediğinde karıştırmanın sabit tutulup tutulmadığını kontrol etmek güçleşebilir. Öğrenci, her iki denemede de aynı kişinin aynı ritimle karıştırmasını önererek planını daha açık hâle getirebilir. Öz değerlendirmede üzerinde durulan nokta, öğrencinin kontrol edeceği değişkeni belirlemesi ve bu kontrolü nasıl sağlayacağını açıklamasıdır.

Stanton ve arkadaşları (2021), grup çalışmasında öğrencilerin birbirlerinin düşünmesini sorgulamasını sosyal bilişötesi bağlamında tartışmaktadır. Grup üyeleri, hazırladıkları deney planını yeniden tartışmadan önce kısa bir bireysel değerlendirme yazabilir. Her öğrenci, planda değiştirilmesini gerekli gördüğü bir noktayı gerekçesiyle açıklar. Örneğin ortak planda su sıcaklığının sabit tutulacağı belirtilmiş, ancak bunun nasıl sağlanacağı açıklanmamış olabilir. Bir öğrenci, her denemenin başında sıcaklığın termometreyle ölçülmesini önererek bu eksikliği ortaya koyabilir. Bireysel notların ardından grup, önerileri karşılaştırarak planını yeniden düzenler. Bu süreç, öğretmenin ortak ürünün yanında her öğrencinin düşüncesini ve önerisinin dayanağını da görmesini sağlayabilir.

### Veri Yorumlama ve Bilimsel Açıklamayı Yenileme

Tablo 2'deki veriler, öğrencilerin sıcaklık değişimlerini karşılaştırmaları ve ulaştıkları sonucun verilerle ne ölçüde desteklendiğini tartışmaları için hazırlanmıştır. Örnekte su miktarları ve başlangıç sıcaklıkları eşit, ortam koşulları ile ölçüm yöntemi aynıdır. Kapların malzemesi ve yapısı ise belirtilmemiştir. Bu bilgiler olmadan sıcaklık değişimindeki farkın fiziksel nedenini açıklamak güçtür. Öğrencinin görevi, ölçümlere dayanarak bir sonuca ulaşmak ve bu sonucun hangi koşullarla sınırlı olduğunu açıklamaktır.

*Tablo 2 İki kaptaki sıcaklık değişimine ilişkin öğretim verileri*

| Zaman (dakika) | A kabı sıcaklığı (°C) | B kabı sıcaklığı (°C) |
|---|---|---|
| 0 | 60 | 60 |
| 5 | 54 | 50 |
| 10 | 49 | 43 |

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

On dakikalık sürede A kabındaki sıcaklık 60 °C'den 49 °C'ye, B kabındaki sıcaklık 60 °C'den 43 °C'ye düşmektedir. Azalmalar sırasıyla 11 °C ve 17 °C'dir. Başlangıç değerleri eşit olduğu için bu örnekte son sıcaklığa bakmak da doğru kabı seçmeye yetmektedir. Dolayısıyla son değeri kullanan bir yanıtı sırf bu gerekçeyle yanlış saymak uygun değildir. Tartışılacak sorun, gözlenen farktan ne ölçüde genel bir sonuç çıkarıldığıdır.

Sınıf tartışması, "A kabı daha sıcaktır, bu yüzden her zaman daha iyi korur" şeklinde hazırlanmış bir örnek yanıt üzerinden başlatılabilir. Bu açıklamada önce doğru bir gözlem vardır. Tablonun onuncu dakikaya ait değerleri karşılaştırıldığında A kabındaki suyun daha sıcak olduğu görülmektedir. Sorun, öğrencinin bu gözlemden hareketle ulaştığı sonucun kapsamındadır. "Her zaman" ifadesi, yapılan ölçümlerin dışına taşarak farklı süreler ve koşullar hakkında da bir yargı bildirmektedir. Oysa tabloda bu yargıyı destekleyecek ölçümler bulunmamaktadır. Yanıtı değerlendirirken doğru gözlemin korunması ve bu gözleme eklenen genellemenin sorgulanması, öğrencinin açıklamasında hangi kısmı neden değiştireceğini anlamasına yardımcı olabilir. Bu aşamada öz değerlendirme, öğrencinin yazdığı cümlelerin verilere dayanıp dayanmadığını yeniden düşünmesini sağlayacak biçimde düzenlenebilir. Öğrenci, önce A kabının daha sıcak olduğunu gösteren ölçümü bulur. Ardından bu bilginin belirli bir andaki sıcaklığı mı, yoksa ölçüm süresince gerçekleşen değişimi mi anlattığını sorgular. Bir kabın onuncu dakikada daha sıcak olması ile o kaptaki suyun on dakika boyunca daha az soğuması farklı karşılaştırmalar gerektirmektedir. İkinci yargının dayanağını açıklamak için başlangıç ve bitiş sıcaklıkları birlikte ele alınmalıdır. Bu örnekte başlangıç değerleri eşit olduğundan iki karşılaştırma da A kabını göstermektedir. Yine de öğrencinin kullandığı verinin neyi açıkladığını belirtmesi önem taşımaktadır. Açıklamasını "Bu ölçüm koşullarında ve on dakikalık sürede A kabındaki sıcaklık azalması daha azdır" biçiminde

düzenlemesi, sonucunu verilerin kapsadığı aralıkla sınırlandırmaktadır. Öğrenciden bu değişikliğin gerekçesini de açıklaması istendiğinde, yalnızca sözcükleri değiştirip değiştirmediği veya genellemedeki sorunu fark edip etmediği tartışılabilir.

Düzenlenmiş örnek yanıt şöyle yazılabilir: “İki kaptaki su başlangıçta 60 °C’dir. On dakika sonra A kabında 49 °C, B kabında 43 °C ölçülmüştür. Sıcaklık A kabında 11 °C, B kabında 17 °C azalmıştır. Bu koşullarda on dakikalık azalma A kabında daha azdır.” Örnek düzenleme gerekçesi ise şudur: “Her zaman sözünü çıkardım, çünkü on dakikadan sonraki ölçümler yok. İki kaptaki sıcaklık azalmalarını da karşılaştırdım.” Burada iddia sınırlandırılmış ve sayısal dayanağı açıklanmıştır.

Tablo 3’te, bu iki örnek yanıtı karşılaştırmak için geliştirilen kısa bir rubrik yer almaktadır. Ölçütler, soruyu yanıtlama, veriyi kullanma ve sonucun kapsamını gerekçelendirme üzerinde toplanmıştır. Rubrik, bu görevdeki açıklamanın niteliğini tartışmaya yarayan bir öğretim aracıdır.

*Tablo 3 Bilimsel açıklamayı öz değerlendirmek için örnek rubrik*

| **Ölçüt** | **Başlangıç** | **Gelişmekte** | **Yetkin** |
|---|---|---|---|
| Soruyu yanıtlayan iddia | İddia yok veya soruyla ilgisiz. | İddia soruyla ilgili ancak belirsiz. | İddia soruya açık yanıt veriyor. |
| Veriye dayalı kanıt | İlgili veri kullanılmamış. | Veri var ancak karşılaştırma eksik. | İlgili değerler doğru karşılaştırılmış. |
| Gerekçe ve kapsam | İlişki açıklanmıyor veya aşırı genelleme var. | İlişki kısmen açıklanıyor. | Kanıt iddiaya bağlanıyor ve kapsam belirtiliyor. |

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 3’e göre ilk örnek yanıt soruyla ilgili bir iddia içermekte, ancak sayısal kanıt sunmamakta ve kapsamını

aşmaktadır. Yenilenmiş örnekte azalmaların karşılaştırılması "veriye dayalı kanıt", sonucun ölçüm süresiyle sınırlandırılması ise "gerekçe ve kapsam" ölçütüyle ilişkilidir. Öğrencinin seçtiği düzey, metninden gösterdiği cümleyle birlikte değerlendirilmelidir. Doğru düzeyi işaretlemiş olması, bu kararı nasıl verdiğine ilişkin açıklamanın yerini tutmamaktadır.

**Kavram Haritasındaki İlişkileri Sorgulama**

Kavram haritaları, öz değerlendirmeyi kavramların adlarından çok aralarındaki ilişkilere yöneltmek için kullanılabilir. Öğrencilerden ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili bir harita hazırlamaları istendiğinde, yeterli sayıda kavram yazılmasının yanında bağlantıların bilimsel anlamını da sorgulamaları beklenmelidir. Haritadaki bir bağlantıyı tam cümle olarak okumak, düşüncedeki sorunu fark etmeyi kolaylaştırabilir. Örneğin "Isı ve sıcaklık aynı kavramdır" ilişkisini kuran öğrenciden, bu ifadeyi dersteki tanım ve örneklerle karşılaştırması istenir.

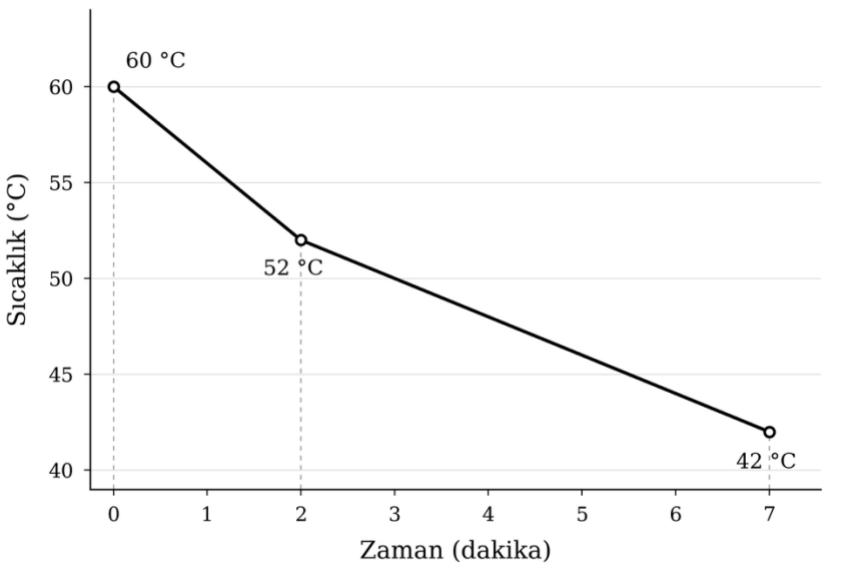
Öz değerlendirme, öğrencinin kavram haritasından seçtiği üç bağlantıyı tam cümlelerle açıklamasıyla başlatılabilir. Öğrenci, iki kavramı neden ilişkilendirdiğini ve bağlantı üzerinde kullandığı ifadenin ne anlama geldiğini kendi sözleriyle anlatır. Bu sırada emin olmadığı bir ilişkiyle karşılaşırsa belirsizliğin hangi noktada olduğunu belirtir. Ardından bu ilişkiyi kontrol etmek için başvuracağı bilgiyi seçer. Ders kitabındaki bir açıklama, sınıfta tartışılan bir örnek veya deneyde elde edilen bir gözlem bu amaçla kullanılabilir. Harita yeniden düzenlendiğinde öğrenciden ilk bağlantısıyla son bağlantısını karşılaştırması ve değişikliğe yol açan bilgiyi açıklaması istenir. Bağlantıyı neden sildiği, yönünü neden değiştirdiği veya farklı bir ilişki ifadesini neden seçtiği böylece görünür hâle gelebilir. Öğretmen ortaya çıkan ilişkinin bilimsel doğruluğunu değerlendirirken öğrenci de kendi düşüncesindeki değişimi gerekçelendirir. Uygulamanın bilişötesi yönünü,

öğrencinin kurduğu ilişkiyi sorgulaması, kararının dayanağını kontrol etmesi ve gerektiğinde bu kararı değiştirmesi oluşturmaktadır.

**Problem Çözme Sonrasında Hata Analizi**

Hata analizi uygulamasında, öğrencinin grafikten hangi bilgileri seçtiği ve bunları nasıl karşılaştırdığı üzerinde durulabilir. Şekil 2'deki sıcaklık-zaman grafiği, eşit olmayan süre aralıklarındaki değişimleri değerlendirmek amacıyla hazırlanmış bir öğretim örneğidir. Başlangıç sıcaklığı 60 °C kabul edilen bu örnekte sıcaklık, ikinci dakikada 52 °C'ye, yedinci dakikada ise 42 °C'ye düşmektedir. Öğrenciden "Hangi zaman aralığında daha hızlı soğuma gerçekleşmiştir?" sorusunu yanıtlaması ve kararını grafikteki değerlerle gerekçelendirmesi istenir.

*Şekil 2 Farklı süre aralıklarında sıcaklık değişimi*




Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Grafikte ilk iki dakikadaki sıcaklık azalması 8 °C, sonraki beş dakikadaki azalma ise 10 °C'dir. İkinci aralıkta toplam azalma daha fazladır. Ancak süreler hesaba katıldığında bir dakikadaki ortalama azalmanın ilk aralıkta 4 °C, ikinci aralıkta 2 °C olduğu görülmektedir. İlk doğru parçasının daha dik olması da bu aralıktaki ortalama soğuma hızının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Öz değerlendirmede ikinci aralığı seçen öğrenciden, kararını verirken süre bilgisini nasıl kullandığını açıklaması istenebilir. Böylece hatanın sıcaklık farkını bulmaktan mı, yoksa farklı sürelerdeki azalmaları doğrudan karşılaştırmaktan mı kaynaklandığı ele alınabilir. Öğrenci, düzeltmesinin nedenini açıklarken sonraki grafiklerde hangi bilgileri kontrol edeceğini de belirtebilir.

Tanner (2012), sınav sonrasında öğrencinin kullandığı yaklaşımı değerlendirip sonraki çalışma için kendisine öneri yazmasını, ardından bu öneriye dönmesini tartışmaktadır. Grafik örneğine uyarlanan kısa kayıtta öğrenci ilk kararını, gözden kaçırdığı süre bilgisini ve yeni kontrol yolunu yazar. Sonraki problemde yalnız doğru yanıta değil, zaman aralıklarını karşılaştırma adımını kullanıp kullanmadığına da bakılmalıdır. Bu, önerilen stratejinin kayıtta kalmasıyla çözümde kullanılmasını ayırmaya yarar.

## Öğrenme Günlüğü ve Çıkış Soruları

Öğrenme günlükleri, öğrencinin aynı konu üzerinde zaman içindeki düşüncesini takip etmesi için kullanılabilir. Bu amaçla her ders sonunda uzun bir günlük yazdırmak yerine seçilmiş görevlerden sonra kısa kayıtlar alınabilir. "Bugünkü çalışmada hangi kararımı değiştirdim?", "Değiştirmemi sağlayan bilgi neydi?" ve "Bir sonraki görevde nasıl kontrol edeceğim?" soruları, öğrencinin deneyimine bağlı yanıtlar üretmesini sağlayabilir. Öğrencinin yalnızca öğretmenin açıklamasını yeniden yazması ise kendi öğrenme süreci hakkında sınırlı bilgi vermektedir.

Türkçe literatürde günlüklerin öz değerlendirme amacıyla kullanımına öğretmen eğitiminden de örnek verilebilir. Cengiz ve Alkan (2022), sekiz fen bilgisi öğretmen adayının öğretmenlik uygulamasında tuttuğu yansıtıcı günlükleri ele almıştır. Adaylar öğrenci sorularına yanıt verme, zamanı kullanma ve kesintilerle baş etme gibi alanlarda yetersizliklerini belirtirken bireysel farklılıklara göre öğretim gibi bazı konulara seyrek değinmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgu, günlüklerin kapsamını değerlendirirken hangi alanların ele alındığına ve hangilerinin dışarıda kaldığına birlikte bakmak gerektiğini düşündürmektedir.

Öğretmen eğitimi bağlamındaki bu örnek, ortaokulda kullanılacak günlüklerin içeriğini tasarlamak için bir başlangıç sağlayabilir. Öğrenciden etkinliğin akışını anlatmasının yanında verdiği bir kararı ve gerekçesini açıklaması istenebilir. Böyle bir uyarlamanın işe yararlığı, ortaokul öğrencilerinin ürettiği kayıtlar üzerinden değerlendirilmelidir.

Çıkış soruları da benzer biçimde düzenlenebilir. Öğrenciden ders sonunda emin olmadığı bir kavramsal ilişkiyi belirtmesi ve bunu kontrol etmek için bir yol önermesi istenir. Öğretmen sonraki dersin başında seçilmiş yanıtları ele alabilir. Schraw ve arkadaşlarının (2006) fen eğitiminde biliş, bilişötesi ve motivasyonu birlikte düşünme önerisi, yardım arama ve strateji seçme kararlarının da bu süreçte dikkate alınmasını desteklemektedir. Kısa günlük kayıtları, öğrencinin belirli bir görevdeki düşünmesini anlamak için kullanılmalı, genel bilişötesi düzeyine ilişkin kararlar başka verilerle desteklenmelidir.

## Uygulamanın ve Öğrenci Gelişiminin Değerlendirilmesi

Andrade'nin (2019) tartışmasında öz değerlendirmenin eğitimsel değeri, öğrencinin kendi puanını dış değerlendirmeyle eşleştirmesinden daha geniştir. Bu bölümde de ürünün doğruluğu ile öğrencinin değerlendirme kararının gerekçesinin ayrı izlenmesi

önerilmektedir. Sıcaklık örneğinde öğrenci doğru hesabı öğretmen yardımıyla yazmış olabilir. Neden başlangıç değerine döndüğünü açıklamıyorsa düzeltilmiş ürün, bağımsız kontrol yaptığına ilişkin yeterli bilgi sağlamamaktadır. Buna karşılık hangi verinin eksik olduğunu belirten bir değerlendirme, sonuç cümlesi henüz tamamlanmamış olsa da öğretmenin bir sonraki adımı belirlemesine yardımcı olabilir.

Öz değerlendirme sürecindeki gelişimi izleyebilmek için öğrencinin ilk yanıtı, bu yanıta ilişkin değerlendirmesi ve yaptığı değişiklikler birlikte ele alınabilir. Bu bölümde önerilen izleme kaydı, söz konusu aşamaları aynı çalışma üzerinde görünür kılacak biçimde tasarlanmıştır. Kaydın başlangıç noktasını öğrencinin ilk açıklaması oluşturur. Ardından öğrenci, açıklamasında hangi noktayı yeterli bulmadığını, bu karara hangi ölçüte veya veriye dayanarak ulaştığını ve nasıl bir değişiklik yapmayı düşündüğünü belirtir. Yenilenmiş açıklama da aynı kayda eklendiğinde öğretmen, ilk yanıtla son yanıt arasındaki farklılıkları öğrencinin gerekçeleriyle birlikte değerlendirme olanağı bulur. Böylece öğrencinin değiştirdiği ifadeler kadar, bu değişikliklere yüklediği anlam da izlenebilir. Öğretmenin süreçte verdiği desteğin kaydedilmesi, yapılan düzeltmenin nasıl ortaya çıktığını anlamayı kolaylaştırabilir. Örneğin sıcaklık verilerini yorumlayan bir öğrenci, öğretmenin uyarısı üzerine açıklamasındaki “her zaman” ifadesini çıkarmış olabilir. Bu durumda öğrencinin, ulaştığı sonucun neden on dakikalık gözlem süresiyle sınırlı olduğunu nasıl açıkladığına da bakılmalıdır. “Tablo yalnızca ilk on dakikayı gösteriyor” biçimindeki olası bir gerekçe, yapılan değişikliğin dayanağını görünür kılmaktadır. Sonraki bir görevde öğrencinin benzer bir genellemeyi kendiliğinden fark edip etmediği veya bunu yapabilmek için ne tür bir hatırlatmaya ihtiyaç duyduğu kayda eklenebilir. Farklı zamanlardaki çalışmalar bu açıdan karşılaştırıldığında, öğrencinin değerlendirme ölçütlerini kullanırken ihtiyaç duyduğu rehberlik de

takip edilebilir. Yazılı gerekçe oluşturmakta güçlük yaşayan öğrenciler için kısa bir sözlü açıklamaya yer verilebilir. Öğretmenin bu açıklamadan aldığı kısa not, ilk yanıt ve düzeltmeyle birlikte saklanabilir. Önerilen çalışma düzeninin amacı, değerlendirme kararının hangi gerekçeyle verildiğini, nasıl bir düzeltmeye dönüştüğünü ve sonraki görevlerde nasıl kullanıldığını gösteren bir kayıt oluşturmaktır.

Stanton ve arkadaşları (2021), bir kavramı tanımanın onu hatırlayıp açıklayabilmekle karıştırılabildiğini, bu karışıklığın öğrencinin yanıtından ne kadar emin olduğunu etkileyebildiğini belirtmektedir. Bu ayrım sıcaklık görevi için de bir kontrol sorusuna dönüştürülebilir: Öğrenci yanıtından ne kadar emin olduğunu belirttikten sonra, kararını destekleyen hesabı gösterir. Yüksek güvenle birlikte yanlış hesap bulunması ile doğru hesap karşısında tereddüt yaşanması farklı öğretim ihtiyaçlarına işaret etmektedir. León ve arkadaşlarının (2023) ele aldığı puanlama doğruluğu ise öğrencinin çalışmasına verdiği puan ile uzman değerlendirmesinin ne kadar örtüştüğünü göstermektedir. Bu tasarımda öğrencinin yanıtından ne kadar emin olduğu ile çalışmasının rubriğe göre hangi düzeyde olduğu ayrı kaydedilir. Böylece kendinden emin olma, doğru açıklama yapma ve ölçütü kullanma ayrı ayrı değerlendirilebilir.

Panadero ve arkadaşlarının (2017) meta-analizlerinde öz düzenlemeli öğrenme ve öz yeterlik ayrı sonuçlar olarak ele alınmaktadır. Bölümde önerilen uygulamaların değerlendirilmesinde, öğrencinin konuyu ne ölçüde öğrendiği ile kendi düşüncesini nasıl kontrol ettiği ayrı ayrı ele alınabilir. Sıcaklık değişimini doğru yorumlayan bir yanıt, kavramsal öğrenmeye ilişkin bilgi vermektedir. Öğrencinin açıklamasındaki aşırı genellemeyi fark etmesi ve iddiasını eldeki verilerin sınırlarına göre yeniden kurması ise öz değerlendirme sürecine ilişkin kanıt sunmaktadır. Bu nedenle öğrencinin ilk ve son açıklamaları karşılaştırılırken yaptığı

değişikliğin gerekçesi de dikkate alınabilir. Öğretmenin hangi aşamada ve nasıl bir yönlendirme yaptığı, düzeltmenin ortaya çıkışını anlamak açısından önemlidir. Ancak çalışmanın sonunda görülen ilerleme, tek başına uygulamanın etkisini göstermemektedir. Öğrenci, ders sırasında aldığı başka açıklamalardan veya arkadaşlarıyla yaptığı tartışmalardan da yararlanmış olabilir. Uygulamanın etkisini araştırmak için karşılaştırma grubunun özellikleri, grupların başlangıç düzeyleri ve ölçümlerin zamanı birlikte planlanmalıdır. Böyle bir araştırma düzeni, gözlenen değişimin kaynağı hakkında daha güçlü bir değerlendirme yapmaya olanak sağlayabilir.

Türkçe ölçme aracı seçimine somut bir örnek, Karakelle ve Saraç'ın (2007) uyarladığı Çocuklar İçin Üst Bilişsel Farkındalık Ölçeği'dir. A formu üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıflardaki 565 öğrenciyle, B formu altıncı, yedinci, sekizinci ve dokuzuncu sınıflardaki 736 öğrenciyle çalışılmıştır. Beşinci sınıfta kullanılacak araçla yedinci sınıfta kullanılacak araç bu nedenle aynı form varsayılarak seçilemez. Araştırmadaki sınıf kapsamı, form seçiminin dayanağıdır. Ölçek puanı ise belirli bir sıcaklık açıklamasının doğruluğuna verilen puandan farklı bir bilgi sunmaktadır.

Ölçek ve görev kaydı birlikte kullanıldığında yorum da bu iki bilgiye dayanmalıdır. Örneğin farkındalık puanı yükselirken öğrencinin başlangıç değerini karşılaştırma alışkanlığı aynı kalmış olabilir. Bu olası durumda öğrencinin kendisi hakkındaki değerlendirmesindeki değişim ile görevde gözlenen davranış ayrı raporlanmalıdır. Bölümdeki döngüyü değerlendirmek için önerilen yaklaşım, iki sonuçtan birini diğerinin yerine geçirmek yerine aralarındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Kalıcılık ve aktarım farklı sorulara yanıt vermektedir. National Research Council (2000), aktarımı bir durumda öğrenilenlerin yeni durumlarda kullanılabilmesi üzerinden ele almakta ve hatırlamaya dayalı ölçmelerle aktarım görevlerinin farklı

sonuçlar verebildiğini açıklamaktadır. Bu ayrım doğrultusunda bir süre sonra benzer görevin başarılması, öğrenmenin sürmesine ilişkin bilgi sağlamaktadır. Değerlendirme stratejisinin farklı bir sorun karşısında seçilip kullanılabilmesi ise aktarım açısından ele alınmaktadır.

Sıcaklık örneğinde kalıcılığı izlemek için birkaç hafta sonra aynı türden, benzer güçlükte bir tablo verilebilir. Sayıların değiştirilmesi, öğrencinin önceki sonucu hatırlayıp tekrarlamasına dayanan yanıtları sınırlamayı amaçlamaktadır. Aktarımı yoklayan görevde ise bu kez bir bitkinin farklı sürelerdeki boy artışları karşılaştırılabilir. Öğrenci, toplam artışın mı yoksa birim zamandaki artışın mı sorulduğunu kendisi belirler. Bu ikinci görevdeki başarı, önceki kontrol yolunun yeni probleme taşınması bakımından anlamlıdır. Ancak büyüme bağlamındaki bilgi ve grafik okuma gereksinimleri de ayrıca değerlendirilmelidir. Tek bir doğru yanıtla genel bir aktarım becerisine hükmedilmemelidir.

## Öğretmenin Rolü ve Uygulama Sınırlılıkları

Stanton ve arkadaşlarının (2021) vurguladığı ayrım, bir işlemin nasıl yapıldığını bilmek ile ne zaman kullanılacağını bilmek arasındadır. Bu ayrım, öğretmenin hangi desteği sunacağına karar vermesine yardımcı olmaktadır. Öğrenci bir kontrolün nasıl yapılacağını bilmeyebilir veya bildiği kontrolü bu görevde kullanması gerektiğini fark etmeyebilir. Örneğin sıcaklık farkını hesaplayamayan öğrenciyle, hesabı yapabildiği hâlde son değerin yeterli olduğunu düşünen öğrenciye aynı açıklamayı sunmak sorunu belirsiz bırakmaktadır. İlkinde işlemin nasıl yapıldığı gösterilirken ikincisinde sorunun neyi karşılaştırmayı gerektirdiği tartışılmalıdır. Öğretmen, yanlışı belirledikten sonra öğrencinin işlemi yapmakta mı, yoksa ne zaman kullanacağını seçmekte mi zorlandığına odaklanmalıdır.

Andrade (2019), öğrenmeyi geliştiren öz değerlendirmeyle son nota katılan öz puanlamayı ayırmakta ve notlandırma amacının öğrenci yargıları üzerindeki etkisini tartışmaktadır. Bu bölümde önerilen kullanımda öğrencinin kendisine verdiği düzey doğrudan ders notuna eklenmez. Öğrenciye, eksiklik belirttiğinde o bölümü yeniden çalışabileceği açıklanır. Öğretmenin izleyeceği bilgi, öğrencinin kendisini ne kadar yüksek puanladığından çok bu kararına gösterdiği kanıt ve ardından yaptığı düzeltmedir. Bu tercihle öz değerlendirmenin, öğrenme sırasında geri bildirim sağlamak için kullanılması amaçlanmaktadır.

Öğretmen eğitimi bakımından İnaltun ve Ateş'in (2018) derlemesi bir gereksinime dikkat çekmektedir. Ele alınan çalışmaların önemli bölümü, öğretmen ve öğretmen adaylarının biçimlendirici değerlendirme becerilerini geliştirmekten çok bu becerilerin mevcut durumunu ortaya koymaktadır. Bu bölümdeki sıcaklık görevi, bir uygulama çalışmasının da başlangıcı olabilir. Öğretmen adayları önce aynı örnek yanıta bağımsız olarak geri bildirim yazar. Ardından hangi uyarının öğrenciye bir kontrol yolu sunduğunu, hangisinin doğru cevabı doğrudan verdiğini karşılaştırır. Tartışmanın odağı, geri bildirimin uzunluğundan çok öğrenciden sonraki adımda ne yapmasının beklendiğidir.

Ders süresini planlamak için döngünün bir kontrol noktasına odaklanmak mümkündür. Örneğin deney planı dersinde değişkenlerin nasıl sabit tutulacağı, veri yorumlama dersinde ise iddianın hangi ölçümlerle desteklendiği ele alınabilir. Bu bölüm için önerilen kısa uygulamada öğretmen birkaç farklı gerekçeyi kimlik bilgilerini paylaşmadan sınıfın tartışmasına açar. Ortak tartışmanın ardından her öğrenci kendi çalışmasına dönerek bir düzenleme yapar. Sınıfça çözülemeyen konu bilgisi veya hesaplama güçlükleri, öğrencinin bireysel kaydında görünür kalır ve ek destek için kullanılır. Destek düzeyi, sınıfın tamamı için değişmez bir basamak olarak düşünülmemelidir. Aynı rubrikte bir öğrenci veriyi seçerken,

bir başkası seçtiği veriyi cümleye dönüştürürken zorlanabilir. İlkiyle hangi ölçümün soruya karşılık geldiği konuşulabilir. İkincisine ise seçtiği değerleri tablo üzerinde göstererek açıklamaya başlama olanağı verilebilir. Böylece destek, öğrencinin değerlendirme kararında karşılaştığı somut güçlük üzerinden şekillenir.

Bu kayıtlar basılı çalışma kâğıdında veya dijital bir dosyada tutulabilir. Örneğin ilk açıklama ile yenilenmiş açıklamanın yan yana yer aldığı bir sayfa, hangi cümlenin değiştiğini görmeye yetmektedir. Dijital ortam seçildiğinde de aranacak bilgi aynıdır: Öğrenci hangi ölçüte dönmüş, çalışmasında neyi değiştirmiş ve bu değişikliği nasıl gerekçelendirmiştir?

**Sonuç**

Fen derslerinde öz değerlendirme, öğrencinin kendi açıklamalarını ve öğrenme kararlarını sorgulaması için kullanılabilir. Bu bölümde önerilen ve Şekil 1'de gösterilen yaklaşımda öğrenci ölçütleri anlamlandırmakta, çalışmasından kanıt göstermekte, değerlendirme kararını gerekçelendirmekte ve ürününü yeniden düzenlemektedir. Döngü, deney planından bilimsel açıklamaya kadar farklı görevlerde kullanılabilecek bir öğretim çerçevesi sunmaktadır. Etkinliklerin bilişötesi yönü, öğrencinin düşüncesi hakkında genel ifadeler kullanmasından çok, belirli bir kararını gerekçeleriyle gözden geçirip değiştirmesinde aranmalıdır.

Araştırmalar öz değerlendirmenin öğrenmeyi destekleyebileceğine ilişkin bulgular sunarken, öğrencilerin değerlendirme kararlarında yanılabildiğini de göstermektedir. Bu nedenle öğretmen rehberliği ve konu öğretimi sürecin parçasıdır.

Sınıf uygulamalarında başarı ölçütü, doldurulan form sayısı veya öğrencinin kendisine verdiği yüksek puan olmamalıdır. Öğrencinin belirlediği eksikliği uygun kanıtla açıklaması, nasıl bir düzenleme yapacağına karar vermesi ve sonraki görevde bu kararı kullanması daha anlamlı göstergelerdir. Öz değerlendirme, bu koşullar sağlandığında fen öğrenmesinin sonuçlarını ve bu sonuçlara ulaşmak için kullanılan düşünme süreçlerini birlikte değerlendirmeye olanak verebilir.

**Kaynakça/References**

Andrade, H. L. (2019). A critical review of research on student self-assessment. *Frontiers in Education, 4*, Article 87. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00087

Andrade, H., & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment. *Theory Into Practice, 48*(1), 12-19. https://doi.org/10.1080/00405840802577544

Cengiz, C., & Alkan, Ş. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mesleki performanslarına yönelik öz-değerlendirmelerinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (41), 59-68. https://dergipark.org.tr/tr/pub/zgefd/article/1006095

Çakar Özkan, E., & Bümen, N. T. (2014). Fen ve teknoloji dersinde araştırmaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin erişilerine, kavram öğrenmelerine, üstbiliş farkındalıklarına ve fen ve teknoloji dersine yönelik tutumlarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi, 15*(1), 251-278. https://doi.org/10.12984/eed.57325

Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *The Journal of the Learning Sciences, 12*(1), 91-142. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_4

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist, 34*(10), 906-911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Gürsel, F. G., & Akçay, B. (2021). Üstbilişe dayalı öğretim yönteminin öğrencilerin üstbiliş farkındalıkları ve tutumlarına etkisi. *Trakya Eğitim Dergisi, 11*(2), 900-925. https://doi.org/10.24315/tred.745748

Hartelt, T., & Martens, H. (2024). Influence of self-assessment and conditional metaconceptual knowledge on students' self-regulation of intuitive and scientific conceptions of evolution. *Journal of Research in Science Teaching, 61*(5), 1134-1180. https://doi.org/10.1002/tea.21938

Hartelt, T., & Martens, H. (2025). How accurate are students in self-assessing their conceptions of evolution? *Science Education, 109*(3), 965-989. https://doi.org/10.1002/sce.21945

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81-112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

İnaltun, H., & Ateş, S. (2018). Fen bilimleri eğitiminde biçimlendirici değerlendirme: Literatür taraması. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 38*(2), 567-612. https://doi.org/10.17152/gefad.353975

Karakelle, S., & Saraç, S. (2007). Çocuklar için üst bilişsel farkındalık ölçeği (ÜBFÖ-Ç) A ve B formları: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Türk Psikoloji Yazıları, 10*(20), 87-103. https://psikolog.org.tr/tr/yayinlar/dergiler/1031828/tpy1301996120070000m000163.pdf

León, S. P., Panadero, E., & García-Martínez, I. (2023). How accurate are our students? A meta-analytic systematic review on self-assessment scoring accuracy. *Educational Psychology Review, 35*(4), Article 106. https://doi.org/10.1007/s10648-023-09819-0

National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded ed.). National Academy Press. https://doi.org/10.17226/9853

Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education, 31*(2), 199-218. https://doi.org/10.1080/03075070600572090

Özsoy, G. (2008). Üstbiliş. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 6*(4), 713-740. https://dergipark.org.tr/tr/pub/tebd/article/275094

Panadero, E., Jonsson, A., & Botella, J. (2017). Effects of self-assessment on self-regulated learning and self-efficacy: Four meta-analyses. *Educational Research Review, 22*, 74-98. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.004

Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education, 36*(1-2), 111-139. https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8

Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology, 19*(4), 460-475. https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033

Stanton, J. D., Sebesta, A. J., & Dunlosky, J. (2021). Fostering metacognition to support student learning and performance. *CBE-Life Sciences Education, 20*(2), Article fe3. https://doi.org/10.1187/cbe.20-12-0289

Tanner, K. D. (2012). Promoting student metacognition. *CBE-Life Sciences Education, 11*(2), 113-120. https://doi.org/10.1187/cbe.12-03-0033

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction, 16*(1), 3-118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64-72. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. *Studies in Science Education, 49*(2), 121-169. https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261

# BÖLÜM 4

# FEN BİLİMLERİ DERSİNDE KAVRAM YANILGILARINI GİDERMEDE KAVRAMSAL DEĞİŞİM METİNLERİNİN YERİ VE ÖRNEK KAVRAMSAL DEĞİŞİM METİNLERİ

**GAMZE DOLU**[1]
**MÜCAHİT ÖZEL**[2]

## Giriş

Fen bilimleri; çevremizdeki canlı ve cansız varlıkları, bunlar arasındaki etkileşimleri sebep sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaya çalışan disiplinler arası bir alandır. Fen eğitimi ile bireylerin, gerekli bilgi, beceri ve donanıma sahip olmaları sağlanır (Doğan vd.,2009; Korkmaz, N., Dolu, G., 2025a; Korkmaz, N., Dolu, G., 2025b). Fen öğretiminin amaçları ve öğrencilerin elde edeceği kazançlar: çevremizde meydana gelen fiziksel, kimyasal, biyolojik ve bilimsel olayları, olguları ve işleyişlerini tanımlayabilme, kavrayabilme ve açıklayabilme, bilimsel problem çözme, düşünme ve işlem yeteneklerini kazanabilme, bilimsel bilgileri günlük hayatta kullanabilme ve uygulayabilme, fen bilimlerine karşı

[1] Prof. Dr, Balıkesir Üniversitesi, İlköğretim Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Orcid: 0000-0002-2924-4098
[2] Öğretmen, MEB, Fen Bilimleri Öğretmeni, Orcid:0009-0004-4832-7712

olumlu tutumlar geliştirebilme ve kazanabilme, doğa ve insan sevgisini kazanabilme olarak belirtilmektedir (Bahar, 2006). Bu amaçlar doğrultusunda fen öğretiminde kavram öğretimi, yadsınamayacak kadar önemlidir (Kaptan ve Korkmaz, 2000; Yürük ve Çakır, 2000). Kavramlar, öğrenilmesi gereken bilginin temel kaynağıdır. Bu nedenle öğrencilerin konu ile ilgili önceki öğrenmeleri, yeni öğrenmelerini etkilemektedir. Bu durum yeni öğrenilen kavramların, eski bilgiler sebebiyle bilimsel açıdan eksik ve hatalı öğrenilmesine neden olmaktadır (Çetin, 2026; Ulutürk, Akçay ve Aydın, 2026; Yıldız, 2022). Öğrenmeyi olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden birisi, konu ile ilgili geçmişte öğrenilen hatalı bilgilerdir (Alamina and Etokeren, 2018; Aydoğan, Güneş ve Gülçiçek, 2003; Çaycı, 2007; Meşeci, Tekin ve Karamustafaoğlu, 2013; Tekkaya, Çapa ve Yılmaz, 2000; Tezcan ve Salmaz, 2005; Tunç, Akçam ve Dökme, 2011; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).

Yapılan araştırmalara göre öğrencilerin sınıf ortamına gelmeden önce sahip oldukları ön bilgilerinin, bilimsel açıdan doğru olan bilgileri öğrenmesini etkilediği fikri yaygın bir hale gelmiştir. Özellikle okula gelmeden öğrenilen hatalı bilgilerin sınıf ortamındaki doğru öğrenmelerin önündeki en önemli engellerden biri olduğu görülmüştür. Öğrencilerin sınıf ortamına getirdiği bu hatalı bilgiler için alanyazında; kavram yanılgısı, yanlış kavrama, alternatif çerçeve, kavram yanılgısı, çocuğun uydurduğu bilim gibi ifadeler kullanılmaktadır (Gilbert, Osborn, Fensham, 1982; Skely ve Hall, 1993; Taber, 1998). Böyle durumlarda öğretmenlere düşen en önemli görevlerden biri de, bu hatalı öğrenmelerin bilimsel bilgilerle değiştirilmesidir. Fakat bu süreçte kullanılan geleneksel yöntemler karşısında genellikle öğrencilerin zihninde bilimsel öğrenmelere karşı direnç oluşmaktadır (Ayas, 2019). Hatalı bilgilerin düzeltilebilmesi için aşağıdaki dört aşamanın sırasıyla gerçekleştirilmesi gerekir (Posner et al., 1982):

1. Öncelikle öğrencinin, sahip olduğu bilgilerin hatalı olduğuna dair ikna edilmesi gerekmektedir.

2. Yeni verilecek olan bilgi açık ve net bir biçimde verilerek kolay anlaşılabilir olmalıdır.

3. Verilen yeni bilginin öğrenci tarafından mantıklı bulunması gerekir.

4. Yeni bilgi öğrenci için kullanışlı olmalıdır.

Yukarıda belirtilen bu dört aşama uygulandığında, öğrencilerde bulunan kavram yanılgıları büyük ölçüde değiştirilebilir. Bu durumda, öğrencilerde kavramsal değişim gerçekleşmiş olur (Çaycı, 2007; Güneş vd., 2010; Pines ve West, 1986).

Fen bilimleri dersleri soyut kavramlar içermesi sebebiyle öğrenciler tarafından zorlanılan derslerin başında gelmektedir (Günbatar ve Sarı, 2005). Öğrenciler sınıfa gelmeden önce günlük yaşamda veya çevresel faktörlerin etkisiyle fen kavramlarıyla sıklıkla karşılaşabilmektedirler. Gerek bu durum, gerekse sınıflarda yapılan öğretim sonucu, öğrencilerde fen kavramlarının yanlış yapılandırılmasıyla birlikte sıklıkla kavram yanılgıları ortaya çıktığı alanyazında vurgulanmaktadır (Çil, Gökçen, ve İren, 2025; Damar, Kaplan ve Önder, 2024; Hewson ve Hewson, 1984; Treagust, 1988; Palmer, 2001; Ulaba, 2026). Kaya (2010); 2003-2004 eğitim öğretim yılı güz döneminde Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünde okuyan 62, 3. sınıf öğrencisiyle yaptığı çalışmada, “atom maddenin en küçük yapı taşıdır.” şeklinde rastladığı ifadeyi, kısmi kavram yanılgısı olarak belirtmiştir. Çünkü atomlar maddeyi oluşturduğu için bu ifade o anlamda doğrudur. Fakat bu tanımda geçen “en küçük” şeklindeki ifade atomun bölünemez yapıda olduğuna yönelik bir algı oluşturmaktadır. Bu nedenle atom ile ilgili yukarıda verilen tanım kısmi kavram yanılgısı ifadesidir. Kaya (2018)’ da ortaöğretimde öğrenim gören 271 son sınıf

öğrencisiyle yaptığı çalışmasında da aynı kısmi kavram yanılgısına ulaşmıştır.

Özalp ve Kahveci (2011) çalışmalarında; öğrencilerde maddenin dışarıdan yapılan müdahalelerden (hal değişimi, genleşme, ezilme iletkenlik vb.) doğrudan etkilendiği hatta parçalandıklarında, güçsüz kalarak madde özelliğini yitirdiği yanılgısını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde maddenin küçük parçalara ayrılması durumunda güçsüz kalarak madde özelliğini yitirdiği şeklindeki yanılgıya Meşeci vd. (2013) de ulaşmışlardır. Maddenin ezilmesi durumunda atomunda ezileceğine yönelik kavram yanılgısını farklı çalışmalarda da ortaya koyulmuştur (Ben-Zvi vd., 1986; Tezcan ve Salmaz, 2005; Sarıkaya ve Ergün 2014).

Kavram yanılgılarının sebepleri: önyargılı düşünceler, bilimsel olmayan inançlar, kavramsal yanlış anlamalar, dil yanılgıları, gerçeklere dayanan kavram yanılgıları, analoji ve metaforların doğru kullanılmamasından veya aşırı kullanılmasında kaynaklanan yanılgılar, sembolik bilgilerin yanlış bir şekilde dönüştürülmesinde meydana gelen yanılgılar, ders kitapları ve öğretmenlerden kaynaklanan yanılgılar olarak sınıflandırılabilir (Bahar, 2006).

Yıllarca kavram yanılgılarını gidermede çoğu öğretmen, geleneksel yöntemlerin en etkili yöntemler olduğunu savunmuştur (Ceylan, 2004; Güneş vd., 2010). Fakat geleneksel yöntemler; öğrencilerde kavram yanılgılarının bilimsel ifadelere dönüşmesi konusunda yetersiz kalmış olup öğrenciyi ezbere yönlendirmiş, sonraki süreçte öğrencilerde konuyla ilgili kavram yanılgılarının oluşmasının önüne geçememiştir (Dilber ve Düzgün, 2007). Yapılan birçok araştırmaya göre kavram yanılgılarının giderilmesinde geleneksel yöntemler etkili olamamışlardır (Akgün ve Aydın, 2009; Guzzetti, 2000; Köse, 2004; Osborne ve Cosgrove, 1983; OsborneandFreyberg, 1985; Strike ve Posner, 1976; Üce ve Sarıçayır, 2002). Çepni'ye (1997) göre; kavram öğretiminde

kavram haritası ve kavramsal değişim metinleri (KDM) gibi modern öğretim yöntemleri yerine soru-cevap, düz anlatım gibi geleneksel öğretim yöntemleri kullanmak, kavramların yeterince anlaşılamamasına veya yanlış anlaşılmasına sebep olmaktadır.

**Kavramsal Değişim Metinlerinin Alanyazındaki Yeri**

Kavramsal değişim metinleri; bireylerin sahip oldukları ya da sahip olabilecekleri kavram yanılgılarını içeren, öğrencilerin sahip oldukları kavramların neden yanlış olduğunu açıklayan ve sahip olunan kavram yanılgılarının bilimsel olanlarıyla değiştirilmesini amaçlayan metinlerdir (Gödek, Polat ve Kaya, 2018).

Kavram yanılgılarını gidermede birçok yöntem kullanılabilir. Bunlardan bazıları; KDM'ler, kavram karikatürleri, kavram haritaları ve tahmin- gözlem-açıklama yöntemidir (Aydın, 2007; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Uyanık ve Dindar, 2016). Alanyazın incelendiğinde KDM'lerin, bireyde var olan kavram yanılgılarının azaltılmasında ya da ortadan kaldırılmasında etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir (Alparslan, Tekkaya ve Geban, 2003; Çalık, Ayas ve Coll, 2008; Çaycı, 2007; Dilber ve Düzgün, 2007; Karyağdı, ve Aydın, 2023). Kavramsal değişimi esas alan çoğu yaklaşımda kullanılan yöntemler, az sayıda öğrenci üzerinde uygulandığında etkili olmaktadır. Fakat KDM'lerin; kalabalık sınıflarda da etkili olması, uygulanmasının kolay olması, zamandan tasarruf sağlaması gibi faktörlerden dolayı araştırmaya değer bir yaklaşım olduğu söylenebilir.

KDM'ler öğrencilerin, bilimsel açıdan geçerli olan kavramları yapılandırmalarına katkı sağlamaktadır (Altuntaş Aydın, 2011; Chambers ve Andre, 1997; Guzzetti, Synder ve Glass, 1992; Hynd ve Alverman, 1986; Maria ve MacGinite, 1987). Altay ve Balım'a (2021) göre, alanyazında kavram yanılgılarını giderme çalışmaları yetersiz olup, yapılan çalışmaların çoğu kavram

yanılgısı belirleme boyutuyla sınırlıdır. Ayrıca bu çalışmada; KDM'lerin yanılgıları gidermedeki etkisinin yanında, öğrencilerin kavram öğrenmelerinin kalıcılığı üzerindeki etkisinin de araştırılmış olmasının alanyazına katkısı bakımından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

Ünlü (2014); KDM'lerin 8. sınıf öğrencilerinin geleneksel yöntemlerle; atom, molekül ve madde konularındaki kavramlara yönelik başarı düzeyine ve fene olan tutumlarına etkisini karşılaştıran bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma, iki ayrı 8. sınıfta öğrenim gören 63 öğrenciye aynı araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Kontrol grubuna geleneksel öğretim yöntemle, deney grubuna ise KDM'ler ile uygulama yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda öğrencilerin atom, molekül ve madde konularındaki kavramlarla ilgili başarılarının KDM'ler ile öğretim yapılan sınıfa göre geleneksel yöntemlerle öğretim yapılan öğrencilerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Öğrencilerin fene olan tutumları açısından bakıldığında her iki grupta da anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Sevim (2007), örneklemini eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencilerinin oluşturduğu toplam 150 kişilik deney ve kontrol grupları ile yaptığı çalışmasını iki amaç üzerine kurgulamıştır. Bunlardan birincisi, öğretmen adaylarının çözeltiler ve kimyasal bağlanma konusunda sahip oldukları alternatif kavramlara yönelik KDM'ler hazırlamak ve öğretmen adaylarının sahip oldukları alternatif kavramların düzeltilmesinde KDM'lerin etkisini incelemektir. İkinci amaç ise KDM'lerin sürecin hangi aşamasında daha etkili olduğunu tespit etmektir. Çalışmada yarı deneysel desen kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının başlangıç seviyelerini ölçmek için ön test, çalışma sonunda öğretmen adaylarında meydana gelen gelişmeyi görebilmek için son test ve gelişmenin kalıcılığını belirlemek için hatırlatma testi uygulamıştır. Araştırma bitiminde KDM'lerin, yanılgıları

gidermede ve kalıcılık üzerindeki etkisinin geleneksel yönteme göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Çelik'in (2024) yaptığı çalışmada, ortaokul 8.sınıf öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konusunda sahip oldukları kavram yanılgılarının belirlenmesi ve yanılgıların giderilmesinde KDM'lerin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada yarı deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini; deney grubunda 26, kontrol grubunda 23 öğrenci olmak üzere toplam 49 kişi oluşturmaktadır. Kontrol grubuna düz metinlerle, deney grubuna KDM'ler ile öğretim yapılmıştır. Veri toplama aracı olarak, ısı ve sıcaklıkla ilgili dört aşamalı kavram yanılgısı belirleme testi kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; kavram yanılgılarının giderilmesinde, KDM'ler ile düz metinlerin arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir.

Kavram yanılgılarının giderilebilmesi kadar, kavramların bilimsel açıdan doğru ifadelerinin öğrencilerin zihnine kalıcı olarak yerleşebilmesi de son derece önemlidir. Alanyazın incelendiğinde; KDM'lerin, kavram yanılgılarının giderilmesinde kalıcı katkılar sunduğuna dair çalışmalara rastlanmaktadır (Çaycı, 2007; Durmuş, 2009; Sevim, 2007; Uyanık ve Dindar, 2016).

Aydın (2011) yaptığı doktora tezinde "hücre bölünmesi ve kalıtım" konularında yapılandırmacı yaklaşıma göre hazırlanmış etkinlikler, kavramsal değişim metinleri, kavram haritaları, zihin haritaları, kavram karikatürleri, analojiler ve modelleri kullanarak, öğrencilerde bulunan kavram yanılgılarının giderilmesini araştırmıştır. Araştırma sonucunda; uygulanan bu yöntem ve tekniklerin öğrencilerde bilgilerin kalıcılığını sağladığını ve öğrencilerin olumlu yönde tutum geliştirdiklerini ortaya koymuştur.

Sinanoğlu (2017), 6. sınıf Fen Bilimleri "Bitki ve Hayvanlarda Üreme, Büyüme ve Gelişme" ünitesindeki konular için kavram karikatürleri ve kavramsal değişim metinleri

geliştirmiş ve çalışmasında öğrencilerin akademik başarısına ve kalıcılığına etkisini araştırmıştır. Uygulamayı 6. sınıflarda 30 kişilik deney grubu ve 30 kişilik kontrol grubuna gerçekleştirmiştir. Kontrol grubunda geleneksel yöntem ile ders işlenirken, deney grubunda dersi kavram karikatürü ile kavramsal değişim metinleriyle anlatmıştır. Her iki gruba da ön-test ve son-test olarak 20 soruluk çoktan seçmeli başarı testi uygulamış ve 2 ay sonra da aynı testi kalıcılık testi olarak uygulamıştır. Başarı testi için deney grubunun lehine bir sonuç elde ederken, kalıcılık testi için ise iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığını belirlemiştir.

Özel (2025); 7. sınıf maddenin tanecikli yapısı konusu ile ilgili öğrencilerde var olan kavram yanılgılarının belirlenmesi, yanılgıların giderilmesinde ve kavramların kalıcılığı üzerinde KDM'lerin etkisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasını 14 erkek, 10 kız olmak üzere toplam 24 öğrenci ile gerçekleştirmiştir. Çalışmada betimsel analiz kullanılmıştır. Çalışma kapsamında hazırlanan kavram testi, uygulanan dört aşamanın her birinin sonunda olmak üzere toplam dört defa uygulanmıştır. Ardından uygulanan testlerden elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; KDM'ler kullanılarak yapılan öğretim sonucunda kavram yanılgılarının önemli ölçüde ortadan kalktığı tespit edilmiştir. Ayrıca üç ay sonra uygulanan test sonuçlarına göre, KDM'lerin kavramların kalıcılığı üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür.

**Kavramsal Değişim Metinlerinin Oluşturulması**

Öncelikle uygulayıcılar KDM'leri oluştururken öğrencilerin sahip olduğu veya muhtemel sahip olabileceği kavram yanılgılarını belirlemelidirler. Daha sonra bu yanılgıların yanlışlığı ve yetersizliği KDM'lerin içinde vurgulanmalıdır. Burada amaç, öğrencileri bu şekilde kendi inanışlarının veya bildiklerinin yanlış olduğuna ikna etmektir. Ardından KDM'lerde kavramın doğrusu,

bilimsel bir biçimde ve örneklerle öğrencilerin anlayacağı şekilde açık ve net olarak açıklanmalıdır. Bu şekilde hazırlanan KDM'ler, çoğunlukla dersin anlatılması esnasında öğrencilere dağıtılır ve öğrencilerin bireysel ya da grup olarak incelemeleri istenir. Tek tek ya da gruplar halinde KDM'leri okuyan öğrenciler, inandığı bilgilerle, metinde verilen bilimsel bilgileri karşılaştırır ve düşünürler. Herkes metinleri sessizce okuduktan sonra sınıfta tartışma ortamı oluşturularak öğrencilerin doğru düşünceye ulaşmaları sağlanır (Ayas, 2019; Sungur, Tekkaya ve Geban, 2001).

**Kavramsal Değişim Metinleri Örnekleri**

Aşağıda ortaokul 7.sınıf "maddenin tanecikli yapısı" konusunda hazırlanan kavramsal değişim metinlerine ait örnekler verilmiştir.

**Atom Nedir?**

**Soru:** Atomu tanımlayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler atomu "maddenin bileşenlerine ayrılamayan en küçük yapı taşı", "maddenin kimliğini oluşturan bölünemez parçacık", "her maddenin yapısını oluşturan aynı özellikteki bölünebilir parçacıklardır." şeklinde tanımlamaktadır. Oysaki atomla ilgili yapılan bu tanımlar hatalıdır.

Atom kelimesi, Yunanca bölünemeyen anlamına gelen atomos kelimesinden türetilmiştir. 1800'lü yılların sonunda önce elektronun, sonra çekirdeğin, ardından proton ve nötronun keşfiyle atomun daha küçük parçalara bölünemeyeceği fikri geçerliliğini kaybetti.

2. Dünya Savaşı sırasında 1945 yılında Japonya'nın Hiroşima (6 Ağustos) ve Nagazaki (9 Ağustos) kentlerine atılan atom bombasının temelinde atomun parçalanmasıyla ortaya çıkan devasa enerji yatmaktadır. Ayrıca nükleer santrallerde üretilen enerji radyoaktif atomların parçalanmasıyla elde edilir.




Atom çekirdek ve çekirdeğin etrafında bulunan elektronlardan meydana gelmiş olup büyük oranda boşluklu yapıdadır. Çekirdekte proton (p) ve nötron (n) yer alır. Çok sayıda atom bir araya gelerek maddeyi meydana getirir. Örneğin; altın ile gümüş elementi çok sayıda atomun bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Fakat altını meydana getiren atomlar ile gümüşü meydana getiren atomların farklı proton sayısına sahip olması altın ve gümüşün farklı maddeler olarak karşımıza çıkmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle atomlar maddenin kimliğini oluşturur. Ayrıca proton (p) ve elektron (e) sayılarının farklılığına göre değişen p-e ve e-e etkileşimlerine bağlı olarak atom yarıçapı atomdan atoma değişmektedir.

Tüm bu bilgilerin ışığında atomun en doğru tanımı; elementlerin kimyasal özelliklerini taşıyan, daha küçük alt birimlerden oluşan, bölünebilir parçacıktır şeklinde olacaktır.

**Atomu Gözlemleyelim**

**Soru:** Atom ile ilgili gözlemler nasıl yapılır?

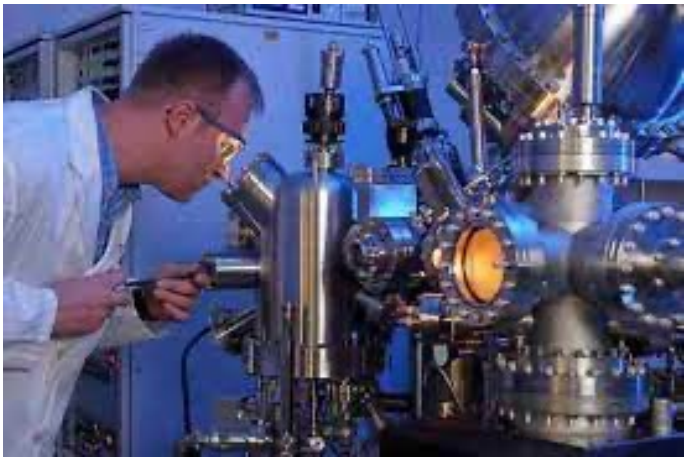
.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler atomun tıpkı hücre gibi mikroskop ile görülebileceğini düşünür. Bazıları atomun hiçbir şekilde görülemeyeceğini, bazıları ise doğrudan herhangi bir alet olmadan çıplak gözle görülebileceğini düşünür. Halbuki bu düşünceler tamamen hatalıdır.

Okullarda kullandığımız mikroskoplar ışık mikroskoplarıdır. Bu mikroskoplar ancak hücreyi genel hatlarıyla görüntüleyebilecek kadar büyütme yapabilme kapasitesine sahiptir. Atomlar hücreden çok daha küçük yapılar olduğundan, ışık mikroskobu altında gözlenmesi mümkün değildir.

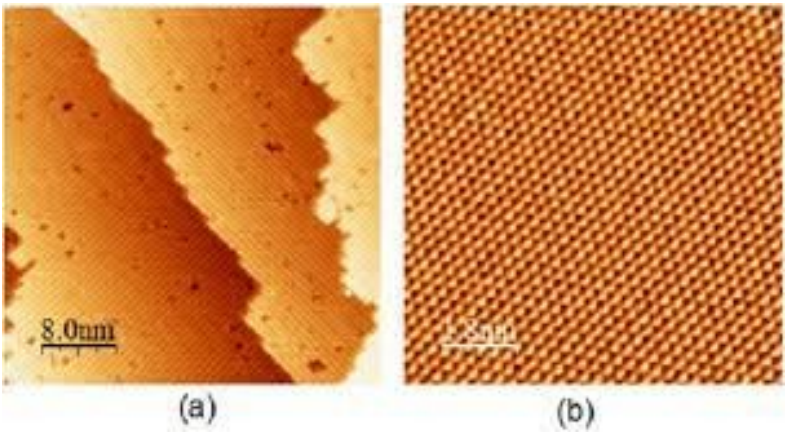
Günümüzde artık atomların gerçekliği konusunda hiçbir şüphemiz olmadığı gibi, atom ve atom altı parçacıklara ilişkin çağdaş fizikteki gelişmelerin ürünü olan teknolojiyi de günlük hayatımızda yine hiçbir kuşku duymadan kullanmaktayız. Üstelik bu teknoloji yardımıyla artık atomları izlemekte mümkün hale gelmiştir.

Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM) denilen cihazla maddenin yüzeyindeki atomlar görüntülenebilir. Taramalı tünelleme mikroskobu, yüzeyleri atomik düzeyde görüntülemek için kullanılan alettir. 1981'de Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından icat edilmiş olup bu icatla 1986 Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmışlardır. Aşağıdaki görselde taramalı tünelleme mikroskobu gösterilmiştir.



Taramalı Tünelleme Mikroskobu

Aşağıdaki görselde altın atomlarının taramalı tünelleme mikroskobu (stm) altındaki görüntüsü verilmiştir.




Sonuç olarak; günümüzdeki teknolojik imkânlar sayesinde atomlar ışınlarla uyarılarak yüksek çözünürlüklü mikroskoplar yardımıyla görüntülenebilmektedir. Fakat okullardaki laboratuarlarda kullandığımız ışık mikroskobu adı verilen mikroskoplar atomları görüntüleme kapasitesine sahip değildir.

**Modern Atom Teorisi**

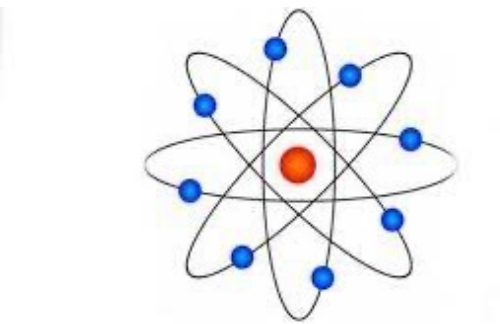
**Soru:** Modern atom teorisine göre atom modeli nasıldır? Atomun katmanları var mıdır?

.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler atom modelini çizerken elektronların katmanlarda (yörüngede) bulunduğunu düşünmektedir. Hatta çoğu kitapta atom modeli gösterilirken elektronların katmanlarda (yörünge) bulunduğu ifade edilir ve o şekilde resmedilir. Ayrıca çoğu zaman öğretmenlerde bu şekilde ifade eder. Halbuki bu düşünceler tamamen yanlıştır.

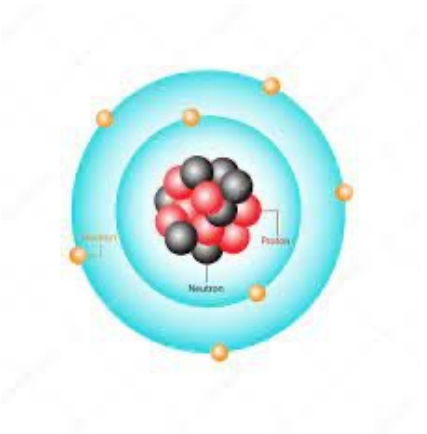
Atom modellerinin tarihsel gelişimine baktığımız zaman çeşitli dönemlerde farklı modeller ortaya atılmıştır. Özellikle son dönemde ortaya atılan atom modellerini incelediğimizde kavram yanılgısının burada ortaya çıktığı görülmektedir. Günümüzde geçerli kabul edilen atom modeli "Modern Atom Teorisi" olmasına rağmen Rutherford atom modeli ve Bohr atom modeli ile sıklıkla karıştırılmakta ve iç içe kullanılmaktadır.

Aşağıda görseli verilen Rutherford Atom Modeli incelendiğinde elektronların enerji katmanlarında döndüğünü ileri sürülmüştür. Rutherford atomu güneş sistemine benzetmiştir.



Rutherford Atom Modeli

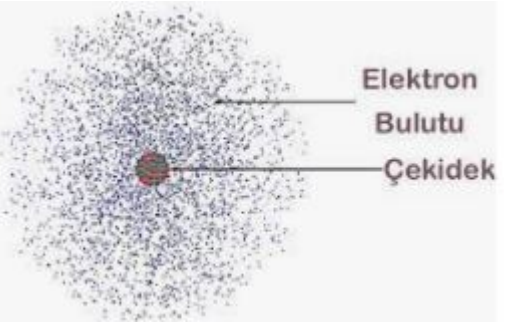
Bohr Atom Modeli incelendiğinde ise; o ana kadar elektronların çekirdek etrafında dairesel yörüngelerde dolandığı ifade edildi. Fakat bu elektronların çekirdek etrafında nasıl bir yörüngede dolandığı ile ilgili bir netice ortaya konamamıştır. Bohr ise atom teorisinde elektronların hareketini bu noktadan inceledi. Bohr Atom Modeli'ne göre elektronlar çekirdeğin çevresinde ve çekirdeğe belirli uzaklıklarda bulunan katmanlarda dolanıyordu. Aşağıdaki görselde "Bohr Atom Modeli" gösterilmiştir.




Bohr Atom Modeli

Modern atom teorisine göre ise; elektronlar hem kendi etrafında hem de çekirdek etrafında çok hızlı bir şekilde hareket eder. Elektronlar çok hızlı hareket ettiği için yerleri tam olarak tespit edilememektedir. Dolayısıyla belirli bir yörüngeden bahsetmek mümkün değildir. Sadece elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgeler vardır ve bu bölgeler "elektron bulutu" olarak adlandırır.

Aşağıdaki görselde Modern Atom Teorisi'ne göre atomun yapısı verilmiştir.




Modern Atom Teorisi'ne göre atomun yapısı

Sonuç olarak; günümüzde kabul edilen atom modeli Modern Atom Teorisi'ne göre şekillenmiştir. Bu teoriye göre elektronlar çok hızlı bir şekilde hareket ettiği için belirli bir yörüngeden(katmandan) bahsedilemez. Sadece elektronların bulunma ihtimalinin yüksek olduğu bölgeler vardır. Bu bölgelere elektron bulutu ya da orbital adı verilir. Bu nedenle atom modeli ifade edilirken yörünge veya katman kavramlarından bahsetmek doğru değildir.

**Elektronların Yolculuğu**

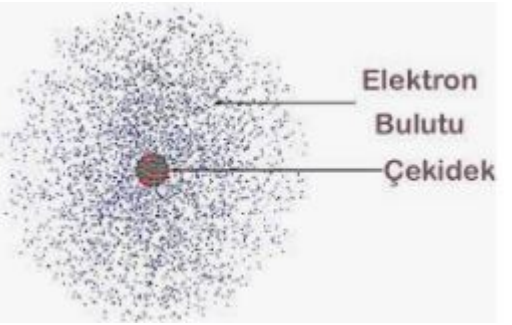
**Soru:** Atomun yapısında bulunan elektronların hareketi ile ilgili düşüncelerinizi yazınız.

.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler elektronların; "çekirdek etrafında sabit katmanlarda döndüğünü", "sabit bir yerinin olmayıp farklı katmanlarda bulunabileceğini", "elektronların atom içinde dağınık halde bulunduğunu" düşünür. Oysaki bu düşünceler hatalıdır.

Tarih boyunca maddenin görünmeyen iç yapısı hep merak edilmiştir. Eski çağlardan günümüze kadar farklı bilim insanları atomun yapısına dair çeşitli fikirler ortaya atmıştır. Ortaya atılan bu fikirler gelişen teknolojik imkânlarla birlikte çürütülmüş, geliştirilmiş ya da desteklenmiştir. Günümüzde atomun yapısı ile ilgili kabul edilen bilgiler "Modern Atom Teorisi" ile ortaya atılmıştır.

Modern atom teorisine göre; elektronlar hem kendi etrafında hem de çekirdek etrafında çok hızlı bir şekilde hareket eder. Elektronlar çok hızlı hareket ettiği için yerleri tam olarak tespit edilememektedir. Dolayısıyla belirli bir yörüngeden bahsetmek mümkün değildir. Sadece elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgeler vardır ve bu bölgeler "elektron bulutu" olarak adlandırır.




Modern Atom Teorisi'ne göre atomun yapısı

1927 yılında Alman fizikçi Heisenberg'in ortaya attığı "Belirsizlik İlkesi" ne göre elektron gibi bir temel parçacığın hızını kesin değeriyle ölçmeye kalkışmak bu parçacığın yerini önceden kestirilemeyecek biçimde değiştirir. Bu nedenle elektronun hızını ölçerken aynı anda yerini de belirlemek mümkün değildir.

Sonuç olarak; elektronlar çekirdek etrafında çok hızlı bir şekilde hareket ederler. Elektronların yerini ve hızını aynı anda tespit edemeyiz.

**Saflık**

**Soru:** Su molekülü farklı atomlardan (H ve O) oluşmasına rağmen saf madde midir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler yapısında farklı cins atom bulunan maddeleri saf madde olarak kabul etmemektedir. Su ($H_2O$), karbondioksit ($CO_2$) gibi maddelerin yapısında farklı cins atomlar barındırması sebebiyle bu tür maddeleri karışım olarak adlandırmaktadır. Oysaki bu düşünceler tamamen yanlıştır.

Saf maddeler element ve bileşik olmak üzere ikiye ayrılır. Elementler tek cins atomlardan meydana gelirken, bileşikler en az iki cins atomun belli bir oranda bir araya gelmesiyle oluşur. Öğrenciler çoğunlukla elementler tek cins atomlardan oluştuğu için elementleri saf madde olarak kabul ederken, bileşikleri saf madde olarak kabul etmekte zorlanabilmektedirler.

Bileşikleri oluşturan atomlar başlangıçtaki özelliklerini kaybederek yepyeni bir madde oluşturdukları için saf maddedir. Örneğin; suyu oluşturan hidrojen atomu tek başına iken yakıcı, oksijen atomu ise yanıcı özellik gösterir. Fakat su bileşiği ($H_2O$) ne yanıcı ne de yakıcıdır. Bu durum bize suyun saf madde olduğunu gösterir. Ayrıca bileşiği oluşturan atomlar belli oranlarda bir araya geldikleri için aralarında kimyasal bağ kurarlar. Bu da yeni bir madde yani saf madde meydana geldiğini gösterir.

Karışımları oluşturan maddeler rastgele bir araya geldikleri ve başlangıçtaki özelliklerini kaybetmedikleri için saf madde değildir.

Sonuç olarak; su molekülü farklı atomlardan oluşmasına rağmen molekülü oluşturan taneciklerin başlangıçtaki özelliklerini yitirip tamamen farklı özelliklere sahip yepyeni bir madde oluşturması nedeniyle saf maddedir.

**Hal Değişimi**

**Soru:** Aynı maddenin katı haldeki molekülleri ile gaz haldeki molekülleri karşılaştırıldığında (taneciklerin kütlesi ve hacmi bakımından) neler söylersiniz?

.....
.....
.....
.....
.....

Bazı öğrenciler madde hal değiştirdiğinde taneciklerinin de değiştiğini düşünmektedir. Bu kapsamda öğrenciler örneğin; hal değiştiren su moleküllerinin hacim olarak katı haldeki moleküllerinden farklı olduğunu, kütlelerinin ve sıcaklıklarının değiştiğini düşünmektedir. Halbuki bu düşünceler tamamen yanlıştır.

Bir maddeyi ısıttığımızda, taneciklerin kinetik enerjileri artar ve tanecikler (atom, molekül, iyon) daha hızlı hareket ederler. Verilen enerjiye bağlı olarak, tanecikler arası etkileşimi yendikleri ölçüde tanecikler birbirlerinden uzaklaşmaya başlarlar. Tanecikler arası uzaklığın artması nedeniyle maddenin hacminde bir artış görülür.

Sonuç olarak; madde ısıtıldığı zaman taneciklerin büyüklüklerinde ve sıcaklıklarında herhangi bir değişim olmaz, tanecikler arası uzaklık değişir. Buz, su, su buharı ve gaz hallerinde $H_2O$ molekülünün tanecikleri aynı büyüklüktedir. Tanecik boyutunda hacim ve kütle bakımından bir farklılık olmaz.

**Kaynaklar**

Alamina, J. I., & Etokeren, I. S. (2018). Effectiveness of imagination stretch teaching strategy in correcting misconceptions of students about particulate nature of matter. *Journal of Education, Society and Behavioural Science, 27*(1), 1-11.

Akgün, A., & Aydın, M. (2009). Erime ve çözünme konusundaki kavram yanılgılarının ve bilgi eksikliklerinin giderilmesinde yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına dayalı grup çalışmalarının kullanılması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 8*(27), 190- 201.

Alparslan, C., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2003). Using the conceptual change instruction to improve learning. *Journal of Biological Education, 37*(3), 133-137.

Altay, E., & Balım, A. G. (2021). Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili kavram yanılgılarının tespiti. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 12*(2), 576-592.

Altuntaş Aydın, M. (2011). *Model ve kavramsal değişim metinlerinin birlikte kullanılmasının ilköğretim 7. Sınıf öğrencilerinin "atomun yapısı" konusunu anlamaları üzerine etkisi.* (Tez No. 300414) [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Ayas, A., (2019). Kavram öğrenimi. İçinde S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya: Fen ve teknoloji öğretimi* (14. baskı, ss. 192-220). Pegem Akademi.

Aydoğan, S., Güneş, B., & Gülçiçek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanılgıları. Gazi Üniversitesi *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23*(2), 111-124.

Aydın, Z. (2007). *Isı ve sıcaklık konusunda rastlanan kavram yanılgıları ve bu kavram yanılgılarının giderilmesinde kavram*

*haritalarının kullanılması.* (Tez No. 200943) [Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Aydın, G. (2011). *Öğrencilerin "hücre bölünmesi ve kalıtım" konularındaki kavram yanılgılarının giderilmesinde ve zihinsel modelleri üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkisi.* (Tez No. 286527) [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Bahar, M., (Ed.), *Fen ve Teknoloji Öğretimi,* 1. Baskı, Pegem A Yayıncılık, Ankara, (2006).

Ceylan, E. (2004). *Effect of instruction using conceptual change strategies on students` conceptions of chemical reactions and energy.* https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Chambers, S. K., & Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. Journal of Research in Science Teaching: *The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 34*(2), 107-123.

Çakır, Ö. S., Geban, Ö., & Yürük, N. (2002). Effectiveness of conceptual change text- oriented instruction on students' understanding of cellular respiration concepts. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 30*(4), 239-243.

Çalık, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2008). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. International *Journal of Science and Mathematics Education, 7,* 651-676.

Çaycı, B. (2007). Kavram değiştirme metinlerinin kavram öğrenimi üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27*(1), 87-102.

Çelik, E. (2024*). 8. sınıf öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi ve kavramsal değişim metinleri ile kavram yanılgılarının iyileştirilmesi.* (Tez No. 866121) [Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Çetin, Z. B. (2026). Kavram Yanılgıları: Kaynakları ve Tespiti. *İlkokulda Fen Kavramlarının Öğretimi ve Stratejileri,* 45.

Çepni, S. (1997). Lise fizik-I ders kitabında öğrencilerin anlamakta zorluk çektikleri anahtar kavramların tespiti. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 2*(15), 86-96.

Çil, E., Gökçen, E., & İren, I. (2025). Fen bilimleri öğretmen adaylarının okyanuslar hakkındaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi, 8*(2), 187-213.

Damar, A., Kaplan, A. Ö., & Önder, İ. (2024). Fen Bilimleri Öğretim Programında Kütle ve Ağırlık Kavramlarının Öğretiminde Öğretmenlerin Karşılaştıkları Zorluklar ve Çözüm Önerileri. *Journal of Interdisciplinary Education: Theory and Practice, 8*(1), 1-15.

Dilber, R., & Düzgün, B. (2007). An investigation of effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understandings of brightness concepts. *Journal of Science Education, 8*(1), 46-52.

Doğan, N., Çakıroğlu, J., Bilican, K. ve Çavuş, S. (2009). *Bilimin Doğası ve Öğretimi,* 1.Baskı, Pegem Akademi, Ankara, 3.

Durmuş, J. (2009). *İlköğretim fen bilgisi dersinde kavramsal değişim metinlerinin ve deney yönteminin akademik başarıya ve kavram yanılgılarını gidermeye etkisi.* (Tez No. 234852) [Yüksek

lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Gilbert, J.K., Osborn, J.R., & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching, *Science Education, 66,* 623-633.

Gödek, Y., Polat, D., & Kaya, V.H. (2018). *Fen bilgisi öğretiminde kavram yanılgıları.* Pegem Akademi.

Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: What have we learned from over a decade of research? *Reading & Writing Quarterly, 16*(2), 89-98.

Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., & Glass, G. V. (1992). Promoting conceptual change in science: Can texts be used effectively? *Journal of Reading, 35*(8), 642-649.

Günbatar, S., & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(1), 185-197.

Güneş, T., Şener Dilek, N., Demir, E. S., Hoplan, M., & Çelikoğlu, M. (2010). *Öğretmenlerin kavram öğretimi, kavram yanılgılarını saptama ve giderme çalışmaları üzerine nitel bir araştırma.* International Conference on New Trends in Education and Their Implications, Antalya, Türkiye.

Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science, 13*(1), 1-13.

Hynd, C., & Alvermann, D. E. (1986). The role of refutation text in overcoming difficulty with science concepts. *Journal of Reading, 29*(5), 440-446.

Kaptan, F., & Korkmaz, H. (2000). *İlköğretimde etkili öğretme ve öğrenme öğretmen el kitabı: İlköğretimde fen bilgisi öğretimi.*

Karakuyu, Y., & Tüysüz, C. (2011). Elektrik konusunda kavram yanılgıları ve kavramsal değişim yaklaşımı. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10*(2), 867 - 890.

Karyağdı, M., & Aydın, G. (2023). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarıyla Gerçekleştirilen Teknoloji Destekli Kavramsal Değişim Etkinliklerinin Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty,* (68), 156-184.

Kaya, A. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık ve atom kavramlarını anlama seviyelerinin tespiti. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi, 12*(1), 15-37.

Korkmaz, N., Dolu, G. (2025a). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Çerçevesinde 5. Sınıf Fen Bilimleri Ders Kitabındaki Etkinliklerin Çoklu Zekâ Kuramına Göre Analizi. *Milli Eğitim Dergisi, 54*(1), 141-186.

Korkmaz, N., Dolu, G. (2025b). *Kuantum Öğrenme Modeli İle Maddenin Tanecikli Yapısı Konusunun Öğretilmesine Ait Etkinlik Örnekleri.* XI. International Social Sciences Conference, November 28-30, Uzbekistan.

Maria, K., & MacGinitie, W. (1987). Learning from texts that refute the reader's prior knowledge. *Literacy Research and Instruction, 26*(4), 222-238.

Meşeci, B., Tekin, S., & Karamustafaoğlu, S. (2013). Maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanılgılarının tespiti. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* (9), 20-40.

Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching, 20*(9), 825-838.

Osborne, R. J., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science.* Heineman Education.

Özalp, D., & Kahveci, A. (2011). Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili iki aşamalı tanılayıcı soruların ontoloji temelinde geliştirilmesi. *Milli Eğitim Dergisi, 41*(191), 135-156.

Özel, M. (2025). *Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi ve yanılgıların giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisi* (Tez No. 962460) [Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education, 23*(7), 691- 706.

Pines, A. L., & West, L. H. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education, 70*(5), 583-604.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211-227.

Sarıkaya, M., & Ergün, A. (2014). İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atom ve moleküllerin şekli üzerine bazı fiziksel etkenlerin etkisini anlamalarının araştırılması. *Turkish Journal of Education, 3*(3), 56-73.

Sevim, S. (2007). *Çözeltiler ve kimyasal bağlanma konularına yönelik kavramsal değişim metinleri geliştirilmesi ve uygulanması.* (Tez No. 212054) [Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/Ulusal TezMerkezi/

Skelly, K. M. (1993). *The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry.* Third misconcepitons seminar proceedings.

Sinanoğlu, K. (2017). *Kavram karikatürleri ve kavramsal değişim metinlerinin 6. sınıf öğrencilerinin bilişsel yüküne, akademik başarısına ve kalıcılığına etkisi* (Tez No. 478404) [Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1976). 3: Epistemological perspectives on conceptions of curriculum organization and learning. *Review of Research in Education, 4*(1), 106- 141.

Sungur, S., Tekkaya, C., & Geban, Ö. (2001). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to students' understanding of the human circulatory system. *School Science and Mathematics, 101*(2), 91-101.

Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Jornal of Science Education, 18*(5), 557-568.

Tekkaya, C., Çapa, Y., & Yılmaz, Ö. (2000). Biyoloji öğretmen adaylarının genel biyoloji konularındaki kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 18,* 140-147.

Tezcan, H., & Salmaz, Ç. (2005). Atomun yapısının kavratılmasında ve yanlış kavramaların giderilmesinde bütünleştirici ve geleneksel öğretim yöntemlerinin etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(1), 41-54.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education, 10*(2), 159- 169.

Tunç, T., Akçam, H. K., & Dökme, İ. (2011). Üç aşamalı sorularla sınıf öğretmeni adaylarının bazı temel fen kavramları hakkında sahip oldukları kavram yanılgıları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 31*(3), 817-842.

Ulaba, K. S. (2026). Kavram Haritaları Yöntemi İle Kavram Öğretimi. *İlkokulda Fen Kavramlarının Öğretimi ve Stratejileri,* 105.

Ulutürk, S. M., Akçay, B., & Aydın, Z. (2026). İlkokul Öğrencilerinin Sahip Olduğu Fen Kavram Yanılgıları ve Giderilmesi. *İlkokulda Fen Kavramlarının Öğretimi ve Stratejileri,* 61.

Uyanık, G., & Dindar, H. (2016). İlkokul 4. sınıf fen bilimleri dersinde kavramsal değişim metinlerinin kavram yanılgılarının giderilmesine etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 36*(2), 349-374.

Üce, M., & Sarıçayır, H. (2002). Üniversite 1. sınıf genel kimya dersinde asit-baz konusunun öğretiminde kavramsal değişim metinleri ve kavram haritalarının kullanılması. *MÜ Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 1*(16), 163- 170.

Ünlü, Y. (2014). *Conceptual change texts oriented instruction in teaching solution concepts* (Tez No. 368782) [Doctoral thesis, Middle East Technical University]. YÖK Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Yağbasan, R., & Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanılgılarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1*(13), 102-120.

Yıldız, A. (2022). Fen bilimlerinde kavram yanılgılarına sebep olan etkenlerin tartışılması. *Kesit Akademi Dergisi, 8* (31), 209-219.

Yürük, N., & Çakır, Ö. S. (2000). Lise öğrencilerinde oksijenli ve oksijensiz solunum konusunda görülen kavram yanılgılarının saptanması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 18,* 185-191.

# BÖLÜM 5

# ÇEVRE EĞİTİMİNDE UYGULAMALI SU ANALİZİ: RENK KARTLARIYLA ERİŞİLEBİLİR BİR ETKİNLİK TASARIMI

**ÖZLEM TAŞKIN**[1]
**AHMET ÜNAL**[2]
**ÖZGÜR HÜSEYİNBAŞ**[3]
**ZEKERİYA YERLİKAYA**[4]

## Giriş

Dünya nüfusu her yıl yaklaşık 100 milyon artıyor ve halihazırda 7,6 milyarı geçmiş durumda. Sağlık hizmetlerindeki iyileşme ve yükselen yaşam standartları ortalama insan ömrünü uzatırken, bu hızlı artış gelişen teknolojiyle birleşerek dünya ekonomisini büyütüyor. Aynı süreç, insan sağlığını tehdit eden çevre kirliliğini de beraberinde getiriyor (Çolakoğlu, 2008).

[1] Uzman, Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Orcid: 0009-0006-4317-9831
[2] Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Orcid: 0000-0001-8617-6602l
[3] Uzman Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, İlköğretim, Orcid: 0000-0003-1049-9514
[4] Prof. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Orcid: 0000-0003-3659-2100

Çevre, uyum içinde yaşayan canlı ve cansız varlıkların bir arada bulunduğu doğal ortamdır. Hava, su ve toprak bu ortamın temel fiziksel unsurlarıdır. Bu unsurların kirleticilerin etkisiyle doğal özelliklerini yitirmesi ve canlıların yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilemesi durumuna çevre kirliliği adı verilir (Kocataş, 2008).

Su kaynakları söz konusu olduğunda baskının doğal tehlikelerden çok insan kaynaklı olduğunu söylemek mümkündür. Suyun kirletilerek insanlara ve diğer canlılara zararlı hale gelmesine su kirliliği denir. Bu kirlilik insan faaliyetleri sonucu oluşabildiği gibi, diğer canlıların faaliyetleri veya doğal nedenlerle de ortaya çıkabilir (Şahin, 2011; Keleş & Hamamcı, 2005; Yanarateş & Yılmaz, 2020). Sanayileşme, nüfus artışına bağlı tüketim ve enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı su kirliliğini günümüzde ciddi boyutlara taşımıştır.

Bu sorunların çözümünde cezai yaptırımlar ve mevzuat tek başına yeterli olmaz. Bireylerde çevre bilinci gelişmeden alınan idari önlemler sınırlı kalır. Bilincin gelişmesi ise eğitimle mümkündür ve bu eğitimin erken yaşlarda başlaması gerekir. Bireylerin doğaya yönelik olumlu davranışlar benimsemesinin temelinde, erken yaşlarda kendi yaşam alanlarını keşfetmeleri yer almaktadır. İnsan, ancak bağ kurabildiği ve bilgi sahibi olduğu bir çevreyi koruma ve sahiplenme eğilimi gösterir. Bu doğrultuda, doğal ortamdan soyutlanmış kişilerin çevre bilincine sahip olması güçtür (Özdemir, 2017).

Çevre eğitiminin temel gayesi ise ekolojik sorunlara karşı farkındalığı yüksek, insan-doğa ilişkisini sağlıklı yürüten "çevre okuryazarı" nesiller inşa etmektir (Hsu & Roth, 1998; Yılmaz & Yanarateş, 2020). Günümüzde de kritik bir ihtiyaç olan ekolojik okuryazarlığın yaygınlaşması için yalnızca teorik bilgi aktarımına dayanan geleneksel müfredat, ders kitabı ve öğretmen eğitimi yaklaşımlarının hızla dönüştürülmesi gerekmektedir (Özdemir,

2017).Çevre eğitiminin yaygın sorunu, konunun büyük ölçüde teorik düzeyde kalmasıdır (Hüseyinbaş, Ünal & Yerlikaya, 2021). Örneğin, öğrenciye su kirliliğinin tehlikelerinden söz edilir, ancak öğrenci kendi musluğundan akan suyunya da okulunun yanındaki derenin kirliliği hakkında fikir sahibi değildir. Bu kirliliği ölçmediği için de kirliliğin somut bir karşılığı zihninde oluşmaz. Bu boşluğun temel nedeni erişimdir. Su kalitesi analizleri genellikle spektrofotometre gibi pahalı cihazlar, donanımlı laboratuvarlar ve deneyimli personel gerektirir. Ortalama bir okulda bu koşulların üçü de yoktur.

Bu bölüm, söz konusu engeli aşmak için tasarlanmış bir etkinliği adım adım anlatmaktadır. Etkinlik, atık suda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), içme suyunda ise amonyum ve nitrat derişimlerinin herhangi bir ölçüm cihazına gerek kalmadan, renk kartları aracılığıyla bir aralık çerçevesinde belirlenmesine dayanır.

Bölümde önce çevre eğitimi ve su eğitiminin kavramsal çerçevesi ele alınmakta, ardından analiz edilecek parametrelerin kimyasal temeli özetlenmekte, son olarak etkinliğin malzeme listesi, kart hazırlama süreci, dört haftalık ders planı ve farklı öğretim düzeylerine uyarlanması ayrıntılı biçimde sunulmaktadır.

Etkinliğin dayandığı derişim kontrol kartı yöntemi ve bölümde yer alan kartlar, Taşkın (2019) tarafından Kastamonu Üniversitesi'nde yürütülen yüksek lisans tezi kapsamında geliştirilmiştir. Bu bölüm, söz konusu tezde ortaya konan yöntemi bir sınıf etkinliğine dönüştürmekte ve farklı öğretim düzeylerine uyarlamaktadır.

Metinde yer alan derişim kontrol kartları hazır kullanıma uygundur. Kendi kartını hazırlamak isteyen öğretmen için hazırlama adımları da ayrıca anlatılmıştır.

## Kuramsal Çerçeve

## Çevre Eğitimi ve Çevre Bilinci

Çevre eğitimi, çevrenin korunmasına yönelik tutum, beceri ve bilgilerin geliştirilmesidir. Aynı zamanda değer yargılarının ve çevre dostu davranışların ortaya çıkarılması, bu davranışların sonuçlarının görülmesi sürecidir (Erten, 2004). Temel amacı, bireyin yaşadığı çevreyi algılamasını sağlamak, çevreye ilişkin değer ve davranışlarını olumlu yönde geliştirmek ve duyarlılığını artırmaktır (Başal, 2003).

Alanın kurumsal temelleri 1972 Stockholm Konferansı ile atılmıştır (UNESCO, 1977a). Bu konferansta çevre sorunlarının çözümüne yönelik hukuki, ekonomik ve teknolojik önlemler belirlenmiş, çevre eğitiminden ilk kez söz edilmiştir. 1977'de Tiflis'te bakanlar düzeyinde toplanan Hükümetlerarası Çevre Eğitimi Konferansı ile alanın amaç ve kapsamı netleşmiştir. Tiflis Bildirgesi, eğitimcileri ve yöneticileri çevre eğitimi alanındaki düşünce, araştırma ve yenilikleri geliştirmeye davet etmiştir (Akt. Ünal & Dımışkı, 1999). 1997'de ise çevre eğitimi, katılımcı ülkeler tarafından sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir aracı olarak kabul edilmiştir (UNESCO, 1997b).

Çevre eğitiminin hedefi çevre bilincidir. Çevre bilinci, çevre ile ilgili bilgilerin, çevreye yönelik tutumun ve çevreye yararlı davranışların birlikte geliştirilmesi olarak tanımlanır. Amaç, çevredeki sorunlarla ilgilenen, bu sorunlara çözüm üreten, çevrenin sorunlarına kayıtsız kalmayan bireylerin sayısını artırmaktır (Erten, 2004).

Burada kritik nokta, bilgi ile davranış arasındaki farktır. Bilgi tek başına bilinç anlamına gelmez. Su kaçıran bir musluğu gördüğünde boşa akan suyu görmezden gelen, aydınlık bir odada ışığı açık bırakan, geri dönüştürülebilir atıkları gelişigüzel çöpe atan bir birey için çevre bilincinin geliştiğinden söz edilemez. Birey

ancak bildiklerini uygulamaya geçirdiğinde çevre bilincine sahip sayılır (Küçükcankurtaran, 2008).

Alan yazındaki bulgular bu ayrımı destekler. Küçük (2017), Balıkesir'de altıncı sınıf öğrencileriyle yürüttüğü çalışmasında öğrencilerin çevre konularında duygusal hassasiyet taşıdıklarını, ancak çevre bilinci ve korumanın gerektirdiği davranışları yerine getirme konusunda zayıf kaldıklarını tespit etmiştir.

Özata (2005), uygulanan eğitim sonrasında öğrencilerin bilgi düzeylerinde anlamlı artış olduğunu, buna karşılık çevreye duyarlı uygulamalarda yalnızca altıncı sınıflarda anlamlı bir fark oluştuğunu bulmuştur.

Öztürk (2013) ise uluslararası bir çevre eğitimi projesinin öğretmen adaylarının davranış ve bilgi düzeylerini geliştirdiğini, ancak tutumlarını etkilemediğini ortaya koymuştur. Bilgiyi artırmak görece kolaydır; tutum ve davranışı değiştirmek daha fazla emek ister.

Bu tablo, eğitimin biçimine dair bir ipucu içerir. Bilgi aktarımı sözel araçlarla yürütülebilir, ancak tutum ve davranış çoğunlukla deneyim üzerinden şekillenir. Demirkıran (2015), fen bilgisi öğretmeni adaylarının çevre eğitimi ve çevre sorunları konusunda sınıf öğretmeni adaylarına göre daha duyarlı olduğunu bulmuştur. Fen bilgisi programının laboratuvar ağırlıklı yapısı düşünüldüğünde, bu farkın kaynağı üzerinde durmaya değer.

Çalışkan & Çalışkan (2025), Türkiye'de 2000-2022 arasında ortaokul öğrencileri ve fen öğretmeni adaylarıyla yürütülmüş 148 deneysel çevre eğitimi çalışmasını sistematik olarak incelemiştir. Derleme, iş birlikli öğrenme yöntemlerinin baskın olduğunu, bazı çalışmaların eksik raporlama ve pilot uygulama yoksunluğu taşıdığını, çevre okuryazarlığı araştırmalarında ise belirgin boşluklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Yani Türkiye'de deneysel

çevre eğitimi birikimi vardır, ancak bu birikim okulda doğrudan uygulanabilir etkinlik tasarımlarına yeterince dönüşmemiştir.

**Su Eğitimi**

Su eğitimi, suyu ve suyun özelliklerini tanıma, su kirliliği, su tasarrufu, su arıtımı ve suyun kullanım alanlarını kavrayarak etkin su kullanmayı yaşam tarzı haline getirme ile ilgili çalışmaların tamamı olarak tanımlanabilir (Öztürk vd., 2009; Ülger vd., 2009). Okulda verilecek su eğitiminin hedefi, su tasarrufu konusunda farkındalık yaratmak ve toplumun su kaynaklarını sürdürülebilir biçimde kullanmasını sağlamaktır (Hashim vd., 2010).

Auriault'ya göre su eğitiminin amaçları arasında su kaynakları, su kirliliği, bu kaynakların kullanımı, korunması ve yönetimi konularında bireyleri bilgilendirmek yer alır. Tasarruflu su kullanımı, su kaynaklarının korunmasında etik davranışların kazanımı ve kirliliğin azaltılmasında kişisel sorumluluk da bu amaçlar arasındadır (Akt. Cappellaro vd., 2011).

Çankaya (2014), fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yürüttüğü çalışmada, verilen su eğitimi sonrasında adayların su tüketim davranışlarında, suya yönelik tutumlarında ve bilgi düzeylerinde anlamlı farklılık oluştuğunu göstermiştir. Katılımcıların büyük çoğunluğu eğitimden sonra suyun yetip yetmeyeceğine dair endişelerinin arttığını, su sıkıntısının ciddiyetini kavradıklarını ve çevrelerindeki insanları bilinçlendirmeye çalışacaklarını belirtmişlerdir. Bu sonuç, hedeflenmiş ve süresi belirli bir su eğitimi programının ölçülebilir etki yaratabildiğini gösterir.

Su okuryazarlığının Türkiye'deki dağılımı eşit değildir. Erbaş, Kılıçoğlu & Aksoy (2023), beş ilden 408 ortaokul öğrencisiyle yürüttükleri çalışmada cinsiyetin anlamlı fark yaratmadığını, buna karşılık sınıf düzeyi, ebeveyn eğitimi, aile geliri, internet kullanımı ve yerleşim yerinin anlamlı farklar

ürettiğini belirlemiştir. Bu bulgu, düşük maliyetli bir etkinliğin yalnızca pratik değil aynı zamanda bir eşitlik meselesi olduğunu gösterir; pahalı donanım gerektiren bir tasarım, su okuryazarlığı zaten düşük olan okullara yeteri kadar ulaşmaz.

Su kalitesi ölçümüne dayalı bir programın tutum üzerindeki etkisi kontrollü desenlerle de gösterilmiştir. Araújo, Morais & Paiva (2023), Portekiz kıyı sularının fizikokimyasal özelliklerini izleme ve mikroplastik tespiti projesine katılan 442 öğrenci ile 132 kişilik kontrol grubunu ön test son test deseniyle karşılaştırmışlardır. Deney grubunda ölçeğin dört alt boyutunun tamamında anlamlı olumlu tutum değişimi görülürken, kontrol grubunda yalnızca kişisel boyutta artış olmuş, kolektif boyutta ise anlamlı düşüş yaşanmıştır. Su ölçümünü öğrencinin eline vermek, tutumu ölçülebilir biçimde değiştirmektedir.

**Uygulamalı Su Analizinin Önündeki Engel**

Öğretmenin niteliği, çevre eğitiminin niteliğini doğrudan belirler. Karataş (2013), çevre ile ilgili ders alan öğretmen adaylarının çevre bilinci ölçeğinden almayanlara göre daha yüksek puan aldığını tespit etmiştir. Önder (2015) de çevre eğitimi dersi alan öğrencilerin çevresel tutum, çevresel bilgi ve çevreci dünya görüşlerinin daha olumlu olduğu sonucuna varmıştır.

Sorun, bu derslerin programlardaki yerinin sınırlı olmasıdır. Yılmaz (2016), Fen Bilgisi ve Sosyal Bilgiler Eğitimi lisans programlarını doküman analiziyle incelemiş ve çevre eğitimine ilişkin konulara yer veren zorunlu derslerin oldukça az olduğunu, yalnızca Fen Bilgisi Eğitimi programındaki bir dersin doğrudan çevre eğitimiyle ilişkili olduğunu belirlemiştir.

Güntürkün (2016) ise öğretim elemanlarının çevre eğitimini önemli bir ders olarak gördüklerini, buna rağmen bu alandaki akademik çalışmalara ilgilerinin düşük kaldığını bulmuştur.

Uygulama tarafındaki tablo daha da dardır. Karakoçan (2016), Afyonkarahisar'daki 184 sınıf öğretmeniyle yaptığı çalışmada, öğretmenlerin çevre eğitimi verirken ağırlıklı olarak soru cevap tekniğinden yararlandıklarını, kaynak olarak gazete, resim, kitap, dergi ve broşür kullandıklarını belirlemiştir. Öğretmenler çevre eğitimini önemsemekte, ancak ellerindeki araçlar büyük ölçüde sözel ve görsel malzemeyle sınırlı kalmaktadır.

Güney & Akıllı (2023), Şanlıurfa'daki 579 sınıf öğretmeninin çevre okuryazarlık düzeylerini incelemiş ve çarpıcı bir sonuca ulaşmıştır: mezun olunan fakülte değişkenine göre hiçbir alt boyutta anlamlı fark bulunmamıştır. Örgün öğretmen yetiştirme, tek başına, öğretmenin çevre okuryazarlığını belirlemiyor. Buna karşılık uygulamalı müdahalelerin etkisi ölçülebilmektedir.

Koçak, Yalçın Çelik & Uluyol (2023), biyoloji, fen ve kimya eğitimi bölümlerinden 31 öğretmen adayıyla 11 hafta boyunca hava, su, toprak, ışık ve gürültü kirliliği üzerine mikrodenetleyici temelli STEM etkinlikleri yürütmüşler ve çevre okuryazarlığı ölçeğinde ön test son test arasında anlamlı fark bulmuşlardır. Fark yaratan şey dersin varlığı değil, dersin uygulamalı olmasıdır.

Uygulamalı tasarımların hangi kuramsal çerçeveye oturtulacağı da ayrı bir sorudur. Hüseyinbaş (2025), yenilikçi teknolojilerle desteklenmiş bağlam temelli öğrenme yaklaşımının öğrencilerin akademik başarıları, eleştirel düşünme ve dijital okuryazarlık becerileri üzerindeki etkisini incelemiştir. Bağlam temelli öğrenme, konuyu öğrencinin kendi yaşamından bir durumla ilişkilendirerek sunar. Su analizi bu çerçeveye doğrudan oturur: öğrencinin içtiği su, okulunun yanındaki dere ya da evinin musluğu, kimyasal bir kavramın bağlamı hâline gelir.

Bu tabloya bir de laboratuvar maliyeti eklenir. Sularda KOİ, amonyum veya nitrat ölçümü yapmak için standart yöntemler spektrofotometre ya da fotometre gerektirir. Kasap'ın (2018) Suat Uğurlu Baraj Gölü üzerine yaptığı çalışma bu gerekliliği somutlaştırır: KOİ değeri için sülfürik asit, potasyum dikromat, ferroin indikatörü ve demir amonyum sülfat kullanılarak titrasyon yapılmış, amonyum için Kjeldahl tüplü damıtma düzeneği kurulmuş, nitrat için UV-VIS spektrofotometre kullanılmıştır. Üç parametre için üç ayrı düzenek, çok sayıda kimyasal ve donanımlı bir laboratuvar ortamı gerekmiştir.

Bir eğitim fakültesinin genel kimya laboratuvarında bu koşullar kısmen sağlanabilir. Bir ortaokulda ise pratikte sağlanamaz. Yapılan bu çalışmada, su analizlerinde ortaya çıkan bu kısıtları ortadan kaldırmaya çalışılmış olup; öğrencilerin düzeyine uygun, düşük maliyetli etkinlikler geliştirilmeye çalışılmıştır.

## Analiz Edilecek Parametrelerin Temeli

### Su Kalitesi ve Sınır Değerler

Su doğada saf halde bulunmaz. Kimyasal yapısı nedeniyle iyi bir çözücüdür ve pek çok maddeyi belirli oranlarda çözer. Suda çözünmüş halde iyonik bileşikler, bazı gazlar, hastalık yapan veya yapmayan organizmalar bulunabilir. Bu maddelerin bir kısmı gözle, tat ve kokuyla anlaşılırken, bir kısmı yalnızca kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerle tespit edilir.

İçme suyu, ilgili mevzuatta belirlenen parametre değerlerini sağlayan temiz ve içilebilir suyu ifade eder. İçilebilir nitelikteki suyun sıcaklığı 15 °C'nin altında olmalı, kokusuz ve renksiz olmalı, bulanıklık ve tortu içermemelidir. pH değerinin 6,5 ile 8,5 arasında bulunması beklenir (MEB, 2007). İçme suyu için geçerli mikrobiyolojik ve kimyasal sınır değerler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

*Tablo 1 İçme suyunda mikrobiyolojik parametreler (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik)*

| **Su türü / Parametre** | **Parametrik değer** |
|---|---|
| **İçme ve kullanma suları** | |
| Escherichia coli (E. coli) | 0 / 100 mL |
| Enterokok | 0 / 100 mL |
| Koliform bakteri | 0 / 100 mL |
| **Kaynak suları** | |
| Escherichia coli (E. coli) | 0 / 250 mL |
| Enterokok | 0 / 250 mL |
| Koliform bakteri | 0 / 250 mL |
| Pseudomonas aeruginosa | 0 / 250 mL |
| Fekal koliform bakteri | 0 / 250 mL |
| Salmonella | 0 / 100 mL |
| Clostridium perfringens | 0 / 50 mL |
| Patojen stafilokoklar | 0 / 100 mL |
| 22 °C'de koloni sayısı | 100 / mL |
| 37 °C'de koloni sayısı | 20 / mL |
| Parazitler | 0 / 100 mL |
| Diğer mikroskobik canlılar | 0 / 100 mL |

*Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı [OSİB], 2015*

***Tablo 2** İçme suyunda kimyasal parametreler (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik)*

| **Parametre** | **Parametrik değer** |
|---|---|
| Nitrat | 50 mg/L |
| Amonyum | 0,5 mg/L |
| Nitrit | 0,5 mg/L |
| Bakır | 2,0 mg/L |
| Florür | 1,5 mg/L |
| Arsenik | 10 µg/L |
| Benzen | 1,0 µg/L |
| Antimon | 5,0 µg/L |
| Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) | < 25 mg/L |

*Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı [OSİB], 2015*

Tablo 2'deki değerler, etkinliğin can damarıdır. Öğrencinin kart üzerinden okuduğu aralık ancak bir sınır değerle karşılaştırıldığında anlam kazanır. Nitrat için 50 mg/L, amonyum için 0,5 mg/L bu etkinlikte sürekli başvurulacak iki eşiktir. Atık su ise tarımsal, evsel, endüstriyel ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen ya da tamamen değişmiş suyu tanımlar. Çevre mevzuatına göre çevreye bırakılacak atık suların belirli standart değerlere kadar düşürülmesi zorunludur ve her sektör için ayrı parametre değerleri geçerlidir. Yerüstü su kaynakları ise dört kalite sınıfına ayrılır. Bu sınıflandırma Tablo 3'te, sınıfların tanımı ve kullanım alanları Tablo 4'te özetlenmiştir.

***Tablo 3*** *Kıta içi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği)*

| **Su kalite parametresi** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
|---|---|---|---|---|
| Sıcaklık (°C) | ≤ 25 | ≤ 25 | ≤ 30 | > 30 |
| pH | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,0-9,0 | < 6,0 veya > 9,0 |
| İletkenlik (µS/cm) | < 400 | 1000 | 3000 | > 3000 |
| Çözünmüş oksijen (mg/L) | > 8 | 6 | 3 | < 3 |
| KOİ (mg/L) | < 25 | 50 | 70 | > 70 |
| $BOİ_5$ (mg/L) | < 4 | 8 | 20 | > 20 |
| Amonyum azotu (mg $NH_4^+$-N/L) | < 0,2 | 1 | 2 | > 2 |
| Nitrat azotu (mg $NO_3^-$-N/L) | < 5 | 10 | 20 | > 20 |
| Toplam fosfor (mg P/L) | < 0,03 | 0,16 | 0,65 | > 0,65 |
| Florür (µg/L) | ≤ 1000 | 1500 | 2000 | > 2000 |
| Mangan (µg/L) | ≤ 100 | 500 | 3000 | > 3000 |
| Selenyum (µg/L) | ≤ 10 | ≤ 10 | 50 | > 50 |
| Sülfür (µg/L) | ≤ 2 | ≤ 2 | 10 | > 10 |
| Siyanür, toplam (µg CN/L) | ≤ 10 | 50 | 100 | > 100 |

*Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı [OSİB], 2015*

***Tablo 4*** *Kalite sınıflarına göre suların tanımı ve kullanıldığı alanlar*

| Sınıf | Tanımı | Kullanılabildiği alanlar |
|---|---|---|
| I | Tüm parametrelerin I. sınıf değerinde olması. Çok iyi su. | İçme suyu olma potansiyeli yüksek yerüstü suları; hayvan ve alabalık üretimi; çiftlik ihtiyacı; yüzme dâhil rekreasyon. |
| II | I. ve II. sınıf arasındaki değerler. İyi su. | İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları; rekreasyon; alabalık dışında balık üretimi; kalite kriterlerini sağlaması şartıyla sulama suyu. |
| III | II. ve III. sınıf arasındaki değerler. Orta kalitede su. | Gıda ve tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği ve sanayi suyu. |
| IV | III. ve IV. sınıf arasındaki değerler ile tüm parametrelerin IV. sınıf değerinde olması. Zayıf ve kötü su. | III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları. |

*Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı [OSİB], 2015*

Bu iki tablo, etkinliğin sonunda yapılacak yorumlama için kullanışlı bir çerçeve sunar. Bir dere suyunun KOİ değerini ölçen öğrenci, sonucu Tablo 3 ile karşılaştırarak o suyun hangi kalite sınıfına girdiğini, Tablo 4 ile de o sınıftaki bir suyun hangi amaçlarla kullanılabileceğini görür. Analiz böylece sayısal bir sonuçtan, gerçek bir kullanım kararına bağlanır.

Su kirliliğinin başlıca nedenleri evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklardır. Kirlilik sonucunda pek çok canlı zarar görür, denizde yaşayan canlılarda toplu ölümler yaşanabilir. İçme sularının kirlenmesiyle salgın hastalıklar artabilir (Kocataş, 2008). Çiçek (2009), bu sorunun önlenmesinde okullarda çevre ve özellikle su eğitimiyle ilgili uygulamalı çalışmalara ağırlık verilmesinin daha dengeli bir ekosistemin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacağını belirtmektedir.

## Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ, su numunesinde asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri olarak tanımlanır (Akyürek, 2009). Pratikte anlamı şudur: bir sudaki organik kirliliği parçalamak için ne kadar oksijen gerektiğini gösterir. Değer yükseldikçe sudaki organik yük artmış demektir.

Bu parametrenin ekolojik önemi doğrudandır. Sulu ortamlarda organik ve inorganik atıkların oksitlenmesi, suda yaşayan canlılar için hayati olan çözünmüş oksijen miktarında azalmaya yol açar. Bu nedenle KOİ, evsel ve endüstriyel atık sularda oksijen tüketen kirleticilerin belirlenmesinde en yaygın kullanılan analiz parametrelerinden biridir.

Analizde numune, gümüş sülfat katalizörü varlığında potasyum dikromatın asidik çözeltisiyle 150 °C'de oksitlenir. Tepkime sırasında turuncu renkli dikromat iyonları yeşil renkli krom(III) iyonlarına indirgenir. Ortamda bulunabilecek klorür iyonları girişim yaparak ölçümü bozar; bu etki uygun miktarda civa sülfat eklenerek maskelenir.

Sınıf açısından önemli olan nokta şudur: tepkime sonunda turuncudan yeşile giden belirgin bir renk değişimi olur ve bu değişim derişimle birlikte kademeli ilerler. Renk farkı çıplak gözle rahatlıkla izlenebilir.

## Amonyum

Sudaki amonyumun başlıca kaynakları gübreler ile evsel ve endüstriyel atıklardır. İçme suyunda amonyum bulunması tat ve koku sorunu yaratır. Daha önemlisi, sudaki amonyum varlığı suya kanalizasyon ve evsel atık karıştığının göstergesidir. Bu nedenle amonyum analizi, su kirliliği kontrolünün temel analizlerinden sayılır.

Sulu ortamlarda normal değerlerin üzerinde bulunan serbest amonyak, o ortamda yaşayan canlılarda üreme ve büyüme organlarının zarar görmesine, kirlilik düzeyine bağlı olarak ölümlere yol açabilir. Ortamdaki yüksek pH ve sıcaklık amonyak zehirlenmesini artırır. Amonyum azotu sulu çözeltilerde kısmen amonyum iyonu, kısmen de amonyak halinde bulunur ve bu dağılım suyun pH ve sıcaklığına göre değişir.

Analiz, Berthelot tepkimesi olarak da bilinen indofenol tepkimesine dayanır. Aşırı bazik ortamda amonyak hipoklorit iyonlarıyla tepkimeye girerek monokloramin oluşturur; monokloramin iki aşamalı bir fenol tepkimesiyle mavi renkli indofenol bileşiğine dönüşür. Sodyum nitroprussit bu tepkimenin hızını artıran eşleştirme reaktifi olarak kullanılır (Weatherburn, 1967). Sonuçta oluşan renk sarıdan yeşile, oradan koyu yeşile doğru ilerler.

İçme suyu için amonyum sınır değeri hem Türk Standartları Enstitüsü hem de Avrupa Birliği düzenlemelerinde 0,5 mg/L $NH_4^+$ olarak belirlenmiştir.

**Nitrat**

Azotun topraktaki inorganik bileşikleri nitröz, nitrik oksit, amonyum, nitrit ve nitrat şeklinde bulunur. İlk ikisi gaz halindedir ve toprakta çok az miktarda yer alır. Diğer üçü bitkiler tarafından azot kaynağı olarak alındıkları için toprağın verimliliği açısından önemlidir (Topbaş, 1987).

Nitrat, bitkiler için temel besin kaynağıdır. Ancak topraktaki ve su kaynaklarındaki fazla nitrat su kalitesinde ciddi sorunlar doğurur. Fosforla birlikte alınan aşırı nitrat ötrofikasyonu hızlandırır, sularda yaşayan hayvan ve bitki türlerinde değişime yol açar.

Yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat kirliliğinin başlıca iki nedeni vardır: topraktaki organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması ve gübre kullanımı. Toprakta oluşan nitratın bitkilerce tüketilmeyen kısmı yağmur sularıyla süzülerek hem yeraltı hem yüzey sularını kirletir (Ekşi, 2005). Yüzey sularında nitratın doğal seviyesi tipik olarak 1 mg/L'nin altındadır. Bu değerin belirgin şekilde üzerine çıkılması, çoğunlukla tarımsal ya da evsel bir kaynağa işaret eder. Ödün (2013), Fırtına Vadisi'nde çay tarımında kullanılan suni ve doğal gübrelerin yüzey sularındaki kaliteye etkisini incelerken bu ilişkiyi ortaya koymuştur.

Sürekli olarak yüksek oranda nitrat içeren su tüketimi sağlık açısından tehlikelidir; boğaz ve kan hastalıklarına yol açabilir. İçme suyu için nitrat sınır değeri TSE ve AB düzenlemelerinde 50 mg/L $NO_3^-$ olarak belirlenmiştir.

Analizde nitrat iyonları, sülfürik asit ve fosforik asit varlığında 2,6-dimetilfenol ile tepkimeye girerek 4-nitro-2,6-dimetilfenol oluşturur. Oluşan renk, derişim arttıkça renksizden pembeye doğru koyulaşır.

Üç parametrenin ortak yanı, hepsinin analizinin sonunda derişimle birlikte değişen renkli bir bileşik oluşmasıdır. Öğrencilerin okullarında basit düzeyde su kirliliğinin bileşenlerini kaba ölçümlerle gözlemleyebilmelerinin yolu da bu renk değişimlerinin standartlaştırılarak ortaya koyulmasından geçmektedir. Etkinliğin dayandığı fikir de tam olarak buradan doğmuştur.

## Etkinlik Tasarımı

### Yöntemin Mantığı

Spektroskopik analiz, bir örnekteki atom, molekül veya iyonların bir enerji düzeyinden diğerine geçişleri sırasında soğurulan ya da yayılan ışımanın ölçülmesine dayanır. Bir

çözeltiden geçen ışık miktarı, ışığın çözelti içinde aldığı yol ve çözeltinin derişimiyle logaritmik olarak ters orantılıdır; soğurulan ışık miktarı ise doğru orantılıdır. Bu ilişki Lambert-Beer Yasası olarak bilinir (MEB, 2012).

Yasanın gündelik karşılığı basittir: derişim arttıkça renk koyulaşır. Spektrofotometre bu koyulaşmayı sayısal olarak ölçer. İnsan gözü de aynı koyulaşmayı, daha kaba bir çözünürlükle, doğrudan görür.

Etkinliğin çıkış noktası bu gözlemdir. Bilinen derişimlere sahip standart çözeltilerin renkleri sabit koşullarda kayıt altına alınırsa, bilinmeyen bir numunenin rengi bu referans tonlarla karşılaştırılarak numunenin hangi derişim aralığında olduğu tahmin edilebilir. Sonuç kesin bir sayı değil, bir aralıktır. Örneğin bir içme suyu numunesi için "0,5 mg/L'nin altında" ya da bir atık su numunesi için "500-1000 mg/L arasında" gibi.

Bu, çevre eğitiminin ihtiyacı açısından çoğu zaman yeterli bir bilgidir. Öğrenciye lazım olan, dere suyundaki nitrat derişiminin 11,3 mg/L mi yoksa 11,8 mg/L mi olduğu değildir. Öğrenciye lazım olan, o suyun içme suyu sınır değeri olan 50 mg/L'nin neresinde durduğunu görmektir. Görsel karşılaştırma bu soruyu cevaplar.

Benzer bir yaklaşım alan yazında da denenmiştir. Okumura ve arkadaşları (1999), amonyak ile timol arasında oluşan indotimol mavisinin renk gelişimine dayanan basit bir görsel yöntem önermiş ve bu yöntemi çevre sularında amonyak azotunun belirlenmesinde başarıyla uygulamıştır. Loan ve arkadaşları (2013) ise içme suyunda amonyak tayini için üç karışımlı bir test seti geliştirmiş, görsel ve fotometrik ölçümleri karşılaştırarak maksimum bağıl hatanın %25'in altında kaldığını rapor etmiştir.

Bu yaklaşım geride kalmış bir yöntem değildir; aksine analitik kimyanın aktif bir araştırma alanının en basit ucudur. Cardozo, vd.(2023), KOİ ve renk tayinini akıllı telefon kamerasıyla

RGB ve HSV modelleri üzerinden yapan bir yöntem geliştirmiş, telefonun ortalama doğruluğunu %98,3, spektrofotometreninkini %96,2 olarak ölçmüştür. Renk analizinde spektrofotometre 10 mg/L üzerinde doyuma ulaşırken telefon 50 mg/L'ye kadar doğrusal kalmıştır. Soudi ve arkadaşları (2024), suda amonyağı reaktif kullanmadan renk değişimiyle tespit eden ve akıllı telefonla okunan bir nanoplazmonik sensör geliştirmiştir. Gregucci, vd. (2025) ise nitrit tayini için katlanabilir, tamamen cihazsız bir kağıt sensör önermiştir.

Bu çalışmaların ortak mesajı şudur: renge dayalı okuma, doğru tasarlandığında cihazlı ölçümden daha kötü sonuç vermek zorunda değildir. Sınıfta yapılan renk kartı karşılaştırması bu ailenin en yalın üyesidir. Görsel karşılaştırma, bilinen bir hata payıyla birlikte kullanılabilir bir yaklaşımdır.

**Malzeme Listesi**

Etkinlik için gereken malzemeler aşağıdaki gibidir. Liste, bir sınıfta dokuz grup çalışacağı varsayımıyla hazırlanmıştır.

Her üç parametre için ortak: 16 mm çapında hazır test tüpleri, ayarlanabilir otomatik pipet ve tek kullanımlık uçları, tüp sehpası, koruyucu gözlük ve eldiven, numune toplamak için kapaklı temiz şişeler, beyaz karton veya A4 kâğıdı, arkadan aydınlatma için basit bir masa lambası, derişim kontrol kartlarının renkli çıktıları.

KOİ için ek olarak: 100-1500 mg/L aralığında çalışan hazır KOİ test kiti ve 150 °C'ye çıkabilen bir termoreaktör. Termoreaktör bu listedeki tek pahalı kalemdir. Okulda bulunmuyorsa bu parametre etkinlik dışında bırakılabilir ya da yakındaki bir üniversitenin laboratuvarıyla tek seferlik işbirliği kurulabilir. Batchelder, Swinney & O'Hara (2023), 9-13 yaş öğrencileri ve öğretmenlerinin Newcastle Üniversitesi akademisyenleriyle yürüttükleri sürdürülebilir drenaj projesinde, dört paydaş grubunun

tamamının süreci başarılı bulduğunu raporlamıştır. Okul üniversite işbirliği hem donanım sorununu çözer hem de öğrenciye gerçek bir araştırma ortamı gösterir; buna karşılık öğretmen açısından ek bir hazırlık yükü getirdiği de aynı çalışmada not edilmiştir.

Amonyum için ek olarak: hazır amonyum test kiti. Isıtma gerekmez.

Nitrat için ek olarak: hazır nitrat test kiti. Isıtma gerekmez.

Amonyum ve nitrat analizleri ısıtma gerektirmediği için, termoreaktörü olmayan okullarda etkinlik bu iki parametreyle rahatlıkla yürütülebilir. Bu durumda KOİ, öğretmenin anlattığı ancak uygulamadığı bir kavram olarak kalır; etkinliğin eğitim değeri önemli ölçüde korunur.

Kendi kartını hazırlamayacak, bu bölümdeki hazır kartları kullanacak bir öğretmen için standart çözeltilere de ihtiyaç yoktur. Kart hazırlama adımını atlamak, malzeme maliyetini belirgin biçimde düşürür.

Maliyet açısından bakıldığında değişken gider tüp başınadır. Bir sınıfta dokuz grup, üç parametre ve grup başına dört numune ile çalışıldığında toplam yüz on civarında test tüpü gerekir. Sabit giderler ise otomatik pipet, tüp sehpası ve koruyucu ekipmandan ibarettir; bunlar bir kez alınır ve yıllarca kullanılır. Kartların renkli çıktısı ve laminasyonu ihmal edilebilir bir masraftır. Test kitleri çevre laboratuvarı malzemesi satan firmalardan temin edilir. Bütçe darsa parametre sayısını azaltmak, grup başına numune sayısını ikiye indirmek ya da etkinliği iki sınıf arasında paylaştırmak mümkündür.

**Numune Alma ve Saklama**

Analizin doğruluğu numunenin kalitesiyle sınırlıdır. Yanlış alınmış bir numune, kartın ne kadar iyi tasarlandığından bağımsız

olarak yanıltıcı sonuç verir. Öğrencilere aşağıdaki kuralları yazılı olarak vermek en pratik yoldur.

Numune şişesi temiz, kapaklı ve tercihen renksiz olmalıdır. Kullanılmış içecek şişeleri, içindeki şeker ve organik kalıntı KOİ değerini yükselteceği için uygun değildir. Şişe, numune alınacak suyla iki üç kez çalkalanıp boşaltıldıktan sonra doldurulur.

Çeşme suyu alınacaksa musluk iki dakika kadar akıtılır. Böylece borularda bekleyen su boşalır ve şebekenin gerçek durumu ölçülmüş olur. Dere ya da gölet suyu alınacaksa şişe kıyıya yakın durgun bölgeden değil, akıntının olduğu yerden ve yüzeyin biraz altından doldurulur. Dipteki çamurun karışmaması için şişe suya ağzı aşağı bakacak şekilde daldırılıp derinlikte çevrilir.

Şişe ağzına kadar doldurulmalı, içinde hava boşluğu bırakılmamalıdır. Hava boşluğu, özellikle amonyum analizinde sonucu etkiler. Kapak sıkıca kapatılır ve üzerine numunenin alındığı yer, tarih ve saat yazılır.Numune analiz gününden en fazla bir gün önce alınmalı ve o süre boyunca buzdolabında saklanmalıdır. Oda sıcaklığında bekleyen bir suda mikrobiyolojik faaliyet devam eder; amonyum ve nitrat değerleri değişebilir. Bu kural öğrenciye "suyun bozulması" kavramını somutlaştırmak için de kullanılabilir: aynı kaynaktan alınan iki numuneden birini buzdolabında, diğerini pencere kenarında bir hafta bekletip ikisini birlikte analiz etmek, tek başına öğretici bir karşılaştırmadır.

**Derişim Kontrol Kartlarının Hazırlanması**

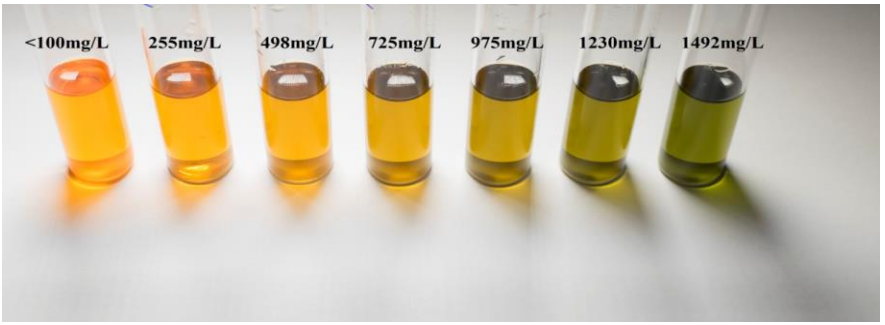
Bu adım, kendi kartını üretmek isteyen öğretmenler içindir. Hazır kartlarla çalışacak olanlar doğrudan 4.5'e geçebilir.

Kart hazırlamanın mantığı, bilinen derişimlerin renklerini kalıcı bir referansa dönüştürmektir. Tablo 5’de dört aşamalı süreç ve verilen derişim dizileri Taşkın (2019) tarafından geliştirilmiş ve spektrofotometrik ölçümlerle doğrulanmıştır.

***Tablo 5*** *Kontrol kartı üretim aşamaları*

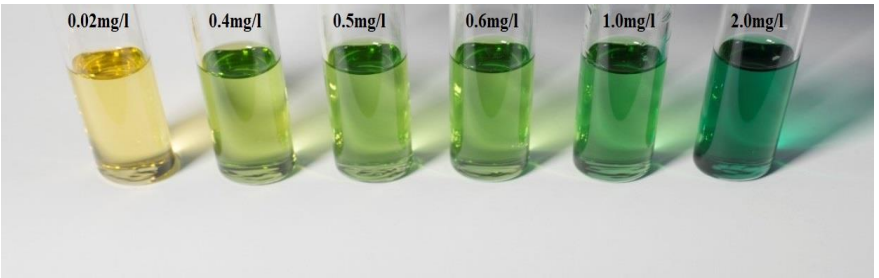
| | **Aşama İsmi** | **Aşama Açıklama** |
|---|---|---|
| **1** | **Standart çözeltilerin seçimi** | Her parametre için, ilgili sınır değeri ortalayacak biçimde bir derişim dizisi belirlenir. KOİ için 100 mg/L ile 1500 mg/L arasında altı basamaklı bir dizi, amonyum için 0,4 mg/L ile 2,0 mg/L arasında beş basamaklı bir dizi, nitrat için 25 mg/L ile 105 mg/L arasında dört basamaklı bir dizi uygun sonuç verir. Şahit çözelti olarak saf su kullanılır. |
| **2** | **Analizlerin yapılması** | Her standart çözelti için test kiti uygulanır. Güvenilirliği artırmak için her derişimden en az üç paralel çalışılması önerilir. Bu aşamada bir spektrofotometreye erişim varsa, elde edilen renklerin gerçekten hedeflenen derişime karşılık geldiği doğrulanmalıdır. KOİ ölçümleri 620 nm, amonyum ölçümleri 690 nm, nitrat ölçümleri 340 nm dalga boyunda yapılır. |
| **3** | **Fotoğraflama** | Tüpler beyaz bir zemin üzerine yan yana dizilir ve arkadan bir ışık kaynağıyla aydınlatılarak fotoğraflanır. Fotoğraflama koşulları burada belirleyicidir. Aynı çözelti farklı aydınlatma altında farklı görünür; bu nedenle kartın hazırlandığı koşullarla öğrencinin karşılaştırma yapacağı koşullar mümkün olduğunca benzer olmalıdır. Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 bu şekilde çekilmiş standart çözelti serilerini göstermektedir. |
| **4** | **Kartın tasarımı** | Çekilen fotoğraflar arasından en ayırt edici olanlar seçilir, derişim değerleri altlarına yazılır ve sınır değer işaretlenir. Tasarımda tek kural vardır: az sayıda ve belirgin biçimde farklı ton, çok sayıda birbirine yakın tondan daha iyi çalışır. Örneğin amonyum için 0,4 ve 0,6 mg/L tonları, aralarındaki sınır değer olan 0,5 mg/L ile birlikte kullanıldığında ayrım güçleşir; bu üç basamak yerine tek bir sınır değer basamağı bırakmak daha okunur bir kart üretir. Derişimi bilinen birkaç çözelti kart üzerinden okunur ve sonuç kontrol edilir. |

*Şekil 1 Atık su KOİ standart çözelti serisi (<100, 255, 498, 725, 975, 1230 ve 1492 mg/L)*



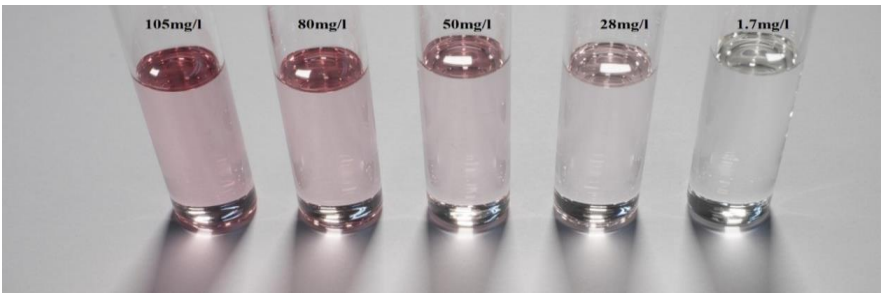

*Kaynak: Taşkın, 2019*

*Şekil 2 İçme suyu amonyum standart çözelti serisi (0,02; 0,4; 0,5; 0,6; 1,0 ve 2,0 mg/L)*




*Kaynak: Taşkın, 2019*

*Şekil 3 İçme suyu nitrat standart çözelti serisi (105, 80, 50, 28 ve 1,7 mg/L)*




*Kaynak: Taşkın, 2019*

**Kullanıma Hazır Derişim Kontrol Kartları**

Şekil 1-2-3'de paylaşılan üç kart, Tablo 5'de anlatılan adımlarla Taşkın (2019) tarafından hazırlanmış ve spektrofotometrik ölçümlerle doğrulanmıştır. Renkli olarak çıktı alınıp laminasyon yapıldığında sınıfta uzun süre kullanılabilir.

İçme suyunda amonyum kartı (Şekil 4). Kart dört basamaklıdır: 0,02 mg/L, 0,50 mg/L, 1,00 mg/L ve 2,00 mg/L. Sınır değer olan 0,50 mg/L kart üzerinde ayrıca işaretlenmiştir. Sarımsı ton temiz suyu, koyulaşan yeşil tonlar artan kirliliği gösterir.

*Şekil 4 İçme suyunda amonyum derişim kontrol kartı*




*Kaynak: Taşkın, 2019*

Atık suda KOİ kartı (Şekil 5). Kart dört basamaklıdır: 100 mg/L'nin altı, 498 mg/L, 975 mg/L ve 1492 mg/L. Turuncudan koyu yeşile giden değişim organik yükün artışına karşılık gelir.

*Şekil 5 Atık suda kimyasal oksijen ihtiyacı derişim kontrol kartı*




*Kaynak: Taşkın,2019*

İçme suyunda nitrat kartı (Şekil 6). Kart üç basamaklıdır: 1,70 mg/L, 50 mg/L ve 105 mg/L. Sınır değer olan 50 mg/L işaretlenmiştir. Renksize yakın tondan pembeye giden değişim izlenir.

*Şekil 6. İçme suyunda nitrat derişim kontrol kartı*




*Kaynak: Taşkın, 2019*

Üç kartın da ortak özelliği, sınır değerin görsel olarak vurgulanmış olmasıdır. Öğrenci kartı eline aldığında yalnızca bir derişim aralığı okumaz; numunenin içilebilirlik eşiğinin hangi tarafında durduğunu da doğrudan görür.

**Dört Haftalık Ders Planı**

Paylaşılan ders planı, haftada iki ders saati esas alınarak hazırlanmıştır. Süre kısıtı varsa program iki haftaya sıkıştırılabilir; bu durumda birinci ve ikinci hafta birleştirilebilir.

Etkinliğin sonunda öğrencinin kazanması hedeflenen davranışlar şunlardır:

- Su kalitesinin ölçülebilir parametrelerle tanımlandığını açıklar.
- KOİ, amonyum ve nitratın hangi kirlilik kaynağına işaret ettiğini söyler.
- Bir su numunesini uygun teknikle alır ve saklar.
- Renk karşılaştırmasına dayalı bir analiz yapar.
- Elde ettiği sonucu ilgili sınır değerle karşılaştırıp suyun kullanılabilirliği hakkında gerekçeli bir yorum üretir.
- Ölçüm yönteminin sınırlarını fark eder.

**Birinci Hafta Etkinlikleri**

Kavramsal Hazırlık (2 ders saati): Uygulamaya geçmeden önce şu başlıklar işlenir: suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri, suyun canlılar için önemi, su kirliliği ve nedenleri, su kaynaklarının korunması, su analiz yöntemleri, su eğitimi ve amaçları. Tablo 1 ve Tablo 2 bu derste tanıtılır. Öğrencinin sonraki haftalarda yapacağı ölçümü anlamlandırabilmesi için gereken çerçeve burada kurulur. Bu adım atlandığında öğrenci renk karşılaştırmasını mekanik bir işleme indirger.

Ders sonunda öğrencilerden dördüncü hafta için kendi su örneklerini toplamaları istenir. Numune için temiz ve kapaklı bir şişe yeterlidir; şişenin üzerine numunenin alındığı yer ve tarih yazılmalıdır.

**İkinci Hafta Etkinlikleri**

Amonyum ve Nitrat Analizi (2 ders saati): Öğrenciler 2-4 kişilik gruplara ayrılır. Her gruba dört numune verilir: çeşme suyu, bir dere ya da göletten alınmış su, derişimi öğrenciye söylenmeyen bir standart çözelti ve bilinçli olarak kirletilmiş bir su örneği. Kirletme işlemi amonyum için amonyum klorür, nitrat için potasyum nitrat kullanılarak yapılır.

Test kiti uygulanır ve tepkime süresi beklenir. Süre sonunda öğrencilerden tüpteki rengi not almaları, fotoğraflamaları, kartla karşılaştırmaları ve hangi derişim aralığında olduğunu tahmin etmeleri istenir. Tahmin föye yazılır.

**Üçüncü Hafta Etkinlikleri**

KOİ Analizi (2 ders saati): Öğrenciler 3-5 kişilik gruplara ayrılır. Aynı numune seti KOİ için uygulanır; bu kez tüpler tepkime için termoreaktöre konulur. KOİ analizinde kullanılan reaktifler asidik ve oksitleyicidir. Tüpler termoreaktöre konulmadan önce kapaklarının sıkılığı kontrol edilmeli, öğrenciler gözlük ve eldiven kullanmalıdır.

**Dördüncü Hafta Etkinlikleri**

Serbest Uygulama (2-4 ders saati): Öğrenciler kendi getirdikleri numuneleri analiz eder. Yurt suyu, okul çeşmesi, evin musluğu, süs havuzu, yağmur suyu, yakındaki bir dere bu iş için uygundur. Öğretmen ayrıca belirli oranlarda seyreltilmiş doğal hayvan gübresi karışımı hazırlayıp gruplara verebilir; bu numune, tarımsal kaynaklı nitrat kirliliğini somutlaştırmak için işe yarar.

Bu hafta programın eğitim açısından en verimli bölümüdür. Öğrenci kendi seçtiği numuneyi getirdiğinde analiz, verilen bir ödev olmaktan çıkıp kişisel bir merakın cevabına dönüşür. Yurt suyunu ölçen bir öğrenci, o günden sonra kendi içtiği suyla ilgili somut bir veriye sahip olur. Bu tasarım tercihi, bağlam temelli öğrenme yaklaşımının temel önermesiyle örtüşür (Hüseyinbaş, 2025): kavram, öğrencinin kendi yaşam alanından gelen bir durum üzerinden kurulduğunda daha kalıcı öğrenilir.

Dört hafta boyunca yapılan analizlerin sonunda öğrencilerden gözlemlerini, yorumlarını ve önerilerini bir deney raporu formatında yazmaları istenir.

Her uygulama haftasının sonunda 10-15 dakikalık bir tartışma bölümü ayırmak, etkinliğin kazanımlarını pekiştirir. Tartışmayı yönlendirmek için şu sorular kullanılabilir:

- Aynı numuneyi analiz eden iki grup neden farklı sonuç okudu?
- Çeşme suyu ile dere suyu arasındaki fark nereden kaynaklanıyor olabilir?
- Bir suda amonyum bulunması hangi kaynağa işaret eder?
- Nitrat değeri yüksek bir tarım bölgesinde bu değeri düşürmek için ne yapılabilir?
- Bu analiz bize suyun içilebilir olduğunu kesin olarak söyler mi, söylemezse başka hangi analizler gerekir?

Son soru özellikle önemlidir. Kimyasal parametrelerin sınır değerler içinde olması bir suyun içilebilir olduğunu tek başına kanıtlamaz; mikrobiyolojik analiz de gerekir. Öğrencinin bu ayrımı fark etmesi, ölçüm sonucunu mutlak doğru saymasının önüne geçer.

## Öğretim Düzeyine Göre Uyarlama

Etkinlik farklı düzeylerde farklı derinliklerde yürütülebilir.

İlkokul (3-4. sınıf): Yalnızca amonyum ya da yalnızca nitrat ile çalışılır. Test kitini öğretmen uygular, öğrenci renk karşılaştırmasını yapar. Sayısal derişim yerine "sınır değerin altında" ve "sınır değerin üstünde" ikili ayrımı kullanılır. Kavramsal hazırlık suyun döngüsü ve temiz su kavramıyla sınırlı tutulur. Kimyasal tepkime hiç anlatılmaz.

Ortaokul (5-8. sınıf): Amonyum ve nitrat öğrenci eliyle uygulanır; KOİ öğretmen gösterisi olarak yapılır. Kartlardaki tüm basamaklar kullanılır. Öğrenci sonucu Tablo 2'deki sınır değerle karşılaştırır. Tepkimeler "renk oluşturan kimyasal değişim" düzeyinde, denklem verilmeden anlatılır. Dördüncü haftadaki serbest numune uygulaması bu düzeyde özellikle iyi çalışır.

Lise (9-12. sınıf): Üç parametre de öğrenci eliyle uygulanır. Lambert-Beer Yasası, tepkime mekanizmaları ve girişim kavramı işlenir. Öğrencilerden sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4 ile karşılaştırarak numunenin kalite sınıfını belirlemeleri istenir. İsteyen gruplara kendi kontrol kartlarını hazırlatmak mümkündür.

Lisans ve hizmet içi eğitim: Öğretmen adayları için etkinlik iki katmanlı yürütülür. Birinci katmanda adaylar analizi bir öğrenci gibi yapar. İkinci katmanda kendi derişim kontrol kartlarını hazırlar, kartı doğrular ve kendi hedef sınıf düzeylerine uygun bir ders planı yazarlar. Böylece hem yöntemi öğrenir hem de öğretme pratiğini kazanırlar.

## Değerlendirme

Etkinliğin değerlendirilmesinde deney raporu kullanılır. Rapor formatında şu bölümler bulunmalıdır: deneyin amacı, kullanılan malzemeler, izlenen adımlar, gözlemlenen renk, karttan okunan derişim aralığı, sınır değerle karşılaştırma ve yorum.

Değerlendirmede tahminin tam isabetli olması tek başına ölçüt alınmamalıdır. Asıl ölçüt, öğrencinin sonucu doğru yorumlayıp yorumlayamadığıdır. Derişim aralığını şaşırmış ancak suyun içilebilirliği konusunda doğru karara varmış bir öğrenci, etkinliğin hedefine ulaşmıştır.

Raporlar dört ölçüt üzerinden puanlanabilir.

- Birincisi işlem doğruluğudur: öğrenci test kitini yönergeye uygun uyguladı mı, bekleme süresine uydu mu?
- İkincisi gözlem kalitesidir: rengi tanımlarken belirgin bir ifade kullandı mı, fotoğraf ya da çizimle destekledi mi?
- Üçüncüsü karşılaştırma becerisidir: karttan okunan aralığı doğru belirledi mi, sınır değerle ilişkilendirdi mi?
- Dördüncüsü yorumdur: sonucu numunenin alındığı yerin özellikleriyle birlikte değerlendirdi mi, olası kirlilik kaynağı hakkında gerekçeli bir tahmin yürüttü mü? Dördüncü ölçüt en yüksek ağırlığı taşımalıdır, çünkü etkinliğin asıl hedefi buradadır.

Rapor dışında iki değerlendirme aracı daha kullanılabilir. Birincisi, uygulama öncesi ve sonrasında uygulanacak bir su tutum ölçeğidir; Ülger (2011) tarafından geliştirilen ölçek bu amaç için uygundur. Ön test ve son test puanlarının karşılaştırılması, etkinliğin tutum üzerindeki etkisi hakkında ölçülebilir bir gösterge sağlar. İkincisi, öğrencilerin kendi getirdikleri numunelerle ilgili yazdıkları kısa değerlendirme yazılarıdır. Bu yazılar nicel bir puan üretmez, ancak öğrencinin konuyla kurduğu kişisel bağı görmek için en doğrudan araçtır.

## Uygulamada Karşılaşılabilecek Güçlükler

Renk tonlarının ayırt edilememesi: Kartta birbirine yakın tonlar varsa öğrenci doğru basamağı seçemez. Çözüm, kartı sadeleştirmek ve sınır değer çevresinde tek basamak bırakmaktır.

Aydınlatma farkı: Kartın hazırlandığı ışık koşulları ile sınıftaki koşullar farklıysa renk algısı kayar. Tüpleri her seferinde beyaz zemin üzerinde ve arkadan aydınlatarak karşılaştırın.

Bekleme süresi: Tepkime tamamlandıktan sonra tüp uzun süre bekletilirse renk tonu değişebilir. Karşılaştırmayı tepkime süresinin bitiminde hemen yapın.

Ölçüm aralığının dışına çıkan numuneler: Her test kitinin bir çalışma aralığı vardır. Aşırı kirletilmiş bir numune bu aralığın dışına çıkar ve kitte beklenen renk oluşmaz. Bu durum bir aksaklık değil, öğretim fırsatıdır. "Cihaz sonuç vermedi" ile "kirlilik yok" arasındaki fark, öğrenciye doğrudan bir laboratuvar deneyimiyle öğretilebilecek bir kavramdır.

Kalabalık sınıf: Grup sayısı arttıkça rehberlik seyrelir. Mümkünse ikinci bir rehber bulundurun, değilse grupları sırayla çalıştırın. Olson, Malakar & D'Alessio (2024), Nebraska'da lise öğrencilerinin ticari test kitleriyle yaptıkları kuyu suyu ölçümlerini üniversite laboratuvarı sonuçlarıyla karşılaştırmış ve birçok parametrede iyi bir uyum bulmuştur. Aynı çalışma, uyumun kendiliğinden gelmediğini de göstermektedir: yönerge, kalibrasyon ve kit kullanımı eğitiminde iyileştirme ihtiyacı açıkça ortaya çıkmıştır. Öğrenci ölçümü kullanılabilir kalitededir, ancak bu kalite öğretmenin ayırdığı rehberlik zamanına bağlıdır.

Numune kirlenmesi: Şişelerin temizliği ve numunenin taşınma süresi sonucu etkiler. Öğrencilere numuneyi analiz gününden en fazla bir gün önce almalarını söyleyin.

Renk görme farklılıkları: Erkeklerde yaklaşık yirmide bir oranında görülen kırmızı yeşil ayrım güçlüğü, bu etkinliğin

doğrudan konusudur. Amonyum ve KOİ kartlarının yeşil tonları ile nitrat kartının pembe tonları, bu farklılığa sahip bir öğrenci için ayırt edilemeyebilir. Sorunu sınıf önünde konuşmak yerine baştan tasarımla çözmek gerekir. Grup çalışması bunun en pratik yoludur; her grupta karşılaştırmayı iki kişinin bağımsız yapması ve sonucu tartışması hem bu farklılığı görünmez kılar hem de ölçüm güvenilirliğini artırır. Ayrıca kart üzerindeki her basamağın altına derişim değerinin ve konumun yazılı olması, rengin tek başına taşıdığı yükü azaltır. Bir öğrencinin analizden çekilmesine hiçbir koşulda gerek yoktur; tüp fotoğrafını çekip sınıfça değerlendirmek de işe yarayan bir yoldur.

**Sonuç**

Bu bölümde, çevre eğitimi kapsamında su analizleri ile ilgili verilen bilgiler ve önerilen yaklaşım, Taşkın (2019) tarafından geliştirilen yönteme dayanmaktadır. Bu yöntemle içme suyunda amonyum ve nitrat, atık suda ise KOİ derişimleri, fotometre veya spektrofotometre cihazına gerek kalmadan, standart çözeltilerden hazırlanmış renk kartları aracılığıyla belirli bir derişim aralığında tahmin edilebilmektedir.

Özellikle amonyum ve nitrat analizlerinde ısıtma gibi uzun süreli ve maliyetli işlemlere ihtiyaç duyulmaması, temel laboratuvar donanımına sahip olmayan okullarda dahi uygulamanın gerçekleştirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Böylece su kalitesi ve su kirliliği gibi çevre eğitiminin önemli konularından biri, öğrencilerin yalnızca teorik olarak öğrendiği bir konu olmaktan çıkarılarak doğrudan gözlem ve uygulama yoluyla öğrenilebilir hâle gelmektedir.

Renk kartlarına dayalı bu yaklaşımın eğitim açısından önemli bir yönü, öğrencilerin analiz sonuçlarını yalnızca bir sayı olarak değil, görsel bir karşılaştırma üzerinden değerlendirmelerine imkân sağlamasıdır. Öğrenci, örneğin bir su numunesindeki nitratın

kesin olarak kaç miligram/litre olduğunu belirlemekten önce, elde ettiği değerin ilgili sınır değer açısından hangi aralıkta bulunduğunu değerlendirebilir. Bu durum, özellikle çevre eğitiminin amaçları bakımından anlamlıdır. Çünkü burada temel amaç, öğrenciyi ileri düzey analitik ölçüm yapmaya yöneltmekten çok; su kalitesini fark etmesini, ölçüm sonuçlarını yorumlamasını ve çevresel bir sorunla ilgili kanıta dayalı değerlendirme yapabilmesini sağlamaktır. Bu yönüyle bu tür etkinliklerin, gözlem, ölçme, karşılaştırma, yorumlama ve sonuç çıkarma gibi bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesine de katkı sağlayabileceği düşünülebilir.

Etkinliğin bir başka önemli özelliği, farklı öğretim kademelerine uyarlanabilmesidir. İlkokul düzeyinde öğrenciler renk değişimini gözlemleyerek basit karşılaştırmalar yapabilirken, ortaokul ve daha ileri öğretim kademelerinde derişim, sınır değer, kimyasal değişim ve su kalitesi arasındaki ilişkiler daha ayrıntılı biçimde ele alınabilir. Böylece aynı temel materyal ve yaklaşım, öğrencilerin yaş ve hazırbulunuşluk düzeylerine göre farklı öğrenme hedefleri doğrultusunda kullanılabilir. Grup çalışması şeklinde yürütüldüğünde ise öğrencilerin birlikte karar verme, sonuçları tartışma ve elde ettikleri verileri paylaşma becerilerinin desteklenmesi mümkündür.

Etkinliğin yaygınlaştırılması için pratik bir yol, gerekli bileşenlerin bir analiz seti hâlinde bir araya getirilmesidir. Böyle bir set; boş test tüpleri, otomatik pipet, gerekli reaktifler ve derişim kontrol kartlarından oluşabilir. Bu alanda faaliyet gösteren kuruluşlar tarafından hazırlanacak standart bir eğitim seti, okulların uygulamalı su eğitimine erişimini önemli ölçüde kolaylaştırabilir. Ayrıca farklı öğretim kademelerine yönelik hazırlanacak yönergeler, örnek çalışma kâğıtları ve değerlendirme formları ile etkinliğin öğretmenler tarafından daha kolay uygulanması sağlanabilir.

Bununla birlikte, renk kartlarına dayalı yaklaşımın sınırlarının da açık biçimde ortaya konulması gerekir. Bu yöntem, fotometrik veya spektrofotometrik analizlerin yerine geçebilecek kesin ve yüksek duyarlılıklı bir analitik yöntem olarak değerlendirilmemelidir.

Renk karşılaştırmasına dayalı sonuçlar belirli bir aralıkla sınırlıdır ve aydınlatma koşulları, renk algısı, tepkime süresi, numunenin uygun şekilde alınması ve saklanması gibi faktörlerden etkilenebilir. Bu nedenle özellikle mevzuata dayalı kesin ölçümlerin, bilimsel araştırmaların veya ayrıntılı su kalite değerlendirmelerinin gerekli olduğu durumlarda standart laboratuvar yöntemlerine başvurulmalıdır. Renk kartları ise eğitim, ön inceleme ve hızlı tarama amacıyla değerlendirilmelidir. KOİ analizinde termoreaktör gerektirmesi de yöntemin bütün parametreler bakımından tamamen cihazsız olarak nitelendirilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Yaklaşımın eğitim dışındaki uygulama potansiyeli de dikkate değerdir. Sanayi tesislerinin atık su arıtma süreçlerinde, içme suyu analiz laboratuvarlarında veya saha çalışmalarında kesin ölçümden önce yapılacak ön incelemelerde renk kartları pratik bir tarama aracı olarak kullanılabilir.

Özellikle çok sayıda numunenin hızlı biçimde değerlendirilmesinin gerektiği durumlarda, hangi numunelerin veya örnekleme noktalarının ayrıntılı laboratuvar analizine gönderilmesi gerektiği konusunda ön bilgi sağlayabilir. Ancak bu tür kullanımlarda da yöntemin çalışma aralığı ve ölçüm sınırlılıkları dikkate alınmalıdır.

## Öneriler

Renk kartlarına dayalı su analizi etkinliğinin eğitim ortamlarında yaygınlaştırılması ve farklı alanlardaki kullanım

potansiyelinin değerlendirilebilmesi için aşağıdaki öneriler sunulabilir:

Pilot uygulamalarla, renk kartlarına dayalı su analizi etkinliği ilkokul, ortaokul, lise ve öğretmen yetiştirme programlarında uygulanmalı; öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, su okuryazarlığı ve çevreye yönelik farkındalıkları üzerindeki etkisi sistematik olarak değerlendirilebilir.

Gerekli analiz kitlerini, derişim kontrol kartlarını, güvenli çalışma talimatlarını, örnek çalışma kâğıtlarını ve değerlendirme formlarını içeren, farklı öğretim düzeylerine uyarlanabilir standart bir eğitim seti ve uygulama rehberi geliştirilebilir. Bu setin ekonomik ve kolay temin edilebilir olması, uygulamanın daha fazla okula ulaşmasını destekleyecektir.

Renk kartların farklı aydınlatma koşullarında, farklı kullanıcılar tarafından ve değişik su numuneleriyle uygulanmasından kaynaklanabilecek farklılıkları incelenip bu kartların güvenirliliği geliştirilebilir. Kartların belirli aralıklarla kontrol edilmesi ve sonuçların uygun referans analizleriyle karşılaştırılması, yöntemin kullanım sınırlarının daha açık biçimde belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Özellikle KOİ analizi gibi ek donanım ve daha dikkatli güvenlik uygulamaları gerektiren işlemlerde, okulların üniversitelerin laboratuvarlarından yararlanabileceği iş birliği modelleri geliştirilebilir. Bu tür işbirlikleriyle öğrencilerin uygulamalı öğrenme imkânları genişletilirken öğretmenlerin uygulama sürecinde karşılaşabilecekleri donanım ve teknik destek sorunları da azaltılabilir.

Renk kartlarının sanayi tesislerindeki atık su örneklerinin hızlı ön değerlendirilmesinde kullanımına yönelik pilot çalışmalar yapılarak, yöntemin endüstriyel atık su analizlerindeki ön tarama potansiyeli araştırılabilir. Bu çalışmalarda farklı sektörlerden alınan

numuneler, uygun referans laboratuvar analizleriyle karşılaştırılmalı; yöntemin çalışma aralığı, hata payı ve güvenilirliği belirlenmelidir. Elde edilecek sonuçlar, renk kartlarının hangi koşullarda ön tarama amacıyla kullanılabileceğinin ortaya konulmasına yardımcı olacaktır. Bu uygulamalar, mevzuata uygunluk değerlendirmesi veya kesin analiz yerine geçecek biçimde ele alınmamalıdır.

Renkleri ayırt etmede güçlük yaşayan öğrencilerin de etkinliğe eşit biçimde katılabilmesi için kartlardaki renklerin yanında sayısal değerlerin, basamak numaralarının ve açık sınıflandırmaların kullanılması suretiyle kolay erişilebilir ve daha kapsayıcı materyaller geliştirilebilir. Ayrıca grup çalışması ve farklı öğrenme düzeylerine uygun yönergelerle etkinliğin daha kapsayıcı hâle getirilmesi sağlanabilir.

Sonuç olarak, çevre eğitiminin yalnızca çevre sorunlarını tanımlayan ve teorik bilgiler aktaran bir yapıdan çıkarılarak öğrencilerin gözlem yapan, ölçen, verileri karşılaştıran, yorumlayan ve çevresel sorunlar karşısında çözüm düşüncesi geliştiren aktif öğrenenler hâline gelmesini sağlayacak şekilde yapılandırılması önem taşımaktadır.

Renk kartlarına dayalı su analizi uygulaması, bu anlayış doğrultusunda laboratuvar imkânlarının sınırlı olduğu eğitim ortamlarında dahi uygulanabilecek pratik ve erişilebilir bir model sunmaktadır. Böylece su kalitesi gibi günlük yaşamla doğrudan ilişkili bir konu, öğrenciler için yalnızca öğrenilen bir bilgi olmaktan çıkarak gözlemlenen, analiz edilen ve anlamlandırılan somut bir öğrenme deneyimine dönüşebilmektedir.

Bu yönüyle önerilen etkinlik, uygulamalı çevre eğitiminin yaygınlaştırılması ve öğrencilerde su kaynaklarının korunmasına yönelik bilimsel farkındalık geliştirilmesi açısından işlevsel bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

## Kaynakça


Ağca, N., Doğan, K. ve Karanlık, S. (2018). Amik Ovasındaki yüzey sularında amonyum, nitrat, fosfor ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2), 197-203.

Akyürek, E. (2009). *Atık su arıtım tesislerinin model öngörmeli kontrolü* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Araújo, J. L., Morais, C. ve Paiva, J. (2023). Students' attitudes towards the environment and marine litter in the context of a coastal water quality educational citizen science project. *Australian Journal of Environmental Education, 39*(4), 522-535. https://doi.org/10.1017/aee.2023.14

Başal, H. A. (2003). Okul öncesi eğitiminde uygulamalı çevre eğitimi. M. Sevinç (Ed.), *Erken çocuklukta gelişim ve eğitimde yeni yaklaşımlar* içinde. İstanbul: Morpa Kültür Yayınları.

Batchelder, M., Swinney, M. ve O'Hara, T. (2023). Experiences from a school-university partnership climate and sustainability education project in England: The value of citizen science and practical STEM approaches. *Sustainability, 15*(12), 9401. https://doi.org/10.3390/su15129401

Cappellaro, E., Ünal Çoban, G., Akpınar, E., Yıldız, E. ve Ergin, Ö. (2011). Yetişkinler için yapılan uygulamalı çevre eğitimine bir örnek: Su farkındalığı eğitimi. *Journal of Turkish Science Education*, 8(2), 157-173.

Cardozo, J. C., Barbosa Segundo, I. D., Galvão, E. R. V. P., Martínez-Huitle, C. A., Silva, D. R. ve dos Santos, E. V. (2023). Decentralized environmental applications of a smartphone-based method for chemical oxygen demand and color analysis. *Scientific Reports, 13*(1), 11065. https://doi.org/10.1038/s41598-023-37126-9

Çalışkan, F. Z. ve Çalışkan, İ. (2025). Fen eğitimi bağlamında çevreye yönelik deneysel araştırmaların sistematik derleme çalışması. *Batı*

*Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 16*(1), 1795-1824. https://doi.org/10.51460/baebd.1608723

Çankaya, C. (2014). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının sürdürülebilir su kullanımına yönelik farkındalıklarının geliştirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Çiçek, A. (2009). Çevre kirliliği. C. Türe (Ed.), *Ekoloji* içinde (s. 135-155). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.

Çolakoğlu, E. (2008). *Suya erişim bağlamında su güvenliği* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Demirkıran, R. (2015). *İlköğretim fen ve sınıf öğretmen adaylarının çevre sorunları ve çevre eğitimine ilişkin görüşleri* (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Ekşi, O. (2005). *Samsun sebze pazarlarından toplanan bazı sebze ve gıda örnekleriyle bazı içme suyu ve taban suyu örneklerinin nitrat içeriğine ilişkin bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Emhemed, A. (2016). *Kastamonu içme suyunu sağlayan Karaçomak göletinin mikrobiyolojik ve kimyasal yönden incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

Erbaş, S., Kılıçoğlu, G. ve Aksoy, B. (2023). Examination of water literacy levels secondary school students in terms of different variables. *Journal of Teacher Education and Lifelong Learning, 5*(1), 194-208. https://doi.org/10.51535/tell.1244043

Erten, S. (2004). Çevre eğitimi ve çevre bilinci nedir, çevre eğitimi nasıl olmalıdır? *Çevre ve İnsan Dergisi*, 65/66.

Gregucci, D., Calabretta, M. M., Nazir, F., Marchegiani, E. ve Michelini, E. (2025). An origami colorimetric paper-based sensor for sustainable on-site and instrument-free analysis of nitrite. *Sensors & Diagnostics, 4*(3), 239-246. https://doi.org/10.1039/d4sd00308j

Güney, E. ve Akıllı, M. (2023). Sınıf öğretmenlerinin çevre okuryazarlık düzeylerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 36*(2), 733-759. https://doi.org/10.19171/uefad.1318538

Güntürkün, E. (2016). *Türkiye'deki öğretmen adaylarına verilen çevre eğitimi* (Yüksek lisans tezi). İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Hashim, R., Arman, M. A., Yusoff, M. M., Siarap, K., Mohamed, R., Hussein, A. ve Jeng, W. C. (2010). The environmental non-governmental organizations (ENGOs) in Malaysia northern region: Their roles in protecting water resources. *International NGO Journal*, 5(7), 167-170.

Hsu, S. J., ve Roth, R. E. (1998). An assessment of environmental literacy and analysis of predictors of responsible environmental behavior held by secondary teachers in Hualien area of Taiwan. *Environmental Education Research*, 4(3), 229-249.

Hüseyinbaş, Ö. (2025). *Yenilikçi teknolojilerle desteklenmiş bağlam temelli öğrenme yaklaşımının öğrencilerin akademik başarılarına, eleştirel düşünme ve dijital okuryazarlık becerilerine etkisi* (Doktora tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

Hüseyinbaş, Ö., Ünal, A., ve Yerlikaya, Z. (2021). Ortaokul öğrencilerinin yaşadıkları yakın çevreye yönelik farkındalıklarının bölgesel farklılıklara göre karşılaştırılması. *Anadolu University Journal of Education Faculty*, 5(2), 164-184. https://doi.org/10.34056/aujef.800252Karakoçan, E. (2016). *Sınıf öğretmenlerinin çevre eğitimine yönelik farkındalıkları* (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.

Karataş, A. (2013). *Çevre bilincinin geliştirilmesinde çevre eğitiminin rolü ve Niğde Üniversitesi Eğitim Fakültesi örneği* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Kasap, A. G. (2018). *Ayvacık Suat Uğurlu Baraj Gölünün su kirliliği açısından araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Keleş, R. ve Hamamcı, C. (2005). *Çevre politikası* (5. baskı). Ankara: İmge Kitabevi.

Kocataş, A. (2008). *Ekoloji ve çevre biyolojisi* (10. baskı). İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Koçak, E., Yalçın Çelik, A. ve Uluyol, Ç. (2023). Pre-service teachers' environmental literacy: The role of STEM-based environmental education with microcontrollers. *Participatory Educational Research, 10*(5), 233-247. https://doi.org/10.17275/per.23.84.10.5

Küçük, N. (2017). *Ortaokullarda uygulamalı çevre eğitiminin çevre bilinci üzerine etkisi (Balıkesir örneği)* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Küçükcankurtaran, E. (2008). Çevre eğitiminde internetin kullanımı: Çevreye karşı olan sorumluluklarımızın farkına varmamızda internet nasıl etkili olabilir? *XIII. Türkiye'de İnternet Konferansı Bildirileri*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Loan, D. K., Con, T. H., Hong, T. T. ve Mai Ly, L. T. (2013). Quick determination of ammonia ions in water environment based on thymol color creating reaction. *Environmental Science*, 1, 83-92.

MEB. (2007). *Gıda teknolojisi: İçme ve kullanma suyu analizleri*. Ankara.

MEB. (2012). *Kimya teknolojisi: Spektrofotometre*. Ankara.

Okumura, M., Fujinaga, K., Seike, Y. ve Honda, S. (1999). A simple and rapid visual method for the determination of ammonia nitrogen in environmental waters using thymol. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 365(5), 467-469.

Olson, C. A., Malakar, A. ve D'Alessio, M. (2024). Evaluating youth-led citizen science for improved monitoring of domestic well water quality in Nebraska. *ACS ES&T Water, 4*(2), 601-609. https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00640

Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2015, 15 Nisan). Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. *T.C. Resmî Gazete* (Sayı: 29327). resmigazete.gov.tr

Ödün, N. A. (2013). *Fırtına Vadisi'nde (Çamlıhemşin-Rize) çay tarımında kullanılan suni ve doğal gübrelerin oluşturduğu su kirliliğinin akuatik ekosisteme etkisi* (Yüksek lisans tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.

Önder, R. (2015). *Üniversite öğrencilerinde çevre eğitimi gereksiniminin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Özata, A. B. (2005). *İlköğretim II. kademe öğrencilerinin çevre kirliliğinin önlenmesine ilişkin bilgi ve uygulamaları üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özdemir, O. (2017). *Ekolojik Okuryazarlık ve Çevre Eğitimi* (2. Baskı b.). Ankara: Pagem Akademi.

Öztürk, C., Ünal-Çoban, G. ve Ergin, Ö. (2009). Su farkındalığı işlik çalışması. *Eğitimde Yeni Yönelimler V: Öğrenmenin Doğası ve Değerlendirme Sempozyumu*, İzmir.

Öztürk, E. (2013). *Uluslararası bir çevre eğitimi projesinin fen ve teknoloji öğretmen adaylarının çevre bilincine etkisi* (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Soudi, M., Cencillo-Abad, P., Patel, J., Mahmud, M. S. ve Chanda, D. (2024). Self-assembled plasmonic structural color colorimetric sensor for smartphone-based point-of-care ammonia detection in water. *ACS Applied Materials & Interfaces, 16*(34), 45632-45639. https://doi.org/10.1021/acsami.4c06615

Şahin, Y. (2011). *Kentleşme politikası* (2. baskı). Trabzon: Murathan Yayınevi.

Taşkın, Ö. (2019). *Çevre eğitimi uygulamaları kapsamında su analizleri için yöntem geliştirme* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

Topbaş, M. T. (1987). *Azotlu gübreler*. Konya: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

UNESCO. (1977a). *Tbilisi Declaration*. Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tiflis.

UNESCO. (1997b). *Educating for a sustainable future: A transdisciplinary vision for concerted action*. Paris: UNESCO.

Ülger, A. Ö., Yurttaş, G. D., Ekiz, G., Güç, E. ve Sülün, Y. (2009). İlköğretim öğrencilerinin suya yönelik görüşlerinin belirlenmesi. *5. Uluslararası Balkan Eğitim ve Bilim Kongresi*, Edirne.

Ülger, A. Ö. (2011). *Günümüzde su eğitimi ve ilköğretim öğrencilerinin su ile ilgili tutumlarının araştırılması (Muğla ili örneği)* (Yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

Ünal, S. ve Dımışkı, E. (1999). UNESCO-UNEP himayesinde çevre eğitiminin gelişimi ve Türkiye'de ortaöğretim çevre eğitimi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16-17, 142-154.

Yanarateş, E., & Yılmaz, A. (2020). Öğretmen adaylarının "çevre duyarlılığı kavramına yönelik metaforik algıları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 40*(3), 1019-1050.

Yılmaz, A., & Yanarateş, E. (2020). Öğretmen adaylarının "su kirliliği" kavramına yönelik metaforik algılarının veri çeşitlemesi yoluyla belirlenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 28*(3), 1500-1528.

Yılmaz, O. (2016). *Sosyal Bilgiler ve Fen Bilgisi Eğitimi lisans programlarının çevre eğitimi açısından değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırşehir.

Weatherburn, M. W. (1967). Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*, 39, 971-974.

# BÖLÜM 6

# EĞİTİM ALANINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE GERİ DÖNÜŞÜM KONULU TEZLERİN TEMATİK İNCELEMESİ: 2020-2026

**Merve ELMAS İÇİN**[1]
**Serpil KAL AYCI**[2]

## Giriş

Sanayileşme, kentleşme ve hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların tüketimini önemli ölçüde artırmış ve çevresel sorunların daha görünür hale gelmesine neden olmuştur. Üretim ve tüketim faaliyetlerinin artmasıyla birlikte ortaya çıkan atık miktarı, çevresel kirliliğin artmasına ve ekosistemler üzerinde ciddi baskılar oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum, sürdürülebilirlik kavramının günümüzde daha fazla önem kazanmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirlik; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan mevcut ihtiyaçların karşılanmasını ifade eden, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları kapsayan bütüncül bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (WCED, 1987).

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstütüsü, Hatay, Türkiye. Orcid: 0009-0005-9534-9444
[2] Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Hatay, Türkiye. Orcid: 0000-0001-9613-3390

Geri dönüşüm ise sürdürülebilirlik anlayışının en önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Geri dönüşüm, atıkların yeniden işlenerek ekonomik değere dönüştürülmesi sürecini ifade etmekte olup döngüsel ekonomi modelinin temel unsurlarından biridir. Döngüsel ekonomi yaklaşımı; azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme ilkeleri üzerine kuruludur ve kaynakların daha verimli kullanılmasını hedeflemektedir (Bolayır & Eroğlu, 2025). Bu bağlamda geri dönüşüm hem doğal kaynakların korunmasına hem de ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Türkiye'de sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularına yönelik akademik çalışmaların son yıllarda önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Yapılan araştırmalar, özellikle 2019 yılından itibaren sürdürülebilirlik alanında yapılan lisansüstü tez sayısında belirgin bir artış olduğunu ortaya koymaktadır (Yalçıntaş vd., 2021). Bu artış, sürdürülebilirlik konusunun hem akademik hem de toplumsal düzeyde daha fazla önem kazandığını göstermektedir.

Çevresel sorunların küresel boyutlara ulaşması, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularının önemini daha da artırmaktadır. Ekosistemler arasındaki güçlü etkileşimler nedeniyle, bir bölgede meydana gelen çevresel sorunların diğer bölgeleri de etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle çevre problemlerine yönelik çözümlerin küresel ölçekte ele alınması gerekmektedir (Ruiz-Mallén, Corres ve Boada, 2026). Geri dönüşüm uygulamaları da bu küresel sorunların çözümünde önemli araçlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu süreçte eğitim, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm bilincinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Çevre eğitiminin bireylerin çevresel farkındalıklarını artırdığı ve geri dönüşüm davranışlarını olumlu yönde etkilediği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Popescu vd., 2019). Ayrıca bireylerin geri

dönüşüm konusundaki bilgi düzeylerinin artması, geri dönüşüm davranışlarının gelişmesini desteklemektedir (Xiao vd., 2025).

Türkiye'de yayımlanan çalışmalar incelendiğinde, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik konularının özellikle eğitim bağlamında ele alındığı görülmektedir. Örneğin, Z kuşağının geri dönüşüm bilinci üzerine yapılan bir araştırmada, bireylerin eğitim düzeyinin artmasıyla birlikte geri dönüşüm farkındalığının da arttığı belirlenmiştir (Alpdoğan vd., 2024). Benzer şekilde ilköğretim öğrencileri üzerinde yapılan bir başka araştırmada, sosyal etkinliklerin geri dönüşüm davranışları üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya konmuştur (Çimen & Yılmaz, 2012).

Uluslararası literatürde yer alan çalışmalar da geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik konularının giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Plastik atıkların geri dönüşümüne yönelik yapılan sistematik incelemeler, bu alandaki araştırmaların özellikle son yıllarda hızla arttığını ortaya koymaktadır (Anwar vd., 2024). Ayrıca geri dönüşüm davranışlarının artırılmasında eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir (National League of Cities, 2025).

Türkiye'de yapılan lisansüstü tezler incelendiğinde, geri dönüşüm uygulamalarının çevresel faydalarının yanı sıra ekonomik faydalar da sağladığı görülmektedir. Plastik sektöründe geri dönüşümün sürdürülebilirliğe etkisini inceleyen bir tez çalışmasında, geri dönüşüm uygulamalarının hem çevresel dengeyi koruduğu hem de ekonomik tasarruf sağladığı belirtilmiştir (Sert, 2018). Bu durum, sürdürülebilirlik kavramının çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Ayrıca geri dönüşüm oranlarının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, geri dönüşümün ekonomik büyüme ve insani gelişme üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Bolayır & Eroğlu, 2025). Bu bağlamda geri dönüşüm,

yalnızca çevresel değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal kalkınma açısından da önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında değerlendirildiğinde, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularının akademik çalışmalarda giderek daha fazla yer bulduğu görülmektedir. Bu konuların lisansüstü tezler aracılığıyla incelenmesi, alandaki araştırma eğilimlerinin belirlenmesine ve gelecekte yapılacak çalışmaların yönlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Türkiye'de bu alanda yapılan çalışmaların artması, sürdürülebilirlik bilincinin yaygınlaşması açısından önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada 2020-2026 yılları arasında geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik kavramları ile ilgili Yüksek Öğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yayınlanan tez çalışmaları sistemli bir şekilde incelenerek gelecek tarihlerde yapılacak olan çalışmalara ışık tutmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda 2020 yılı ile 2026 yılı arasında Yüksek Öğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yayınlanmış olan tezler incelenmiş ve aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1.Tezlerin yıllara göre dağılımı nedir?

2. Hangi yöntemler kullanılmış?

3. Tezlerin çalışma grubuna göre dağılımı nedir?

3. Hangi örneklem büyüklükleri nedir?

4. Hangi veri toplama araçları kullanılmıştır?

5. Hangi veri analizleri yapılmıştır?

6. Bu tezler hangi amaçlarla yapılmıştır?

## YÖNTEM

Bu çalışma 2020-2026 yılları arasında eğitim öğretim alanında geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik kavramlarıyla ilgili

yazılmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin incelenmesini amaçlayan nitel bir çalışmadır. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi kullanılmıştır. Doküman analizi, araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgiler içeren yazılı materyallerin sistematik olarak incelenmesi sürecidir (Creswel, 2013).

**Kodlama Süreci**

Öncelikle geri dönüşüm ile ilgili çalışmalar G1, G2, G 4,…G50 ve sürdürülebilirlik ile ilgili olanlar ise S1, S2, S3….S33 şeklinde numaralandırılarak kodlanmıştır ve çalışmada bu kodlar kullanılmıştır. Daha sonra çalışmalar tek tek incelenerek elde edilen verilen excel dosyasına kaydedilmiştir.

**Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenilirliği**

Araştırmanın geçerlik ve güvenirliğini artırmak amacıyla veri toplama süreci araştırmacı tarafından iki kez gözden geçirilmiş olup oluşturulan kodlama ve kategoriler alanında uzman bir öğretim elemanının görüşüne sunulmuştur. Alınan geri bildirimler doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu süreçle araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliği desteklenmiştir.

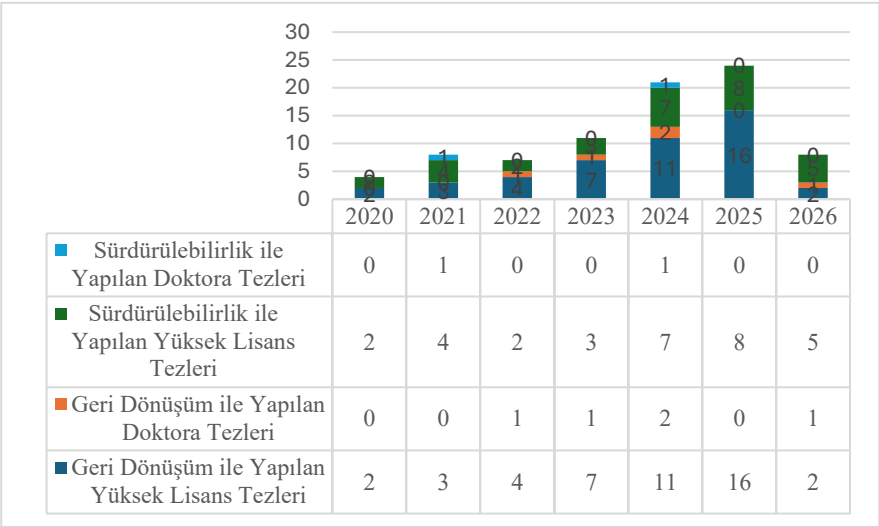
**Verilerin Analizi**

Araştırmada elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması sürecinde doküman analizinden yararlanılmıştır. Doküman analizi, araştırılacak konu ve durumlar ile ilgili bilgi içeren materyallerin analiz edilmesiyle yapılır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). İncelenen tezler araştırmanın amacı doğrultusunda araştırma yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları, veri analiz yöntemleri ve örneklem büyüklüğü gibi kategoriler altında sınıflandırılmıştır. Daha sonra benzer özellikler taşıyan veriler bir araya getirilerek yorumlanmış ve bulgular sistematik bir şekilde sunulmuştur. İncelenen tezler tablo ve grafiklerle sunulmuştur.

## BULGULAR

Araştırma sorularına yönelik elde edilen bulgular aşağıda sırayla sunulmuştur;

*Grafik 1 Tezlerin yıllara göre dağılımı*




| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sürdürülebilirlik ile Yapılan Doktora Tezleri | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Sürdürülebilirlik ile Yapılan Yüksek Lisans Tezleri | 2 | 4 | 2 | 3 | 7 | 8 | 5 |
| Geri Dönüşüm ile Yapılan Doktora Tezleri | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| Geri Dönüşüm ile Yapılan Yüksek Lisans Tezleri | 2 | 3 | 4 | 7 | 11 | 16 | 2 |

Geri dönüşüm konusu kapsamında toplam 50 lisansüstü tez incelenmiştir. Bu tezlerin 45'i yüksek lisans, 5'i ise doktora tezlerinden oluşmaktadır. Sürdürülebilirlik alanında ise toplam 33 lisansüstü tez değerlendirilmiş olup bunların 31'i yüksek lisans, 2'si doktora tezidir. Grafik 1'de tezlerin yıllara göre dağılımı sunulmaktadır. Şekil incelendiğinde, her iki konuda da tez sayısının özellikle 2024 ve 2025 yıllarında yoğunlaştığı görülmektedir.

Tezlere ait yöntemler aşağıdaki Tablo 1'de sunulmuştur;

*Tablo 1 Tezlere ait yöntemler*

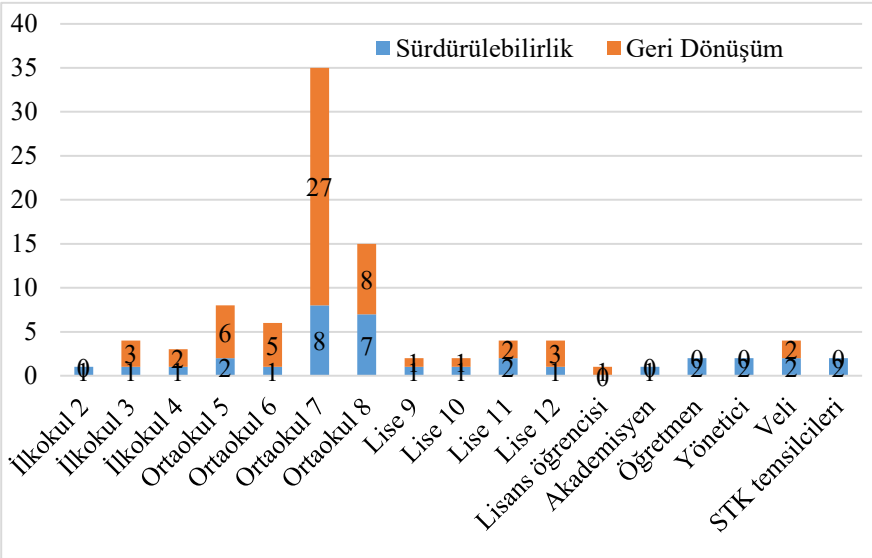
| **Yöntem Türü** | **Sürdürülebilirlik Frekans** | **İlgili çalışmalar** | **Geri Dönüşüm Frekans** | **İlgili çalışmalar** |
|---|---|---|---|---|
| Nicel | 10 | S1,S3,S6,S8,S9,S15,S28,S29,S30,S32 | 26 | G3,G7,G8,G9,G11,G14,G16,G17,G18,G19,G20,G22,G25,G28,G29,G32,G34,G36,G38,G39,G41,G42,G45,G46,G48,G49 |
| Nitel | 10 | S4,S5,S7,S11,S14,S19,S20,S26,S27,S31 | 7 | G12,G15,G23,G30,G33,G35,G43, |
| Karma | 13 | S2,S10,S12,S13,S16,S17,S18,S21,S22,S23,S24,S25,S33 | 17 | G1,G2,G4,G5,G6,G10,G13,G21,G24,G26,G27,G31,G37,G40,G44,G47,G50 |

Tabloya bakıldığında geri dönüşüm üzerine yazılmış tezlerin yöntemlerine göre dağılımında %52 oranında nicel araştırma yöntemi (f=26), %34 oranında karma araştırma yöntemi (f=17) ve %14 oranında nitel araştırma yöntemi (f=7) kullanılmıştır.

Sürdürülebilirlik üzerine yazılmış tezlerin yöntemlerine göre dağılımı ise %39.4 oranında karma araştırma yöntemi (f=13), % 30.3 oranında nicel araştırma yöntemi (f=10) ve %30.3 oranında nitel araştırma yöntemi (f=10) kullanılmıştır.

Tezlere ait çalışma gruplarına ait dağılım aşağıdaki Grafik 2'de sunulmuştur;

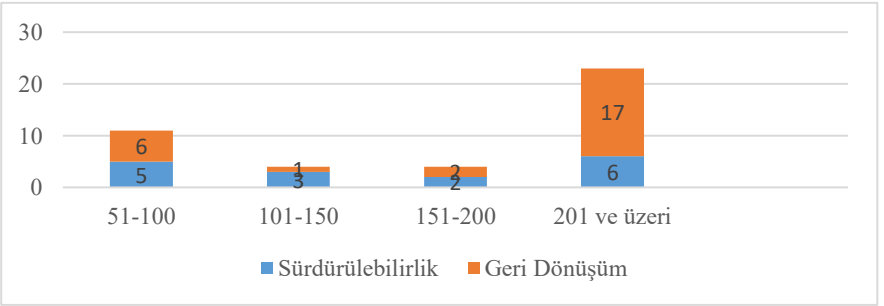
*Grafik 2 Tezlerin çalışma grubuna göre dağılımı*




Katılımcı grupları incelendiğinde, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularındaki çalışmaların büyük ölçüde ortaokul öğrencileriyle yürütüldüğü görülmektedir. Her iki konuda da en fazla çalışmanın ortaokul 7. sınıf öğrencileriyle gerçekleştirildiği belirlenmiştir (sürdürülebilirlik f=8; geri dönüşüm f=27). İlkokul ve lise düzeyindeki katılımcılarla yapılan çalışmaların sayısı daha sınırlıdır. Ayrıca sürdürülebilirlik konulu çalışmalarda öğretmen, yönetici, veli, akademisyen ve STK temsilcileri gibi farklı paydaşlara yer verilirken, geri dönüşüm konulu çalışmalarda bu grupların daha az temsil edildiği görülmektedir. Bu bulgular, araştırmaların ağırlıklı olarak öğrenci gruplarına odaklandığını göstermektedir.

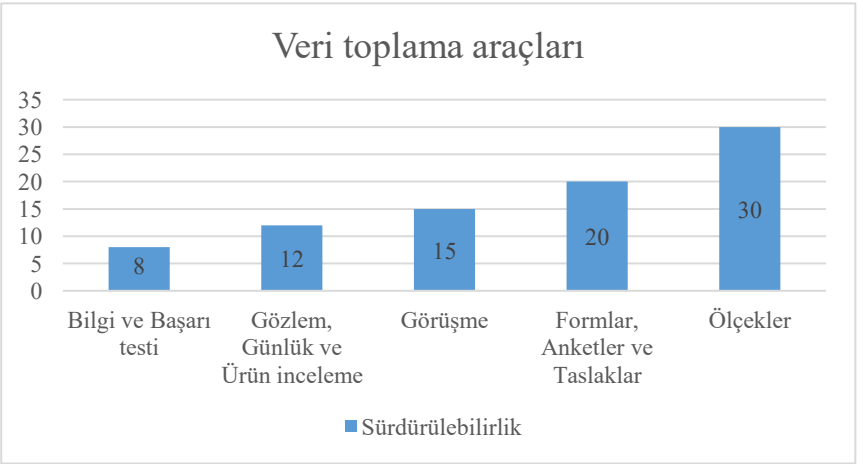
Yapılan tez çalışmalarında örneklem büyüklüğüne bakıldığında sürdürülebilirlik konusunda 200 ve üzeri 6 tez, geri dönüşüm konusunda ise 200 ve üzeri örneklem büyüklüğüne sahip 17 tez bulunmaktadır. (Grafik 3).

*Grafik 3 Tezlere göre örneklem büyüklüğü*




Sürdürülebilirlik ile ilgili 33 tezin veri toplama araçlarına göre dağılımına bakıldığında ölçekler (f=30), görüşme teknikleri ve formları (f=15), formlar, anketler ve taslaklar (f=20), bilgi ve başarı testi (f=8), gözlem, günlük, ürün inceleme (f=12) olduğu görülmüştür (Grafik 4).

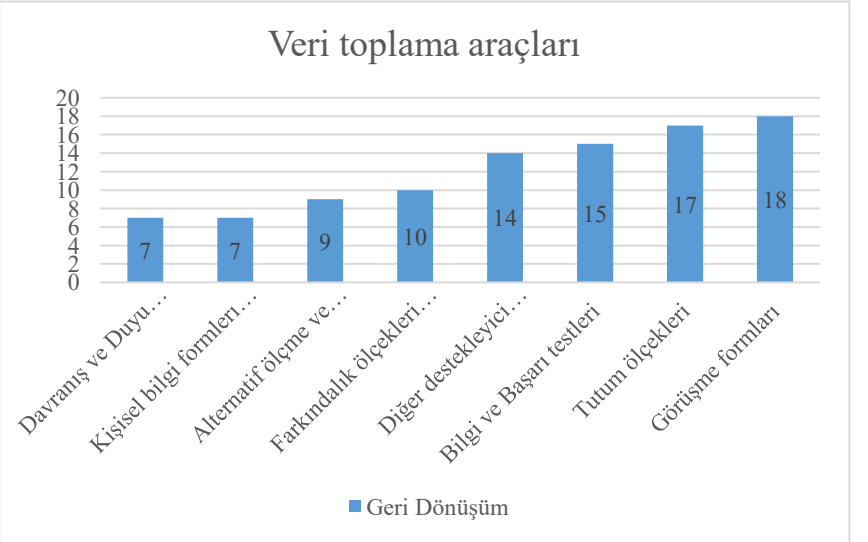
*Grafik 4 Sürdürülebilirliğe ait veri toplama araçları*




Geri dönüşüm ile ilgili 50 tezin veri toplama araçlarına göre dağılımına bakıldığında görüşme formları (f=18), tutum ölçekleri (f=17), bilgi ve başarı testleri (f=15), farkındalık ölçekleri ve formları (f=10), alternatif ölçme ve değerlendirme teknikleri (f=9), davranış ve duygu ölçekleri (f=7), kişisel bilgi formları ve anketler

(f=7), diğer destekleyici araçlar (f=14) olduğu görülmüştür (Grafik 5).

*Grafik 5 Geri dönüşüm ait veri toplama araçları*




Ayrıca alternatif ölçme ve değerlendirme teknikleri şeklinde belirtilen veri toplama aracı kelime ilişkilendirme testi (KİT), çizme-yazma tekniği, öğrenci çizimleri, metafor soruları ve formlarını içermektedir. Diğer destekleyici araçlar ise çalışma yaprakları ve etkinlik kağıtları, öğrenci günlükleri ve modelleri, motivasyon ölçekleri, beceri ölçekleri (inovasyon, girişimcilik, yaratıcılık, problem çözme, gözlem ve doküman analizini içermektedir.

*Tablo 2 Sürdürülebilirliğe ait veri analiz yöntemleri*

| | **Veri analiz yöntemleri** | ***f*** |
|---|---|---|
| Nitel Analiz | İçerik Analizi | 17 |
| | Betimsel Analiz | 5 |
| | Kodlama ve Temalandırma | 3 |
| | Tematik Analiz | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| | Miles-Huberman Analizi | 1 |
| | Etkinlik Kuramı Temelli Analiz | 1 |
| | Kavram Ağları Oluşturma | 1 |
| | İnandırıcılık ve Teyit Edilebilirlik Ölçütleri | 1 |
| Nicel Analiz | t-testi (Bağımsız/Bağımlı örneklem) | 13 |
| | Betimsel/Tanımlayıcı İstatistikler | 8 |
| | ANOVA (Varyans Analizi) | 7 |
| | Mann-Whitney U Testi | 7 |
| | Normallik Testleri (Shapiro-Wilk vb.) | 6 |
| | Korelasyon Analizi | 4 |
| | Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi | 3 |
| | Kruskal-Wallis H Testi | 3 |
| | Frekans ve Yüzde Dağılımı | 3 |
| | Ki-kare Testi | 2 |
| | Faktör Analizi (AFA / DFA) | 2 |
| | Diğer (ANCOVA, Bonferroni, Cronbach Alfa vb.) | 3 |

Sürdürülebilirlik konusunda nicel araştırmalarda en sık kullanılan yöntem, t-testleri ve ardından betimsel istatistikler ve ANOVA iken; nitel araştırmalarda ise içerik analizi verilerde en baskın yöntem olarak öne çıkmaktadır. Verilerin yaklaşık üçte birinde (%36) nicel istatistikler ile nitel içerik analizinin bir arada kullanıldığı (karma yöntem) görülmektedir.

*Tablo 3 Geri dönüşüme ait veri analiz yöntemleri*

| **Veri analiz yöntemleri** | | ***f*** |
|---|---|---|
| Nitel analiz | İçerik analizi | 18 |
| | Betimsel analiz | 5 |
| | Tema ve Kod Oluşturma | 3 |
| | Fenomenolojik Veri Analizi | 1 |
| | Durum Analizi | 1 |
| Nicel analiz | t-Testleri (Bağımlı, Bağımsız, Tek Örneklem) | 22 |
| | ANOVA ve Varyasyonları (Tek Yönlü, Karma, ANCOVA, MANOVA) | 13 |
| | Normallik Testleri (Shapiro-Wilk vb.) | 10 |
| | Betimsel İstatistikler (Frekans, Yüzde, Ortalama, Standart Sapma) | 9 |
| | Non-Parametrik Testler (Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H) | 7 |
| | Faktör Analizi (AFA, DFA) | 6 |
| | Korelasyon Analizi (Pearson vb.) | 4 |
| | Regresyon Analizi | 2 |
| | Diğer Testler (KMO, Bartlett, Güvenirlik, Etki Büyüklüğü vb.) | 7 |

Geri dönüşüm konusunda en sık kullanılan yöntemler, nicel araştırmalarda t-testleri ve ANOVA en yaygın istatistiksel araçlar iken; nitel araştırmalarda içerik analizi hemen hemen tüm çalışmalarda temel yöntem olarak tercih edilmiştir. Bazı kaynaklarda hem nicel (SPSS/İstatistik) hem de nitel (İçerik analizi) yöntemlerin

bir arada kullanıldığı belirtilmektedir. Nicel verilerin analizinde özellikle SPSS programının kullanımı vurgulanmıştır.

*Tablo 4 Sürdürülebilirlik amaç analizi*

| **Araştırma Amacı Kategorisi** | ***f*** |
|---|---|
| Yöntem/Uygulama Etkililiği İnceleme (STEM, STEAM, Drama, Dijital Tasarım, Okul Dışı Ortamlar vb. uygulamaların etkileri) | 13 |
| Görüş, Algı ve Politika Önerisi Belirleme (Öğretmen, öğrenci, yönetici ve STK'ların sürdürülebilirlik konularındaki fikirleri) | 8 |
| Bilgi, Tutum, Davranış ve Farkındalık Düzeyi/İlişkisi (Bireylerin mevcut durumlarının ve değişkenler arası ilişkilerin tespiti) | 7 |
| Ölçek/Model Geliştirme ve Tasarım Analizi (Sürdürülebilirlik okuryazarlığı ölçeği, sistem düşüncesi ve biyomimetik analizler) | 5 |
| Toplam | 33 |

Kaynaklardaki araştırmaların en büyük kısmını çeşitli öğretim yöntem ve tekniklerinin öğrencilerin tutum, başarı ve becerileri üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar oluşturmaktadır. Öğretmenlerin, okul yöneticilerinin ve hatta STK temsilcilerinin sürdürülebilir çevre eğitimine yönelik görüşlerinin belirlenmesi, eğitim sistemine yönelik politika önerileri geliştirilmesi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmaların bir kısmı doğrudan öğrencilerin ve yetişkinlerin; karbon ayak izi, su okuryazarlığı ve ekolojik farkındalık gibi kritik konulardaki mevcut durumlarını belirlemeye odaklanmıştır. Geleneksel yöntemlerin ötesinde; tersyüz sınıf modeli, dijital tabanlı tasarımlar ve matematiksel modelleme gibi güncel eğitim yaklaşımlarının sürdürülebilirlik eğitimine entegre edildiği görülmektedir.

*Tablo 5 Geri dönüşüm amaç analizi*

| **Araştırma Amacı** | ***f*** |
|---|---|
| Farkındalık ve Bilinç Düzeyi (Geri dönüşüm, çevre ve sıfır atık farkındalığı) | 18 |
| Tutum ve Duyarlılık (Çevreye ve geri dönüşüme yönelik tutumlar) | 15 |
| Akademik Başarı ve Bilgi Düzeyi (Konu hakkındaki bilgi ve başarı düzeyleri) | 12 |
| Algı, Görüş ve Bilişsel Yapı (Metaforlar, çizimler ve öğretmen/öğrenci görüşleri) | 9 |
| Geri Dönüşüm Davranışı (Sergilenen davranışlar ve bunları yordayan değişkenler) | 6 |
| Motivasyon ve Duyuşsal Özellikler (Fen öğrenme motivasyonu, duygu ve öz-yeterlik) | 5 |
| Diğer (Ölçek geliştirme, ilişki analizi, 21. yy becerileri, PAB vb.) | 9 |

Bazı çalışmalar birden fazla amacı (örneğin hem başarı hem de tutum) aynı anda incelediği için toplam frekans çalışma sayısından fazladır. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu, öğrencilerin ve öğretmen adaylarının geri dönüşüm ve çevre konusundaki farkındalık düzeylerini belirlemeye odaklanmıştır. Amaçlara ulaşmak için bilimsel karikatürler, STEM etkinlikleri, eğitsel oyunlar ve tersyüz edilmiş sınıf gibi farklı öğretim yöntemlerinin etkileri incelenmiştir. Araştırma amaçları; okul öncesi çocuklarından, ortaokul öğrencilerine, öğretmen adaylarından, velilere kadar, geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Son dönemdeki bazı çalışmaların amaçları arasında bilişimsel düşünme öz-yeterliği, inovasyon ve girişimcilik gibi disiplinlerarası becerilerin geri dönüşüm eğitimiyle ilişkisi de yer almaktadır.

## Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, 2020-2026 yılları arasında Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konulu 76 yüksek lisans, 7 doktora tezi olmak üzere toplam 83 tez çeşitli değişkenler açısından incelenmiştir. Elde edilen veriler, her iki konuya yönelik akademik ilginin son yıllarda artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle 2024 ve 2025 yıllarında tez sayılarındaki artış, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularının eğitim alanında güncel ve önemli araştırma alanları hâline geldiğini göstermektedir.

Araştırma yöntemleri açısından incelendiğinde, geri dönüşüm konulu tezlerde nicel araştırma yöntemlerinin daha fazla tercih edildiği, sürdürülebilirlik konulu tezlerde ise karma yöntem çalışmalarının öne çıktığı görülmüştür.Bu durum, sürdürülebilirlik kavramının çok boyutlu yapısı nedeniyle farklı veri türlerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Çalışma grupları bakımından değerlendirildiğinde, her iki konuda da en fazla ortaokul öğrencileriyle çalışıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte öğretmenler, öğretmen adayları, yöneticiler ve diğer paydaşlarla gerçekleştirilen çalışmaların sayısının daha sınırlı olduğu görülmektedir.

Veri toplama araçları incelendiğinde, ölçekler, görüşme formları, anketler ve başarı testlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Veri analiz yöntemlerinde ise nicel çalışmalarda t-testi ve ANOVA gibi istatistiksel tekniklerin, nitel çalışmalarda ise içerik analizinin ön plana çıktığı belirlenmiştir.

Araştırma amaçları açısından değerlendirildiğinde, sürdürülebilirlik çalışmalarının daha çok öğretim yöntemlerinin etkililiğini incelemeye yöneldiği; geri dönüşüm çalışmalarının ise farkındalık, tutum ve bilgi düzeylerinin belirlenmesine odaklandığı görülmüştür. Ayrıca son yıllarda STEM, STEAM, dijital öğrenme

ortamları ve okul dışı öğrenme etkinlikleri gibi yenilikçi uygulamaların sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm eğitiminde daha fazla kullanılmaya başlandığı dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularının eğitim araştırmalarında giderek önem kazandığı söylenebilir. İncelenen tezler, çevre bilinci eğitimi alanında farkındalık oluşturmanın yanı sıra davranış değişikliği geliştirmeyi amaçlayan çalışmaların arttığını göstermektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı yaş gruplarıyla yürütülecek çalışmaların artırılması, davranış değişikliğini uzun süre inceleyen çalışmalara yer verilmesi ve disiplinler arası yaklaşımların daha fazla kullanılması önerilmektedir.

**Kaynakça**

Alpdoğan, H., Nişancı, F., & Burkay, D. (2024). Sürdürülebilir Çevre Politikaları Çerçevesinde Z Kuşağının Geri Dönüşüm-Atık Bilincinin Eğitim Düzeyi ile İlişkisi: Sakarya İli Örneği. *Siyaset, Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, *12*(2), 159-183. https://doi.org/10.54429/seyad.1567055

Anwar, M. A.; Suprihatin; Sasongko, N. A.; Najib, M.; Pranoto, B. (2024). Challenges and prospects of multilayer plastic waste management in several countries: A systematic literature review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *10*, 100911, DOI: 10.1016/j.cscee.2024.100911

Bolayır, S., & Eroğlu, İ. (2025). Geri Dönüşüm ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi: Seçilmiş Avrupa Ülkelerinden Kanıtlar. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *22*(1), 301-315. https://doi.org/10.33437/ksusbd.1526893

Creswell, J. W. (2013). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (3rd ed.). Sage Publications.

Çimen, O. ve Yılmaz, M. (2012), İlköğretim öğrencilerinin geri dönüşümle ilgili bilgileri ve geri dönüşüm davranışları. *Journal of Uludag University Faculty of Education, 25*(1), 63-74.

National League of Cities. (2025). Boosting Your Community's Environmental Impact: Why Recycling Education Matters. (April 22, 2025)

Popescu, S., Rusu, D., Dragomir, M., Popescu, D., & Nedelcu, Ș. (2020). Competitive development tools in ıdentifying efficient educational ınterventions for ımproving pro-environmental and recycling behavior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(1), 156. https://doi.org/10.3390/ijerph17010156

Ruiz-Mallén, I., Corres, A., Boada, M. (2026). Environmental and Sustainability Education. In: Oliva, M., Martín-Díaz, J., Barriocanal, C., López-Moreno, J.I., Bonsoms, J. (eds) Global Change. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93377-6_24

Sert, N. (2018). *Plastik geri dönüşüm tesisinde atık yönetimi.* Yüksek lisans tezi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.

Xiao, J. J., Rafiee, P., Xia, F., & Wu, J. (2025). Consumer sustainability: Is knowledge linked to behavior in recycling? *Sustainability*, 17(4), 1498.

Yalçıntaş, D., Gülmez, M., & Yaşa Özeltürkay, E. (2021). Türkiye'de Sürdürülebilirlik Konusunda Yazılan Lisansüstü Tezlerin İçerik Analizi ile İncelenmesi. *Pazarlama İçgörüsü Üzerine Çalışmalar*, *5*(2), 50-58. https://izlik.org/JA44EZ75LG

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2018). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

## EK 1 Sürdürülebilirlik Alanında Yapılan Çalışmalar

S1.Belen, B. (2020). *Ortaöğretim öğrencilerinin sürdürülebilir çevre hakkındaki bilgi, tutum ve davranışlarının belirlenmesi* (Tez No. 612282) [Yüksek lisans tezi, GAZİ ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

S2.Kurt, P. (2020). Ortaokul 7. ve 8. sınıf düzeyinde ekolojik ayak izi ve karbon ayak izi konularına ilişkin durum tespiti: Bayramiç ilçesi örneği (Tez No. 655699) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S3.Kozakoğlu, A. (2021). Okul öncesi dönem çocuklarının ekolojik ayak izi farkındalıkları ile anne baba ve öğretmenlerinin doğaya bağlılıklarının incelenmesi (Tez No. 683835) [Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S4.Arslan, S. Y. (2021). Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının gerçekleştirilmesinde STEM yaklaşımı: Türk eğitim sistemi için politika önerisi (Tez No. 685870) [Doktora tezi, Hacettepe Üiversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S5.Tarı, A. (2021). Okul öncesi öğretmenlerinin çevresel sürdürülebilirlik hakkındaki görüşlerinin incelenmesi (Tez No. 686790) [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S6.Daşdemir, Ç. (2021). Ortaöğretim öğrencilerinin çevresel olaylara karşı duyarlılıklarının belirlenmesi (Tez No. 695008) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi. Ulusal Tez Merkezi.

S7.Akgün, S. (2021). 8. sınıf öğrencilerinin yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik kavramına yönelik algılarının

incelenmesi (Tez No. 695040) [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S8.Dursun, B. (2022). 8.sınıf fen bilimleri dersi sürdürülebilir kalkınma ünitesinin yaratıcı drama yöntemi ile öğretiminin öğrencilerin fen tutumu ve sosyal becerilerinin gelişimine etkisi (Tez No. 726256) [Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S9.Varol, M. (2022). 8.sınıf öğrencilerinin çevre ilgileri ve sürdürülebilir yaşama yönelik farkındalıkları: Eyyubiye örneği (Tez No. 752222) [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S10.Karapınar Özbey, A. (2023). Yeşil STEM etkinliklerinin geliştirilmesi ve ortaokul öğrencileri üzerinde uygulanması (Tez No. 822629) [Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S11.Hazır, M. (2023). 7.sınıf öğrencilerinin su okuryazarlığının geliştirilmesinde sürdürülebilir kalkınma için eğitim bağlamında sistem düşüncesi becerilerinin kullanımı (Tez No. 828776) [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S12.Yücetürk, T. (2024). Okul öncesi eğitim kurumlarının sürdürülebilirlik özellikleri bakımından çok yönlü değerlendirilmesi (Tez No. 854562) [Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S13.Demirdere, H. (2024). Okul dışı öğrenme ortamlarının ortaokul öğrencilerinin sürdürülebilir çevre tutumları, erişilerine ve çevre tutumlarına etkisi (Tez No. 864923) [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S14.Mercan, İ. (2024). Ortaokul öğrencilerinin doğadan esinlenerek yaptıkları tasarımların biyomimetik açıdan analizi (Tez

No. 875972) [Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi. Ulusal Tez Merkezi.

S15.Karasu, C. B. (2024). Biyomimikriye dayalı tasarım uygulamalarının 8. sınıf öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma konusundaki problem çözme algılarına ve sürdürülebilir çevreye yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi (Tez No. 877028) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S16.Arslan, K. (2024). Dijital tabanlı sürdürülebilir ekoloji öğretim tasarımının geliştirilmesi ve uygulanması (Tez No. 892471) [Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S17.Eyimaya, D. N. (2024). Okul öncesi öğretmen ve yöneticilerinin sürdürülebilir çevre eğitimine yönelik tutumları ve uygulamaları (Tez No. 894645) [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S18.Kavak, F. (2024). STEM temelli sürdürülebilirlik eğitiminin çevre okuryazarlığı, sürdürülebilir yaşam ve 21. yüzyıl becerileri üzerine etkisi (Tez No. 902274) [Yüksek lisans tezi, Giresun Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S19.Sever, D. (2024). Sivil toplum kuruluşlarının eğitim etkinliklerinin ve eğitim ihtiyaçlarının analizi: Sürdürülebilir çevre alanı (Tez No. 903586) [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S20.Gülüm, Y. (2024). 7. sınıf öğrencilerinin teknoloji çevre ilişkisine yönelik farkındalıklarının artırılmasında tasarım temelli fen öğretiminin etkisi: Sürdürülebilir (yeşil) bina (Tez No. 910240) [Yüksek lisans tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S21.Erkil, D. (2025). Remourban yerleşkesinde: 48-72 aylık çocuklara ekoloji farkındalığı uygulamaları (Tez No. 933944)

[Yüksek lisans tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S22.Ergin, M. (2025). Sürdürülebilir ekoloji temelli STEAM etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin tutum ve bilişsel yapılarına etkisi (Tez No. 939449) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S23.Korkmaz, Ş. (2025). Sürdürülebilir kalkınma için eğitime yönelik lise öğrencilerinin görüşleri ve öğrenmeye etkisi: "Ekosistem ekolojisi ve güncel çevre sorunları" ünitesi örneği (Tez No. 941803) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S24.Öcal, Z. M. (2025). Reacth temelli etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre bilinci gelişimleri ile antroposentrik-ekosentrik yaklaşımları üzerine etkisinin incelenmesi ve görüşlerinin değerlendirilmesi (Tez No. 948378) [Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S25.Kaçar, N. (2025). Velilerin sürdürülebilir yaşam ve geri dönüşüm konusundaki tutum/bilgi düzeyleri ve ortaokul fen müfredatı ile uyumluluğunun incelenmesi (Tez No. 977747) [Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S26.Buğday, E. (2025). Exploring elementary school students' developing understanding of sustainability in the context of mathematical modeling tasks (Tez No. 977979) [Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S27.Çalışkan, E. (2025). Öğretmen ve okul yöneticilerinin sürdürülebilirliğe ilişkin görüşleri (Tez No. 981602) [Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S28.Akgül, D. S. (2025). İlkokul fen bilimleri dersinde sürdürülebilir STEAM uygulamalarının öğrencilerin sürdürülebilir çevre bilincine ve STEAM tutumlarına etkisi (Tez No. 988068)

[Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S29.Özkan, M. E. (2026). Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının ilkokullarda uygulanabilirliğine ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesi (Tez No. 994498) [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S30.Kandemir, D. (2026). Ortaokul öğrencilerine yönelik sürdürülebilirlik okuryazarlığı ölçeğinin geliştirilmesi (Tez No. 994587) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S31.Tekinerdoğan, K. (2026). 48-72 aylık çocuklar için hazırlanmış tersyüz sınıf modelli geri dönüşüm programının etkisinin incelenmesi (Tez No. 999383) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S32.Sunay, E. (2026). okul öncesi öğretmenlerinin karbon ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi (Tez No. 1001012) [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

S33.Ildırar, Ş. (2026). Yer temelli eğitim etkinliklerinin ilkokul öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma tutum ve farkındalıklarına etkisi (Tez No. 1005635) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

**Ek 2. Geri Dönüşüm Alanında Yapılan Çalışmalar**

G1.Doğan, Z. (2020). Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinde evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda bilimsel karikatürler kullanılarak farkındalık oluşturulması (Tez No. 642032) [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G2.Doğru, C. (2020). Atık malzemelerle yapılan STEM etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin çevresel farkındalık ve geri dönüşüm algısına etkisi (Tez No. 655539) [Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G3.Dağlı, A. (2021). Yaşam temelli öğrenme yaklaşımının öğrencilerin çevre bilinci ve çevresel duyarlılık kazanımına etkisi: Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusu (Tez No. 661891) [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G4.Aktaş, D. (2021). "Geri dönüşüm" konusunun temel kavramlarına yönelik ortaokul 5. sınıf öğrencilerinin bilişsel yapılarının incelenmesi (Tez No. 667998) [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G5.Çimen, B. (2021). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda uygulanan probleme dayalı STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarı ve farkındalığı üzerindeki etkisi (Tez No. 672056) [Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G6.Altunbey, H. (2022). İl ve ilçede öğrenim gören ortaokul 7. sınıf öğrencilerinde atıklar ve geri dönüşüm konusunda eğitsel oyunlarla farkındalık oluşturulması (Tez No. 719611) [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G7.Türkmen, Y. (2022). Sınıf eğitimi ana bilim dalı öğrencilerinin çeşitli değişkenlere göre katı atık ve geri dönüşüme yönelik tutumlarının araştırılması: MAKÜ örneği (Tez No. 734183) [Yüksek lisans tezi, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G8.GÜNENÇ, İ. (2022). Ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin geri dönüşüme ilişkin duygu, farkındalık ve davranışlarının belirlenmesi (Tez No. 736118) [Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üiversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G9.Aktaş, B. (2022). Geri dönüşüm ve evsel atıklar konusunda argümantasyon tabanlı öğrenmenin 7. sınıf öğrencilerinin ders başarısına ve çevreye olan tutum ve

davranışlarına etkisi (Tez No. 753953) [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G10.Kadakal, M. Z. (2022). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin geri dönüşümün çevreye etkilerine yönelik tutumları (Tez No. 769194) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G11. Karasu, G. (2023). 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin geri dönüşüm ve atıklarla ilgili algıları (Tez No. 781889) [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G12.YONDEMİR, N. (2023). Ortaokul öğrencilerinin geri dönüşüme ilişkin algıları (Tez No. 799262) [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G13.Düzen, A. M. (2023). Geri dönüşüm konusuna yönelik dijital oyun destekli STEM öğretim modülünün geliştirilmesi ve etkililiğinin incelenmesi (Tez No. 809880) [Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G14.Doğan, M. (2023). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda zekâ oyunları kullanılmasının yedinci sınıf öğrenci başarısı ve öğrencilerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına etkisi (Tez No. 821306) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G15.Cengizoğlu, S. (2023). Investigating preschoolers' and mothers' self-reported knowledge of organic waste recycling and the role of mothers' conversational style on children's memory reports [Ph.D. - Doctoral Program]. Middle East Technical University.

G16.Ayyürek, Z. (2023). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda öğrenci başarı ve tutumuna işbirlikli öğrenme ve gösterip yaptırma tekniklerinin etkisi (Tez No. 836335) [Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G17.Taş, B. (2023). Ortaöğretim öğrencilerinin geri dönüşüme yönelik davranış ve tutumlarının incelenmesi (Tez No. 837390) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G18.Kaygısız, B. (2023). Öğrenme galerisi öğretim tekniğinin evsel atık ve geri dönüşüm konusunun öğretiminde ortaokul öğrencilerinin inovasyon, girişimcilik ve bilimsel yaratıcılık düzeylerine etkisi (Tez No. 849284) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G19.Öz, S. (2024). Okul öncesi dönemde uygulanan eko-okullar programının çocukların geri dönüşüm farkındalık düzeylerine etkisi (Tez No. 852381) [Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G20.Erol, A. (2024). Ortaokul 7.sınıf öğrencilerinin evsel atıklar ve geri dönüşüm konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi (Tez No. 857804) [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G21.Altay, Z. (2024). Okul dışı öğrenme ortamlarında yürütülen evsel atıklar ve geri dönüşüme yönelik etkinliklerin öğrencilerin çevre tutumuna ve görüşlerine etkisi (Tez No. 861710) [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G22.Yılmaz, G. (2024). Ortaokul öğrencilerinin geri dönüşüm davranışlarının incelenmesi (Tez No. 883227) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G23.Büyük Sırmalı, D. (2024). Fen bilimleri öğretmenlerinin geri dönüşüm konusundaki pedagojik alan bilgilerinin incelenmesi (Tez No. 883722) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G24.Karakuş, E. (2024). Bilgi işlemsel düşünme becerileriyle bütünleştirilmiş geri dönüşüm konusunun ortaokul öğrencilerinin bilgi işlemsel düşünme becerisine yönelik öz yeterlik

algısına ve problem çözme becerilerine etkisi (Tez No. 884374) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G25.Cangüven, M. Y. (2024). Ekolojik okuryazarlık, geri dönüşüm davranışı ve ekolojik ayak izi farkındalığı arasındaki ilişkinin incelenmesi (Tez No. 885167) [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G26.Tarım, R. (2024). Okul öncesi öğretmenlerinin katı atık ve geri dönüşüme yönelik tutumları ile katı atık ve geri dönüşüm etkinliklerine yönelik görüşlerinin incelenmesi (Diyarbakır ili örneği) (Tez No. 893382) [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G27.Güvenir, Z. (2024). Okul öncesi dönem yeniden kullanma, geri dönüşüm ve azaltma (3Rs) çevre konularını içeren yoğunlaştırılmış eğitim programının çocukların temel bilimsel süreç becerileri ile çevresel tutum ve farkındalık düzeyine etkisi (Tez No. 897159) [Doktora tezi, Uşak Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G28.Kutluca, E. (2024). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunun React stratejisi ile öğretiminin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi (Tez No. 901204) [Yüksek lisans tezi, Ondakuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G29.Karakaya, S. (2024). Hayat bilgisi dersinde Yeşil STEM etkinliklerinin ilkokul 3. sınıf öğrencilerinin geri dönüşüm farkındalıklarına etkisi: Doğada Hayat ünitesi örneği (Tez No. 902726) [Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G30.Alkan, R. (2024). Ortaokul öğrencilerinin atıkların geri dönüşümüne ilişkin STEM etkinliklerinin çevre bilincine etkisi üzerine görüşlerinin incelenmesi (Tez No. 910039) [Yüksek lisans tezi, Bartın Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G31.Durdurak Aksoku, M. (2025). STEM uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin bilişsel ve duyuşsal öğrenme ürünleri üzerine etkisi: Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusu örneği (Tez No. 922629) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G32.Uzan, B. (2025). Sınıf öğretmenlerinin geri dönüşüm davranışları ile ekolojik ayak izleri arasındaki ilişkinin incelenmesi (Tez No. 923967) [Yüksek lisans tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G33.Şahin, S. S. (2025). Sosyal bilgiler dersinde uygulanan çevre, sıfır atık ve geri dönüşüm etkinliklerine yönelik öğrenci deneyimlerinin incelenmesi: Fenomenolojik bir çalışma (Tez No. 926886) [Yüksek lisans tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G34.Baysaloğlu, E. (2025). Ortaokul 5-8. sınıf öğrencilerin geri dönüşüme ilişkin farkındalık düzeyinin belirlenmesi (Tez No. 927845) [Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G35.Ok, M. (2025). Öğretmen adaylarının ambalaj atıklarının geri dönüşümü ile ilgili farkındalıklarının incelenmesi (Tez No. 929782) [Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G36.Arslan, H. (2025). Kimyasal evsel atık ve geri dönüşüm konusunun öğretilmesinin çevre bilincine etkisi ve etki düzeyi -Van İpekyolu ilçesi 8. sınıflar örneği (Tez No. 947249) [Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü yıl Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G37.Öner, Y. E. (2024). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda geliştirilen dijital oyunun ortaokul öğrencilerinin akademik başarı ve davranış düzeylerine etkisi (Tez No. 950315) [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G38.Görgülü, Ç. (2025). 7. sınıf fen bilimleri dersi evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunun yaratıcı drama ile ele alınması (Tez No. 958580) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G39.Benli Okan, S. (2025). Ortaokul öğrencilerinin geri dönüşüm farkındalıkları üzerine sıfır atık temalı uygulamaların etkisi (Tez No. 960555) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G40. Fıstık, T. (2025). Ortaokul fen bilimleri dersi 7. sınıf "Evsel atıklar ve geri dönüşüm" konusunun belgesel izletilerek öğrencilerde oluşturdukları çevresel tutum ve farkındalık etkilerinin değerlendirilmesi: Sıfır atık örneği (Tez No. 965848) [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G41.Yıldırım, H. N. (2025). Evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunda tasarım odaklı düşünme ile proje tabanlı öğrenme yaklaşımının çevre tutumuna, fen öğrenmede zihinsel risk alma ve yordayıcılarına ilişkin algısına etkisi (Tez No. 966393) [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G42.Kılınç, S. (2025). İlkokul öğrencileri için geri dönüşüm farkındalık ölçeği: Ölçek geliştirme ve güvenirlik çalışması (Tez No. 968216) [Yüksek lisans tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G43.Berber, A. (2025). Ortaokul 5. sınıf öğrencilerinin sosyal bilgiler dersi bağlamında geri dönüşüm kavramına yönelik metaforik algılarının ve çizimlerinin analizi (Tez No. 968505) [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G44.Rencüzeoğulları, A. (2025). 7. sınıf evsel atıklar ve geri dönüşüm konusunun eğitsel oyunlarla desteklenmiş öğretiminin geri

dönüşüm başarısına ve tutumuna etkisi (Tez No. 973165) [Yüksek lisans tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G45.Aslan, D. (2025). Ortaokul öğrencilerinin geri dönüşüme yönelik farkındalık düzeylerinin incelenmesi (Tez No. 975311) [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G46.Kaçar, N. (2025). Velilerin sürdürülebilir yaşam ve geri dönüşüm konusundaki tutum/bilgi düzeyleri ve ortaokul fen müfredatı ile uyumluluğunun incelenmesi (Tez No. 977747) [Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G47.Irmak Kazaoğlu, T. (2026). Üniversite öğrencilerinin çevre bilinci duyarlılık düzeyleri ile katı atık ve geri dönüşüme yönelik tutumlarının incelenmesi (Tez No. 991056) [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G48.Kalkan, D. H. (2025). Ortaöğretim 12.sınıf coğrafya dersinin öğrencilerin atık ve geri dönüşüm tutumları üzerindeki etkisinin incelenmesi (Diyarbakır örneği) (Tez No. 997626) [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G49.Tekinerdoğan, K. (2026). 48-72 aylık çocuklar için hazırlanmış tersyüz sınıf modelli geri dönüşüm programının etkisinin incelenmesi (Tez No. 999383) [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

G50.Okur, Ü. (2026). İlkokul öğrencilerine yönelik geri dönüşüm okuryazarlığı ölçeğinin geliştirilmesi: Karma yöntem çalışması (Tez No. 1000754) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

# BÖLÜM 7

# DEPREM BÖLGESİNDE ÖĞRENİM GÖREN FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ EKOLOJİK AYAK İZİ FARKINDALIKLARI: HATAY İLİ ÖRNEĞİ

**Serpil KAL AYCI**[1]

## Giriş

Sanayi Devrimi'nden bu yana ivme kazanan kontrolsüz endüstriyelleşme, tüketim odaklı yaşam tarzı, kentleşme ve hızlı nüfus artışı, gezegenimizin doğal taşıma kapasitesini ciddi biçimde aşmasına yol açmıştır (Wackernagel & Rees, 1996). İnsan faaliyetlerinin baskın olduğu günümüzde, biyoçeşitlilik kaybı, küresel iklim değişikliği, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, toprak erozyonu ve büyük ölçekli çevre kirliliği gibi krizler sıklıkla yaşanmaktadır (Crutzen, 2002; Steffen et al., 2015). Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network [GFN], 2022) ve Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF, 2022) verileri, insanlığın yıllık doğal kaynak tüketimi ile ürettiği atıkların absorbsiyonu için gereken ekolojik kapasitenin, Dünya'nın sunduğu biyolojik kapasiteyi %75 oranında aştığını göstermektedir. Bu durum, insanlığın mevcut yaşam tarzını

[1] Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Hatay, Türkiye. Orcid: 0000-0001-9613-3390

sürdürebilmesi için yaklaşık 1,75 gezegene ihtiyaç duyduğu anlamına gelmektedir (GFN, 2022).

İnsan ile doğa arasındaki dengenin bozulması, yalnızca çevresel bir sorun olmaktan çıkarak ekonomik, sosyal ve etik boyutları bulunan küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu durum karşısında ortaya çıkan uluslararası tepki "sürdürülebilirlik" ve "sürdürülebilir kalkınma" vizyonudur. İlk olarak Brundtland Raporu'nda (Brundtland Commission, 1987) "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeksizin bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" şeklinde tanımlanan sürdürülebilirlik kavramı, zaman içerisinde ekolojik ekosistemlerin bütünlüğünü korurken toplumsal refahı ve ekonomik adaleti tesis etmeyi hedefleyen bütüncül bir paradigmaya evrilmiştir (Rockström et al., 2009; Birleşmiş Milletler [BM], 2015).

Sürdürülebilirliğin nicel olarak ölçülmesinde ve bireysel/toplumsal farkındalık oluşturulmasında en yaygın kabul gören analitik araçlardan biri "Ekolojik Ayak İzi"dir. Doğal kaynak tüketimini; gıda, barınma, ulaşım, enerji, atık yönetimi ve su tüketimi gibi somut gündelik yaşamla ilişkilendiren bu gösterge, bireysel eylem ve sorumlulukları tespit etmede kullanılabilmektedir.

**Deprem Bağlamında Hatay İli**

Doğal afetlerden biri olan depremler, özellikle ani gelişen ve yüksek yıkım gücüne sahip olup yalnızca fiziki yapılarda yıkıma neden olmakla kalmayıp, yerel ekosistemleri, biyoçeşitliliği, su kaynaklarını ve enerji hatlarını tahrip edebilmektedir (National Research Council, 1999; TMMOB, 2023). 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen ve Hatay ili başta olmak üzere 11 ili kapsayan yıkıcı depremler, Türkiye tarihinin en büyük çevresel ve insani krizlerinden birini oluşturmuştur.

Hatay ili, deprem neticesinde tarihi, mimari ve kentsel dokusunu büyük ölçüde kaybetmenin yanı sıra ekolojik baskı altına

da girmiştir. Afet sonrasında ortaya çıkan milyonlarca tonluk deprem molozunun ve enkaz atığının taşınması, depolanması ve ayrıştırılması süreçlerinde yaşanan güçlükler; sulak alanların, tarım arazilerinin ve yeraltı su kaynaklarının ağır metaller ve tozla kirlenme riskini doğurmuştur (TMMOB, 2023; UNDP, 2025). Ayrıca altyapı sistemlerinin çökmesiyle birlikte içme ve kullanma suyuna erişimde yaşanan zorluklar, hijyen sorunları, geçici barınma merkezlerinde (konteyner kentler, çadır kentler) enerji ve ısınma ihtiyaçlarının karşılanmasında yaşanan aksaklıklar, doğal kaynak kullanımındaki dengeleri bozmuştur (AFAD, 2023; TMMOB, 2023).

Afet bölgesinde ve özellikle Hatay'da yaşamını sürdüren bireyler için sürdürülebilir yaşam, lüks bir çevre tercihi olmaktan çıkarak doğrudan bir hayatta kalma ve uyum sağlama mekanizmasına dönüşmüştür. Afet koşulları, bireylerin su kullanımı, gıda tüketimi, atık üretimi ve enerji harcaması konularındaki davranış kalıplarını zorunlu olarak değişime uğratmıştır. Yıkım sonrasında temiz suya sınırlı erişim, su tasarrufu farkındalığını artırırken; ambalajlı gıda ve plastik malzeme kullanımının zorunlu artışı, atık yönetimi krizini derinleştirmiştir (UNDP, 2025). Dolayısıyla afet sonrasında ekolojik ayak izi bileşenlerinin (gıda, ulaşım ve barınma, enerji, atıklar, su tüketimi) bireysel ve toplumsal düzeyde nasıl algılandığı, yönetildiği ve bu konudaki farkındalık düzeyinin belirlenmesi, bölgenin yeniden yapılanma ve ekolojik dirençlilik kazanma sürecinde kritik önem taşımaktadır.

**Fen Bilgisi Eğitimi ve Öğretmen Adaylarının Rolü**

Ekolojik sorunların aşılması ve afetlere karşı dirençli toplumların inşa edilmesinde temel güç "çevre eğitimi" ve "ekolojik okuryazarlık"tır (Orr, 1992; Erten, 2004). Çevre eğitimi, bireylere yalnızca ekolojik kavramlar hakkında bilgi aktarmayı değil; tutum, değer, sorumluluk duygusu ve doğayla uyumlu aktif davranışlar kazandırmayı hedefler (Hungerford & Volk, 1990; UNESCO, 2020).

Bu eğitim sürecinin en kilit ve sürükleyici aktörleri ise öğretmenlerdir.

Öğretmenler, örgün eğitim sisteminde öğrenci, veli ve toplum üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Atasoy & Ertürk, 2008; Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014). Özellikle Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ve Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli incelendiğinde; canlılar ve yaşam, çevre bilinci, sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği ve ekolojik ayak izi konularının doğrudan fen bilgisi dersinin çekirdek kazanımlarını oluşturduğu görülmektedir (MEB, 2018; MEB, 2024). Fen bilgisi öğretmenleri, öğrencilere ekosistem işleyişini, biyolojik çeşitliliği, enerji akışını ve madde döngülerini öğretirken, aynı zamanda çevre dostu davranış kalıpları geliştirmelerine de rehberlik etmektedirler (Keleş & Aydoğdu, 2010; Yıldız & Selvi, 2015).

Fen bilgisi öğretmen adaylarının kendi ekolojik ayak izlerinin ve tüketim tercihlerinin çevreye olan etkilerinin farkında olmaları; gelecekte sınıflarında sergileyecekleri öğretim durumlarını, çevresel tutumlarını ve rol model olma potansiyellerini doğrudan etkileyebilmektedir (Karakaş & Keleş, 2023). Eğitim fakültelerinde öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin yüksek olması, geleceğin çevresel açıdan sorumlu, çevre krizlerine karşı duyarlı ve ekolojik okuryazar bireylerinin yetiştirilmesinin teminatıdır (Demirkol & Aslan, 2021). Deprem bölgesinde (Hatay ili örneğinde) öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının incelenmesi ise, hem afetin getirdiği olumsuz ekolojik şartların zihinsel ve davranışsal yansımalarını görmek hem de bölgedeki geleceğin eğitimcilerinin sürdürülebilirlik algısını ortaya koymak açısından özgün bir çalışmayı ortaya koymaktadır.

## KURAMSAL ÇERÇEVE

### Ekolojik Ayak İzi Kavramı ve Alt Boyutları

Ekolojik ayak izi kavramı, ilk olarak 1990'lı yılların ortalarında Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından Kanada'daki British Columbia Üniversitesi'nde yürütülen araştırmalar sonucunda kavramsallaştırılmıştır. Ekolojik ayak izini "*belirli bir teknoloji ve kaynak yönetimi altında, bir popülasyonun tükettiği kaynakları üretmek ve oluşturduğu atıkları absorbe etmek için ihtiyaç duyduğu biyolojik olarak üretken verimli karasal ve su alanlarının toplam yüzölçümü*" olarak tanımlamışlardır (Wackernagel & Rees, 1996, s. 9).

Ekolojik ayak izi analizi, doğanın insanlığa sunduğu biyo-kapasite ile insanların doğadan kullandığını karşılaştırır. Ekolojik ayak izinin biyo-kapasiteyi aşması durumunda "ekolojik borç" (ekolojik limit aşımı/ekolojik bütçe açığı) ortaya çıkar (GFN, 2022). Ekolojik ayak izi genel olarak balıkçılık sahası ayak izi, karbon ayak izi, orman alanı ayak izi, otlak alanı ayak izi, tarım arazisi ayak izi ve yapılaşmış alan ayak izi olmak üzere 6 temel biyolojik üretken alandan oluşmaktadır (WWF, 2022; Özsoy & Dinç, 2016).

Öğretmen adayları ve öğrenciler düzeyinde ekolojik ayak izi farkındalığının değerlendirilmesinde ise bireysel tüketim düzeylerine ve gündelik yaşam tercihlerine odaklanan alt boyutlar dikkate alınmaktadır (Coşkun, 2013; Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014). Çelik Coşkun ve Sarıkaya (2014) tarafından geliştirilen ve bu araştırmanın temel ölçme aracını oluşturan ölçek yapısında ekolojik ayak izi farkındalığı 5 alt boyutta incelenmektedir.

**Gıda Alt Boyutu**

Gıda tüketim alışkanlıkları, küresel ekolojik ayak izinin en büyük bileşenlerinden birini teşkil etmektedir. Gıda üretimi, işlenmesi, taşınması ve ambalajlanma süreçleri yoğun su, arazi ve fosil yakıt kullanımını gerektirmektedir (Steffen et al., 2015). Bu alt boyut; mevsim dışı gıda tüketiminden kaçınma, hayvansal gıdalar yerine bitkisel ağırlıklı beslenme, fast-food/hazır gıda tüketim

sıklığı, gıda israfından kaçınma, yerel üretilmiş ürünleri tercih etme, ithal ürün tüketim eğilimi, plastik ambalajlı/işlenmiş gıdalardan uzak durma ve organik tarım ürünlerini tercih etme gibi farkındalık göstergelerini kapsamaktadır (Coşkun, 2013; Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014).

**Ulaşım ve Barınma Alt Boyutu**

Ulaşım tercihleri ve konut yaşam alanlarının niteliği, doğrudan karbon salınımını ve arazi kullanımını etkilemektedir (Lenzen & Murray, 2001). Ulaşım araçlarında aşırı hızın yakıt tüketimini artırdığı bilinci, sabit hızla ve az fren yaparak araç kullanma alışkanlığı, büyük kullanım alanına sahip evlerin ekolojik dengeye etkisi, ev dekorasyonunda ekolojik malzemelerin seçimi, bireysel kullanım alanlarının azaltılıp ortak kullanım alanlarının artırılması, müstakil/geniş ev kullanımının ekolojik maliyeti ve binalarda temiz/yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu alt boyutun merkezinde yer almaktadır (Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014; Oktay et al., 2024).

**Enerji Alt Boyutu**

Enerji üretimi ve tüketimi, sera gazı emisyonlarının ve küresel ısınmanın ana kaynağı olan karbon ayak izinin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (GFN, 2022). Enerji alt boyutu; klima çalışırken pencereleri kapalı tutma, kışın ısıtıcı açıkken havalandırma sürelerini optimize etme, buzdolabı kapağını uzun süre açık bırakmama, enerji tasarruflu (A+++) beyaz eşyalar ve LED/CFL aydınlatmalar kullanma, binalarda çift cam ve ısı yalıtımını tercih etme, teknolojik araçları (TV, bilgisayar) gereksiz yere açık veya uyku modunda bırakmama, şarj cihazlarını prizde tutmama ve binalarda güneş enerjisinden yararlanma gibi gündelik tasarruf davranışlarını ölçmektedir (Coşkun, 2013; Karakaş & Keleş, 2023).

**Atıklar Alt Boyutu**

Katı atık yönetimi ve geri dönüşüm, hammadde çıkarımını ve çöp depolama alanlarının büyüklüğünü doğrudan sınırlamaktadır. Elektronik atıkların, pillerin ve akülerin geri dönüşüme kazandırılması, dijital fatura kullanımıyla kâğıt tasarrufu sağlanması, evsel atıkların kaynağında ayrıştırılması, yemek artıklarının değerlendirilmesi, tek kullanımlık plastik poşetler yerine bez çanta/file/sepet kullanılması, ambalaj atıklarının geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanılması ve şarj edilebilir pillerin tercihi bu alt boyut kapsamında değerlendirilmektedir (Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014; Tosun, 2025).

**Su Tüketimi Alt Boyutu**

Tatlı su kaynakları küresel biyo-kapasitenin en hassas bileşenlerinden biridir. Su tüketimi alt boyutu; ev temizliğinde yıkama yerine silme yöntemlerinin tercihi, temizlik kimyasallarının dozajlı kullanımı, tuvaletlerde çift kademeli sifon sistemlerinin gerekliliği bilinci, bulaşık ve çamaşır makinelerinin tam dolmadan çalıştırılmaması, kişisel hijyen esnasında (duş, diş fırçalama, tıraş) suyun açık bırakılmaması ve halı/araç yıkamada hortum kullanımından kaçınılması gibi su ayak izini küçülten davranışsal farkındalıkları temsil etmektedir (Coşkun, 2013; Apaydin & diğerleri, 2021).

**Ekolojik Okuryazarlık ve Sorumlu Çevre Davranışı Kuramları**

Ekolojik ayak izi farkındalığının teorik zeminini anlamak için çevre eğitimi literatüründeki temel kuramsal modellerden yararlanmak gerekmektedir:

**Ekolojik Okuryazarlık Kuramı**

Orr (1992), ekolojik okuryazar bir bireyi "*doğal sistemlerin nasıl işlediğini, insan faaliyetlerinin bu sistemler üzerindeki yıkıcı etkilerini anlayan ve sürdürülebilir bir yaşam için gerekli bilgi,*

*beceri, değer ve kararlılığa sahip kişi*" olarak tanımlamaktadır. Ekolojik okuryazarlık; bilişsel bilgi, duyuşsal değerler ve eylemsel becerilerin bütünleşmesini gerektirmektedir (McBride et al., 2013). Ekolojik ayak izi farkındalığı, ekolojik okuryazarlığın eyleme dönük en somut göstergelerinden biridir.

**Planlanmış Davranış Kuramı**

Ajzen'in (1991) modeline göre bireylerin çevre dostu davranışlar (örneğin geri dönüşüm yapma, su tasarrufu sağlama) sergileme niyeti; tutumlar, öznel normlar (toplumsal beklentiler) ve algılanan davranışsal kontrol (bireyin o davranışı gerçekleştirebileceğine olan inancı) tarafından belirlenmektedir. Ekolojik ayak izi farkındalığı, bireyin tüketim eylemlerinin çevresel sonuçlarını algılamasını sağlayarak algılanan davranışsal kontrolü ve olumlu tutumları güçlendirmektedir.

**Değer-İnanç-Norm (VBN) Kuramı**

Stern (2000) tarafından geliştirilen bu kuram, bireylerin ekolojik davranışlarını özgecil, doğamerkezci ve egoist değerlerine bağlamaktadır. Birey, insan dışı canlıların ve gelecek nesillerin zarar göreceğine inandığında (sonuçların farkındalığı) ve bu zararı önlemede kişisel sorumluluk hissettiğinde, kişisel çevre dostu normlar harekete geçmektedir. Afet yaşamış bireylerde çevre krizlerinin yıkıcı sonuçlarının bizzat tecrübe edilmiş olması, "sonuçların farkındalığı" aşamasını belirgin şekilde tetikleyebilmektedir.

**İlgili Literatür Değerlendirmesi**

Öğretmen adaylarının ekolojik ayak izleri ve farkındalık düzeyleri üzerine alan yazında yapılmış çeşitli bir ulusal ve uluslararası literatür bulunmaktadır:

## Küresel Ayak İzi Hesaplama Çalışmaları

Keleş, Uzun ve Özsoy (2008), eğitim fakültesi öğrencilerinin ekolojik ayak izlerini hesapladıkları öncü çalışmalarında, öğretmen adaylarının ortalama ekolojik ayak izlerinin Türkiye ortalamasının üzerinde çıktığını ve en büyük bileşeni karbon ayak izinin oluşturduğunu saptamışlardır. Benzer şekilde, Keleş ve Aydoğdu (2010), fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izini küçültme konusundaki nitel görüşlerini incelemiş ve adayların bilgi düzeylerinin davranışa dönüştürülmesinde engeller bulunduğunu vurgulamışlardır.

## Farkındalık Ölçeği Tabanlı Araştırmalar

Coşkun (2013) ile Çelik Coşkun ve Sarıkaya (2014) tarafından yürütülen araştırmalarda, sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının genel olarak "orta" ve "yüksek" düzeyler arasında seyrettiği; enerji ve su tüketimi alt boyutlarında farkındalığın yüksek, gıda ve atık boyutlarında ise görece daha düşük kaldığı belirlenmiştir. Yıldız (2014) ve Yıldız ve Selvi (2015), fen bilimleri öğretmen adayları ile gerçekleştirdikleri çalışmada, öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi kavramını bilmelerine rağmen günlük yaşamlarında (özellikle ulaşım ve gıda tercihlerinde) tüketim odaklı davrandıklarını ortaya koymuşlardır.

## Farklı Branş ve Değişken Karşılaştırmaları

Sivrikaya (2018), fen bilgisi ve Türkçe öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarını karşılaştırmış; fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre ve ekoloji dersleri almış olmaları nedeniyle farkındalık puanlarının daha yüksek olduğunu saptamıştır. Akyüz (2019) ise Gazi Üniversitesi'nde fen bilgisi ve biyoloji öğretmen adayları ile yaptığı araştırmada, adayların farkındalık düzeylerinin yüksek olduğunu ve cinsiyet, sosyo-ekonomik düzey gibi değişkenlere göre genel toplamda anlamlı bir farklılık oluşmadığını, ancak yerleşim birimi değişkeninin anlamlı etki

yarattığını tespit etmiştir. Karakaş ve Keleş (2023) tarafından yapılan güncel araştırmada da fen bilgisi öğretmen adaylarının en büyük ekolojik ayak izi farkındalık bileşeninin enerji, en düşüğünün ise gıda alt boyutu olduğu rapor edilmiştir.

**Afet Bölgesi ve Sürdürülebilirlik Çalışmaları**

2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremleri sonrasında literaturde afet bölgesindeki eğitim süreçleri, psikolojik iyi oluş ve çevre bilinci üzerine araştırmalar ivme kazanmıştır (TMMOB, 2023; UNDP, 2025). Ancak, afet bölgesinde öğrenim gören ve yıkımı bizzat tecrübe eden öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini 5 alt boyut üzerinden detaylı nicel analizlerle inceleyen araştırmaların alan yazında oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, söz konusu literatür boşluğunu doldurmayı hedeflemektedir.

**Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın temel amacı, 6 Şubat 2023 depremlerinden ağır bir şekil de etkilenen Hatay ilinde, afet sonrası koşullarda öğrenim görmeye devam eden fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerini genel toplamda ve beş alt boyutta (Gıda, Ulaşım ve Barınma, Enerji, Atıklar, Su Tüketimi) belirlemek; elde edilen farkındalık puanlarının demografik ve afete özgü çeşitli değişkenler açısından anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini incelemektir.

Bu genel amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. Hatay ilinde öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adaylarının Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği genel toplamından ve alt boyutlarından (Gıda, Ulaşım ve Barınma, Enerji, Atıklar, Su Tüketimi) aldıkları puanların betimsel istatistiksel dağılımı (ortalama, standart sapma, minimum, maksimum,

çarpıklık ve basıklık değerleri) ve normallik varsayımları ne düzeydedir?

2. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve alt boyut puanları cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
3. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve alt boyut puanları sınıf düzeylerine (1., 2., 3. ve 4. sınıf) göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
4. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve alt boyut puanları depremde evlerinin hasar durumuna göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
5. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve alt boyut puanları deprem sonrası ikamet ettikleri yer değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
6. Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve alt boyut puanları çevre konularına yönelik algıladıkları bilgi düzeylerine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

**Araştırmanın Önemi**

Literatürdeki ekolojik ayak izi araştırmaları genellikle normal sosyo-ekonomik koşullar altında öğrenim gören üniversite öğrencileri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu araştırma ise Türkiye'nin yaşadığı en büyük afetlerden biri olan 6 Şubat depremlerinden etkilenen illerden biri olan Hatay'da gerçekleştirilmiştir. Afet tecrübesi yaşamış, kısıtlı kaynaklarla (su, enerji, konteyner barınma, atık yönetimi zorlukları) yüzleşmiş öğretmen adaylarının ekolojik farkındalıklarını incelemesi yönüyle alan yazında özgün bir yere sahiptir.

Fen bilgisi öğretmenleri, ortaokul kademesinde çevre ve sürdürülebilirlik konularını doğrudan aktaran ana aktörlerdir. Deprem bölgesinde öğrenim gören bu öğretmenlerin ekolojik ayak izi farkındalıklarının ve tüketim bilincinin tespit edilmesi, gelecekte yetiştirecekleri öğrencilerin ekolojik okuryazarlık düzeylerini dolaylı olarak etkileyecektir.

Araştırma, ekolojik ayak izini yalnızca genel bir puan olarak değil; gıda, ulaşım ve barınma, enerji, atıklar ve su tüketimi gibi gündelik yaşamın beş kritik alanında ayrı ayrı analiz etmektedir. Bu durum, öğretmen adaylarının hangi alanlarda (örneğin enerji veya su) yüksek farkındalığa sahip olduğunu, hangi alanlarda (örneğin gıda veya atık) desteklenmesi gerektiğini net bir biçimde ortaya koyacaktır.

Araştırmadan elde edilecek ampirik bulgular; afet bölgesindeki eğitim fakültelerinin ders içeriklerinin yeniden düzenlenmesine, sürdürülebilirlik ve afet yönetimi entegrasyonuna, AFAD, MEB ve sivil toplum kuruluşlarının bölgede yürüteceği çevre bilinci ve iklim dirençliliği projelerine yön gösterici veri sağlayacaktır.

## YÖNTEM

Bu araştırmada, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremlerden ağır düzeyde etkilenen Hatay ilinde öğrenim görmekte olan fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin ve bu farkındalıkların çeşitli demografik ile afete özgü değişkenlere göre değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde; araştırmanın modeli, araştırma grubu, veri toplama araçları ve verilerin analizinde kullanılan istatistiksel teknikler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

## Araştırma Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma yaklaşımı benimsenerek tasarlanmış ve mevcut durumu olduğu gibi ortaya koymayı hedefleyen betimsel ve ilişkisel tarama (survey) modeline göre yürütülmüştür (Büyüköztürk et al., 2018; Karasar, 2020). Tarama modelleri, geçmişte ya da halen var olan bir durumu, olayı, tutumu veya farkındalığı var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır (Creswell, 2014; Fraenkel et al., 2012). Araştırmada öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri genel toplamda ve alt boyutlar (gıda, ulaşım ve barınma, enerji, atıklar, su tüketimi) bazında betimsel olarak taranmış; ardından bu farkındalık puanlarının cinsiyet, sınıf düzeyi, ev hasar durumu, deprem sonrası ikamet edilen yer ve çevre konularına yönelik algılanan bilgi düzeyi değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığı ilişkisel karşılaştırmalarla incelenmiştir.

## Araştırma Grubu

Araştırma grubunu, 2023–2024 eğitim-öğretim yılında Hatay ilinde bulunan bir devlet üniversitesindeki Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında öğrenim gören toplam 120 fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışma grubunun belirlenmesinde, örnekleme kolaylığı ve ulaşılabilirlik sağlayan uygun örnekleme (convenience sampling) ve araştırmanın amacına uygun nitelikteki bireylere ulaşmayı hedefleyen ölçüt örnekleme (criterion sampling) yöntemleri bir arada kullanılmıştır (Fraenkel et al., 2012; Yıldırım & Şimşek, 2016). Örnekleme dahil edilme ölçütü olarak, öğretmen adaylarının 6 Şubat 2023 depremleri sırasında Hatay ilinde ikamet ediyor olması esas alınmıştır.

Araştırma grubunda yer alan fen bilgisi öğretmen adaylarının sosyo-demografik özellikleri ile afete ilişkin durumlarına ait frekans (*f*) ve yüzde (%) dağılımları Tablo 1'de sunulmuştur.

*Tablo 1 Araştırma Grubundaki Öğretmen Adaylarına ait Özellikler*

| **Değişken** | **Kategoriler** | **Frekans (*f*)** | **Yüzde (%)** |
|---|---|---|---|
| **Cinsiyet** | Kadın | 85 | 70,83 |
| | Erkek | 35 | 29,17 |
| **Sınıf Düzeyi** | 1. Sınıf | 30 | 25,00 |
| | 2. Sınıf | 30 | 25,00 |
| | 3. Sınıf | 30 | 25,00 |
| | 4. Sınıf | 30 | 25,00 |
| **Evin Hasar Durumu** | Hasarsız | 32 | 26,67 |
| | Az Hasarlı | 33 | 27,50 |
| | Orta Hasarlı | 17 | 14,17 |
| | Ağır Hasarlı/Yıkık | 38 | 31,66 |
| **Deprem Sonrası İkamet Yeri** | Ev | 67 | 55,83 |
| | Yurt | 8 | 6,67 |
| | Akraba yanı | 30 | 25,00 |
| | Çadır | 5 | 4,17 |
| | Konteyner | 10 | 8,33 |
| **Çevre Konularına Yönelik Bilgi Düzeyi** | Yok | 3 | 2,50 |
| | Var | 62 | 51,67 |
| | Var ama yetersiz | 55 | 45,83 |

Tablo 1 incelendiğinde; araştırmaya katılan 120 öğretmen adayının %70,83'ünün (*f*=85) kadın, %29,17'sinin (*f*=35) erkek olduğu görülmektedir. Sınıf düzeyleri açısından çalışma grubunun 1., 2., 3. ve 4. sınıflara eşit oranda (her kademeden %25,00) dağıldığı tespit edilmiştir. Depremden etkilenen Hatay'da, öğretmen adaylarının ailelerine ait konutların %31,66'sinin (*f*=38) ağır hasarlı/yıkık, %14,17'sinin (*f*=17) orta hasarlı, %27,50'sinin (*f*=33) az hasarlı ve yalnızca %26,67'sinin (*f*=32) hasarsız olduğu belirlenmiştir. Bu veriler, katılımcıların yaklaşık %73,33'ünün konut hasarı ile karşı karşıya kaldığını göstermektedir. Deprem sonrası barınma durumuna bakıldığında ise adayların %55,83'ünün (*f*=67) kendi evinde, %25,00'inin (*f*=30) akraba yanında, %6,67'sinin (*f*=8) yurtta, %4,17'sinin (*f*=5) çadırda ve %8,33'ünün (*f*=10) konteyner

kentlerde ikamet ettiği görülmektedir. Çevre konularına yönelik öz-algılanan bilgi düzeylerinde ise öğretmen adaylarının %51,67'si (*f*=62) bilgi düzeyine sahip olduğunu, %45,83'si (*f*=55) yetersiz olduğunu ve %2,50'sin de (*f*=3) bilgiye sahip olmadıklarını ifade ettikleri görülmüştür.

**Veri Toplama Aracı**

Araştırmada veri toplama aracı olarak iki ana bölümden oluşan bir ölçme aracı kullanılmıştır. İlk bölümde öğretmen adaylarının sosyo-demografik ve afete ilişkin kişisel bilgilerini belirlemeye yönelik "Kişisel Bilgi Formu", ikinci bölümde ise öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarını ölçmek amacıyla Çelik Coşkun ve Sarıkaya (2014) tarafından geliştirilen "Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği" yer almaktadır.

**Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeğinin Yapısı**

Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği, 5'li Likert tipinde derecelendirilmiş toplam 40 madde ve 5 alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçekteki maddeler "1=Kesinlikle Katılmıyorum" ile "5=Tamamen Katılıyorum" arasında puanlanmaktadır. Ölçekten alınabilecek en düşük puan 40, en yüksek puan ise 200'dür. Ölçekte ters kodlanan olumsuz maddeler (örneğin madde 3: *"Fast food ya da hazır gıdalarla beslenirim"*) analiz öncesinde ters çevrilerek puanlanmıştır (Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014).

Ölçeği oluşturan alt boyutların içeriği ve madde sayıları şu şekildedir:

1. **Gıda Alt Boyutu (Maddeler 1–8):** Mevsim dışı gıda tüketmeme, yerel ürün tercih etme, ambalajlı/işlenmiş gıdalardan kaçınma, organik tarım ürünleri ve gıda tasarrufu eylemlerini kapsamaktadır.
2. **Ulaşım ve Barınma Alt Boyutu (Maddeler 9–15):** Araç kullanımında hız sınırlaması, toplu taşıma bilinci, ekolojik

yapı malzemesi tercihi, yaşam alanlarının ekolojik tasarımı ve temiz enerji tercihlerini içermektedir.

3. **Enerji Alt Boyutu (Maddeler 16–27):** Elektrik ve ısı tasarrufu, A sınıfı cihaz kullanımı, LED aydınlatma, binalarda ısı yalıtımı, gereksiz cihaz kullanımından kaçınma gibi davranışlarını değerlendirmektedir.
4. **Atıklar Alt Boyutu (Maddeler 28–35):** E-atık kirliliği, dijital fatura kullanımı, evsel atıkların ayrıştırılması, geri dönüştürülebilir poşet/bez çanta tercihi ve ambalaj atıklarının yönetimi pratiklerini ölçmektedir.
5. **Su Tüketimi Alt Boyutu (Maddeler 36–40):** Su tasarruf yöntemleri, ikili sifon kullanımı, ev temizliğinde silme tercihi ve duş/diş fırçalama esnasında su israfını önleme farkındalığını temsil etmektedir.

**Ölçeğin Güvenirlik Analizi**

Ölçme aracının iç tutarlılık güvenirliğini belirlemek amacıyla, 120 kişilik araştırma verisi üzerinden her bir alt boyut ve genel toplam için Cronbach Alfa (α) katsayıları hesaplanmıştır. Alan yazında Cronbach Alfa değerinin 0,60 ile 0,70 arasında olması kabul edilebilir, 0,70 ile 0,80 arasında olması iyi, 0,80 ve üzerinde olması ise yüksek düzeyde güvenilir bir ölçme aracına işaret ettiği kabul edilmektedir (Büyüköztürk, 2018; Nunnally & Bernstein, 1994; Tabachnick ve Fidell, 2013). Mevcut araştırma verilerinden elde edilen alt boyutlara ait Cronbach Alfa katsayılarının 0,611 ile 0,934 arasında değiştiği, ölçeğin 40 maddelik genel toplamında ise iç tutarlılık katsayısının α=0,910 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, veri toplama aracının Hatay ilindeki depremzede öğretmen adayları örnekleminde yüksek derecede güvenilir ölçümler sağladığını kanıtlamaktadır.

## Veri Analizi

Araştırmada elde edilen verilerin analizinde istatistiksel paket programı (SPSS 22.0) kullanılmıştır. Elde edilen verilerin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (*ss*), minimum, maksimum, çarpıklık (Skewness), basıklık (Kurtosis) değerleri ile Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk (S-W) normallik testi istatistikleri hesaplanmıştır. Örneklem büyüklüğü N=120<150 olduğu durumlarda Shapiro-Wilk testinin normallik değerlendirmesinde daha hassas ve güvenilir sonuçlar verdiği bilinmektedir (Büyüköztürk, 2018; Field, 2018).

Ekolojik Ayak İzi Farkındalık Ölçeği genel toplamı ve alt boyutlarına ait normallik testi sonuçları Tablo 2'te verilmiştir.

*Tablo 2 Ölçek Genel Toplamı ve Alt Boyutlarına İlişkin Betimsel İstatistikler*

| Boyut / Ölçek | N | $\bar{X}$ | *ss* | Min | Max | Çarpıklık | Basıklık | S-W | p |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gıda** | 20 | 28,25 | 4,03 | 16 | 35 | -0,991 | +1,238 | 0,931 | < ,001 |
| **Ulaşım ve Barınma** | 20 | 25,31 | 5,00 | 9 | 35 | -0,818 | +1,597 | 0,945 | < ,001 |
| **Enerji** | 20 | 52,95 | 9,00 | 18 | 60 | -2,252 | +4,994 | 0,689 | < ,001 |
| **Atıklar** | 20 | 32,83 | 6,14 | 11 | 40 | -1,238 | +2,156 | 0,892 | < ,001 |
| **Su Tüketimi** | 20 | 21,65 | 3,86 | 6 | 25 | -2,049 | +5,273 | 0,780 | < ,001 |
| **Genel Toplam** | 20 | 160,98 | 23,85 | 60 | 195 | -2,113 | +6,259 | 0,807 | < ,001 |

Tablo 2 incelendiğinde, verilerin normal dağılım gösterdiğinin kabul edilebilmesi için çarpıklık ve basıklık değerlerinin "-1,0, +1,0" veya "-1,5, +1,5) aralığında yer alması beklenmektedir (George ve Mallery, 2010; Tabachnick ve Fidell, 2013). Elde edilen verilerde özellikle enerji (Çarpıklık:-2,252; Basıklık: +4,994), su tüketimi (Çarpıklık: -2,049; Basıklık: +5,273) ve genel toplam (Çarpıklık:-2,113; Basıklık: +6,259) puanlarında negatif çarpıklık ve yüksek basıklık değerleri gözlenmiş, puanların üst değerlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Ayrıca tüm alt boyutlarda ve genel toplamda Shapiro-Wilk testi istatistiklerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p$<,05) görülmüştür (Gıda $p$<,001; Ulaşım $p$<,001; Enerji $p$<,001; Atıklar $p$<,001; Su $p$<,001; Genel toplam $p$<,00 1). $p$ değerlerinin 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması, puanların normal dağılım göstermediğini açıkça ortaya koymaktadır (Field, 2018).

Verilerin normal dağılım sergilememesi nedeniyle, araştırmanın alt amaçlarında yer alan bağımsız değişken karşılaştırmalarında non-parametrik istatistiksel testler tercih edilmiştir (Can, 2014; Green & Salkind, 2014).

Öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık puanlarının cinsiyet değişkenine göre karşılaştırılmasında iki bağımsız örneklem için Mann-Whitney U Testi, ikiden fazla kategoriye sahip olan sınıf düzeyi, evin hasar durumu, deprem sonrası ikamet yeri ve çevre konularına yönelik bilgi düzeyi değişkenlerine göre karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis H Testi kullanılmıştır.

## BULGULAR

Bu bölümde, araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarından elde edilen veriler üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel analizlerin sonuçlarına yer verilmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık puanlarının cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla Mann–Whitney U testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

*Tablo 3 Cinsiyete Göre Mann–Whitney U Testi Sonuçları*

| **Boyut** | **Cinsiyet** | **N** | **Sıra Ort.** | **U** | **Z** | ***p*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gıda | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 66,96<br>44,80 | 938,00 | -3,19 | ,001* |
| Ulaşım ve Barınma | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 63,34<br>53,61 | 1246,50 | -1,40 | ,163 |
| Enerji | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 64,07<br>51,83 | 1184,00 | -1,76 | ,078 |
| Atıklar | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 62,88<br>54,71 | 1285,00 | -1,17 | ,242 |
| Su Tüketimi | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 65,09<br>49,34 | 1097,00 | -2,28 | ,023* |
| Genel Toplam | Kadın<br>Erkek | 85<br>35 | 63,79<br>52,51 | 1208,00 | -1,61 | ,107 |

Analiz sonuçlarına göre; Ulaşım ve Barınma (*U*: 1246,50, *p:*,163), Enerji (*U*: 1184,00, *p*: ,078) ve Atıklar (*U*: 1285,00, *p*: ,242) alt boyutlarında kadın ve erkek öğretmen adaylarının puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (*p*>,05). Gıda ve Su Tüketimi alt boyutunda ise cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Ortalama puanlar incelendiğinde, kadın öğretmen adaylarının hem gıda hem de su tüketimine ilişkin farkındalık puanlarının erkek öğretmen adaylarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık puanlarının sınıf düzeyi, evlerinin hasar durumu ve deprem sonrası ikamet ettikleri yer ve çevreye yönelik bilgi değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek amacıyla Kruskal-Wallis H testleri uygulanmıştır.

*Tablo 4 Sınıf Düzeyine Göre Kruskal–Wallis H Testi Sonuçları*

| **Boyut** | **Sınıf Düzeyi** | **N** | **Sıra Ort.** | **H ($X^2$)** | ***p*** | **Anlamlılık durumu** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gıda | 1.sınıf | 30 | 62,37 | 1,183 | ,757 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 56,13 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 65,03 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 58,47 | | | |
| Ulaşım ve Barınma | 1.sınıf | 30 | 55,63 | 2,538 | ,469 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 55,47 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 66,77 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 64,13 | | | |
| Enerji | 1.sınıf | 30 | 63,57 | 1,132 | ,769 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 54,82 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 61,75 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 61,87 | | | |
| Atıklar | 1.sınıf | 30 | 66,20 | 1,377 | ,711 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 60,43 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 59,53 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 55,83 | | | |
| Su Tüketimi | 1.sınıf | 30 | 59,17 | 2,327 | ,507 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 54,18 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 61,12 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 67,53 | | | |
| Genel Toplam | 1.sınıf | 30 | 61,40 | 0,883 | ,829 | - |
| | 2.sınıf | 30 | 55,95 | | | |
| | 3.sınıf | 30 | 64,25 | | | |
| | 4.sınıf | 30 | 60,40 | | | |

Tablo 4'te yer alan analiz sonuçlarına göre; katılımcıların sınıf düzeyleri ile Gıda ($H$(3): 1,183, $p$: ,757), Ulaşım ve Barınma ($H$(3): 2,538, $p$: ,469), Enerji ($H$(3): 1,132, $p$: ,769), Atıklar ($H$(3): 1,377, $p$: ,711), Su Tüketimi ($H$(3): 2,327, $p$: ,507) ve Genel Toplam ($H$(3): 0,883, $p$: ,829) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p$>,05).

*Tablo 5 Evin Hasar Durumuna Göre Kruskal–Wallis H Testi Sonuçları*

| **Boyut** | **Evin Hasar Durumu** | **N** | **Sıra Ort.** | **H ($X^2$)** | ***p*** | **Anlamlılık durumu** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gıda | Hasarsız | 32 | 65,72 | 3,337 | ,343 | - |
| | Az hasarlı | 33 | 65,86 | | | |
| | Orta Hasarlı | 17 | 53,24 | | | |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 54,70 | | | |
| Ulaşım ve Barınma | Hasarsız | 32 | 68,11 | 3,422 | ,331 | - |
| | Az hasarlı | 33 | 55,20 | | | |
| | Orta Hasarlı | 17 | 66,35 | | | |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 56,08 | | | |
| Enerji | Hasarsız | 32 | 75,56 | 15,300 | ,002* | Hasarsız>Ağır Hasarlı |
| | Az hasarlı | 33 | 63,41 | | | Az Hasarlı>Ağır Hasarlı |
| | Orta Hasarlı | 17 | 63,79 | | | Orta Hasarlı> Ağır Hasarlı |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 43,82 | | | |
| Atıklar | Hasarsız | 32 | 68,83 | 6,338 | ,096 | - |
| | Az hasarlı | 33 | 59,70 | | | |
| | Orta Hasarlı | 17 | 69,41 | | | |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 50,20 | | | |
| Su Tüketimi | Hasarsız | 32 | 69,52 | 6,258 | ,100 | - |
| | Az hasarlı | 33 | 60,95 | | | |
| | Orta Hasarlı | 17 | 66,21 | | | |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 49,96 | | | |
| Genel Toplam | Hasarsız | 32 | 70,73 | 6,287 | ,100 | - |
| | Az hasarlı | 33 | 59,55 | | | |
| | Orta Hasarlı | 17 | 65,44 | | | |
| | Ağır Hasarlı | 38 | 50,50 | | | |

Öğretmen adaylarının evlerinin hasar durumuna göre yapılan değerlendirme sonuçlarına göre yalnızca Enerji alt boyutunda gruplar arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($H(3)$: 15,300, $p$: ,002) (Tablo 5). Buna karşılık diğer tüm alt boyutlarda ve Genel Toplam puanında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > ,05$).

*Tablo 6 Deprem Sonrası İkamet Edilen Yere Göre Kruskal–Wallis H Testi Sonuçları*

| **Boyut** | **İkamet Edilen Yer** | **N** | **Sıra Ort.** | **H ($X^2$)** | ***p*** | **Anlamlılık durumu** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gıda | Ev | 67 | 61,90 | 8,559 | ,073 | - |
| | Yurt | 8 | 55,19 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 53,97 | | | |
| | Çadır | 5 | 39,10 | | | |
| | Konteyner | 10 | 85,65 | | | |
| Ulaşım ve Barınma | Ev | 67 | 60,76 | 9,093 | ,059 | - |
| | Yurt | 8 | 80,06 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 51,15 | | | |
| | Çadır | 5 | 43,20 | | | |
| | Konteyner | 10 | 79,80 | | | |
| Enerji | Ev | 67 | 59,29 | 1,595 | ,810 | - |
| | Yurt | 8 | 75,19 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 59,82 | | | |
| | Çadır | 5 | 62,10 | | | |
| | Konteyner | 10 | 58,10 | | | |
| Atıklar | Ev | 67 | 59,30 | 2,024 | ,731 | - |
| | Yurt | 8 | 72,81 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 56,67 | | | |
| | Çadır | 5 | 64,20 | | | |
| | Konteyner | 10 | 68,35 | | | |
| Su Tüketimi | Ev | 67 | 60,44 | 5,264 | ,261 | - |
| | Yurt | 8 | 80,81 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 53,13 | | | |
| | Çadır | 5 | 53,00 | | | |
| | Konteyner | 10 | 70,50 | | | |
| Genel Toplam | Ev | 67 | 60,88 | 6,118 | ,191 | - |
| | Yurt | 8 | 77,44 | | | |
| | Aile/Akraba Yanı | 30 | 51,68 | | | |
| | Çadır | 5 | 50,90 | | | |
| | Konteyner | 10 | 75,65 | | | |

Tablo 6 incelendiğinde; deprem sonrası ikamet edilen yer değişkeninin Gıda ($H(4)$: 8,559, $p$: ,073), Ulaşım ve Barınma ($H(4)$: 9,093, $p$: ,059), Enerji ($H(4)$: 1,595, $p$: ,810), Atıklar ($H(4)$: 2,024, $p$: ,731), Su Tüketimi ($H(4)$: 5,264, $p$: ,261) ve Genel Toplam ($H(4)$: 6,118, $p$: ,191) puanları üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p > ,05$).

*Tablo 7 Çevre Konularına Yönelik Bilgi Düzeylerine Göre Kruskal–Wallis H Testi Sonuçları*

| **Boyut** | **Çevre Konu. Yön. Bilgi D.** | **N** | **Sıra Ort.** | **H ($X^2$)** | ***p*** | **Anlamlılık durumu** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gıda | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 47,50<br>64,35<br>56,86 | 1,799 | 0,407 | - |
| Ulaşım ve Barınma | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 22,67<br>66,80<br>55,46 | 6,792 | 0,034* | Var >Yok |
| Enerji | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 9,00<br>67,10<br>55,87 | 9,892 | 0,007* | Var >Yok<br>Var ama yetersiz>Yok |
| Atıklar | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 24,50<br>70,17<br>51,56 | 11,701 | 0,003* | Var >Yok<br>Var>Var ama yetersiz |
| Su Tüketimi | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 10,00<br>63,95<br>59,36 | 7,171 | 0,028* | Var >Yok<br>Var ama yetersiz>Yok |
| Genel Toplam | Yok<br>Var<br>Var ama yetersiz | 3<br>62<br>55 | 7,33<br>69,45<br>53,31 | 13,483 | 0,001* | Var >Yok<br>Var>Var ama yetersiz<br>Var ama yetersiz> Yok |

Son olarak, Tablo 7 incelendiğinde; Çevre bilgisi düzeyi, Gıda alt boyutu hariç ($p$>,05), geriye kalan tüm alt boyutlarda ve Genel Toplam puanında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmaktadır ($p$<,05). Genel toplamda bilgi düzeyi arttıkça çevreye yönelik olumlu tutum puanları da sıralı olarak yükseldiği görülmektedir (Var >Var ama Yetersiz >Yok).

## TARTIŞMA

Bu araştırmada deprem bölgesinde öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri çeşitli

değişkenler açısından incelenmiştir. Araştırma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerden en fazla etkilenen illerden biri olan Hatay'da gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca çevre eğitimi ve sürdürülebilirlik alanına değil, aynı zamanda afet sonrası toplumsal dönüşüm ve çevresel farkındalık literatürüne de katkı sunmaktadır. Depremler yalnızca fiziksel çevrede yıkıma neden olmamakta, aynı zamanda bireylerin çevreye ilişkin algılarını, tüketim davranışlarını ve sürdürülebilir yaşam durumlarını da etkileyebilmektedir. Bu nedenle deprem deneyimi yaşamış öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının belirlenmesi önemli görülmektedir.

Araştırma bulguları incelendiğinde öğretmen adaylarının en yüksek puan ortalamasını enerji alt boyutunda elde ettikleri görülmüştür. Enerji boyutunu atıklar, gıda ve ulaşım-barınma boyutları takip etmiştir. Bu bulgu dikkat çekicidir. Çünkü deprem sonrasında enerji kaynaklarına erişim, elektrik kesintileri, yakıt ihtiyacı ve enerji kullanımına ilişkin sorunlar bireylerin günlük yaşamlarında doğrudan deneyimledikleri konular arasında yer almıştır.

Sürdürülebilir kalkınma literatürü incelendiğinde enerji tüketiminin ekolojik ayak izinin en önemli belirleyicilerinden biri olduğu görülmektedir (Destek & Sarkodie, 2019; Kardaşlar, 2022; Sarı, 2025; Wackernagel et al., 2019). Enerji kullanımına ilişkin farkındalığın artması yalnızca bireysel davranışları değil, aynı zamanda toplumun çevresel sürdürülebilirliğe yönelik yaklaşımını da etkilemektedir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının enerji boyutunda yüksek puan almış olmaları, gelecekte çevre eğitimi verecek bireyler olmaları açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Arslan ve Yağmur (2022), fen bilimleri öğretmenlerinin sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi konularında bilgi sahibi olmalarının öğrencilerin çevresel farkındalıklarının gelişiminde kritik rol oynadığını belirtmektedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde, katılımcıların büyük bölümünün yüksek puanlar aldığı görülmektedir. Başka bir ifadeyle öğretmen adaylarının çevresel farkındalık düzeyleri genel olarak yüksek bulunmuştur. Literatürde öğretmen adaylarının çevresel tutum ve farkındalıklarının genellikle orta ve yüksek düzeyde olduğu bildirilmektedir. Uyanık (2020), sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının yüksek düzeyde olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Karakaş ve Keleş (2023) fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının sürdürülebilir kalkınma eğitimi açısından olumlu düzeyde olduğunu vurgulamıştır.

Araştırmada cinsiyet değişkenine ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçları gıda ve su tüketimi alt boyutunda anlamlı farklılık olduğunu göstermiştir. Kadın öğretmen adaylarının su tüketimi boyutunda erkek öğretmen adaylarına kıyasla daha yüksek farkındalık puanına sahip olduğu belirlenmiştir. Nitekim literatürde ekolojik ayak izi ve çevre farkındalığı çalışmalarında cinsiyet değişkenine ilişkin bulguların farklılaştığı görülmektedir. Bazı araştırmalarda kadınların çevresel farkındalık ve duyarlılık düzeylerinin daha yüksek olduğu belirtilirken (Şahin et al., 2022; Özyürek et al., 2022), bazı araştırmalarda ise cinsiyete göre anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014; Keleş et al., 2008).

Bu araştırmada yalnızca su tüketimi boyutunda farklılık bulunması, deprem sonrası yaşam koşulları ile açıklanabilir. Deprem sonrasında suya erişim sorunu yaşayan bireylerin suyun önemi konusunda daha yüksek farkındalık geliştirdikleri bilinmektedir. Özellikle geçici barınma alanlarında yaşayan bireylerin su kullanımına ilişkin deneyimleri, sürdürülebilir su tüketimi davranışlarının gelişmesini sağlayabilmektedir. Bu nedenle cinsiyet farklılığından ziyade afet deneyiminin etkisinin ön plana çıktığı söylenebilir.

Araştırmada sınıf düzeyine göre yapılan Kruskal-Wallis analizi sonucunda anlamlı farklılık bulunmamıştır. Bu bulgu, öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının üniversite eğitimi süresince belirgin biçimde değişmediğini göstermektedir (Aydın, 2017; Çelik Coşkun & Sarıkaya, 2014). Oysa alan yazındaki bazı çalışmalarda, çevre ve ekoloji ağırlıklı derslerin etkisiyle üst sınıflarda öğrenim gören öğretmen adaylarının daha yüksek ekolojik farkındalık düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir (Akyüz, 2019; Keleş et al., 2008; Sivrikaya, 2018). Uyanık (2020), dördüncü sınıf öğrencilerinin diğer sınıf düzeylerine göre daha yüksek ekolojik ayak izi farkındalığına sahip olduğunu bildirmiştir.

Bu araştırmada farklılığın ortaya çıkmaması, deprem deneyiminin tüm sınıf düzeylerini benzer biçimde etkilemiş olmasından kaynaklanabilir. Çünkü afet sonrası süreçte öğrenciler benzer çevresel sorunlara, benzer barınma koşullarına ve benzer sosyal deneyimlere maruz kalmıştır. Bu durum sınıf düzeyinden bağımsız olarak ortak bir çevresel farkındalık gelişimine yol açmış olabilir.

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri evin hasar durumu değişkeninde elde edilmiştir. Kruskal-Wallis analizi sonuçlarına göre yalnızca enerji boyutunda anlamlı farklılık bulunmuştur. Evleri farklı düzeylerde hasar gören öğrencilerin enerji farkındalıkları arasında anlamlı farklılık olması, deprem sonrasında enerji kullanımının günlük yaşamın en kritik unsurlarından biri haline gelmiş olmasının doğal bir sonucudur. Elektrik kesintileri, alternatif enerji kaynaklarına yönelme, jeneratör kullanımı ve enerji tasarrufu uygulamaları bireylerin enerji konusundaki farkındalıklarını artırmış olabilir.

Afet yönetimi ve sürdürülebilirlik literatürü incelendiğinde enerji güvenliğinin afet sonrası iyileşme süreçlerinde temel belirleyicilerden biri olduğu görülmektedir (Rezk et al., 2026; Gao et al., 2026). Deprem sonrası toplumların sürdürülebilir yeniden

yapılanma süreçlerinde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Can & Saka, 2022; Öznur et al., 2026; Süzer & Yamaçlı, 2024). Bu nedenle araştırmada enerji boyutunda anlamlı farklılık elde edilmesi, afet yönetiminde ekosistem temelli planlamayı ve yeşil iyileşmeyi merkeze alan sürdürülebilir afet yönetimi yaklaşımlarıyla uyumlu bir bulgu olarak değerlendirilebilir (Berke & Campanella, 2006).

Araştırmada deprem sonrası ikamet edilen yer değişkenine göre anlamlı farklılık bulunmamıştır. Katılımcıların konteyner kent, ev, akraba yanı veya farklı yerleşim alanlarında yaşamalarının ekolojik ayak izi farkındalığı üzerinde belirleyici olmadığı görülmektedir. Bu durum, deprem deneyiminin ortak etkisinin yaşam alanı farklılıklarının önüne geçmiş olabileceğini göstermektedir. Afet sonrasında bireyler farklı fiziksel koşullarda yaşasalar da benzer çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle çevresel farkındalık düzeylerinin birbirine yakın olması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, bireylerin çevreye yönelik bilgi düzeylerinin gıda alt boyutu hariç tüm boyutlarda ve toplam tutum puanlarında anlamlı bir farklılaşma yarattığını göstererek literatürdeki Bilgi-Tutum-Davranış modelini destekler niteliktedir. Çevreye yönelik bilgisini "Var" olarak tanımlayan bireylerin genel çevre tutumu ile enerji, atık, su tüketimi, ulaşım ve barınma gibi pratik alanlardaki farkındalıklarının bilgisini "Yok" veya "Yetersiz" olarak belirtenlere kıyasla belirgin şekilde yüksek olması, ekolojik okuryazarlığın doğrudan sürdürülebilir yaşam alışkanlıklarına dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Özellikle atık yönetimi boyutunda tam bilginin yetersiz bilgiye göre belirgin bir üstünlük sağlaması; geri dönüşüm, kompost ve ambalaj azaltımı gibi eylemlerin yalnızca genel bir çevresel duyarlılık değil, prosedürel ve nitelikli bilgi gerektirdiğini doğrulamaktadır. Buna karşın gıda tüketimi

boyutunda bilgi düzeyine bağlı istatistiksel olarak anlamlı bir farkın ortaya çıkmaması, bireylerin gıda tercihlerinin ekolojik farkındalıktan ziyade ekonomik imkânlar, erişilebilirlik, kültürel beslenme alışkanlıkları ve kişisel damak zevki gibi farklı sosyo-ekonomik dinamikler doğrultusunda şekillendiğini göstermektedir. Enerji ve su tüketimi boyutlarında ise yetersiz düzeyde dahi olsa bilgi sahibi olmanın hiç bilgi sahibi olmamaya kıyasla tutum puanlarını anlamlı derecede yükseltmesi, çevreye yönelik temel farkındalık çalışmalarının ve bilgi aktarımının tasarruf davranışlarını tetiklemede kritik bir eylemsellik eşiği oluşturduğunu kanıtlamaktadır.

Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından olumlu bir göstergedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları içerisinde yer alan nitelikli eğitim, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, sorumlu tüketim ve üretim ile iklim eylemi hedefleri çevresel farkındalığın geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Öğretmen adaylarının yüksek farkındalık düzeyleri, gelecekte yetiştirecekleri öğrenciler aracılığıyla çevresel sürdürülebilirliğin yaygınlaşmasına katkı sağlayabilir.

**Sonuç**

Araştırma sonuçları, deprem bölgesinde öğrenim gören fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalıklarının genel olarak yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Ölçeğin yüksek güvenirlik katsayısı, elde edilen sonuçların güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcılar özellikle enerji boyutunda yüksek farkındalık göstermiştir.

Cinsiyet değişkeninde yalnızca su tüketimi boyutunda anlamlı farklılık bulunmuş, sınıf düzeyinde ve deprem sonrası ikamet edilen yer değişkeninde anlamlı farklılık belirlenmemiştir.

Evin hasar durumu değişkeninde ise enerji boyutunda anlamlı farklılık elde edilmiştir.

Araştırmanın en önemli sonucu, deprem deneyiminin öğretmen adaylarının enerji kullanımına ilişkin çevresel farkındalıklarını etkilediğini göstermesidir. Bu durum afetlerin yalnızca fiziksel değil, çevresel davranışlar üzerinde de dönüştürücü etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır.

**Öneriler**

1. Eğitim fakültelerinde sürdürülebilir kalkınma ve afet eğitimi birlikte ele alınmalıdır.

2. Fen bilgisi öğretmenliği programlarına ekolojik ayak izi uygulamaları ve karbon ayak izi hesaplama etkinlikleri eklenmelidir.

3. Deprem bölgelerinde öğrenim gören öğrencilere yönelik çevresel sürdürülebilirlik projeleri geliştirilmelidir.

4. Enkaz yönetimi, geri dönüşüm ve kaynak verimliliği konularında uygulamalı eğitimler verilmelidir.

5. Nitel araştırmalarla öğretmen adaylarının afet sonrası çevresel davranış değişimleri derinlemesine araştırılmalıdır.

**Kaynakça**

AFAD. (2023). *06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan (Kahramanmaraş) Mw: 7.7 – Mw: 7.6 Depremleri Raporu*. 140 s.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Akyüz, C.A. (2019). *Fen bilgisi ve biyoloji öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Apaydin, Ş., Ursavaş, U. & Koç, Ü. (2021). The impact of globalization on the ecological footprint: do convergence clubs matter?. *Environmental Science and Pollution Research, 28*, 53379-53393. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14300-y

Atasoy, E. & Ertürk, H. (2008). İlköğretim öğrencilerinin çevresel tutum ve çevre bilgisi üzerine bir alan araştırması. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *10*(1), 105-122. https://izlik.org/JA56SD72KT

Aydın, R. (2017). S*ınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri ve çevresel tutumları* (Yüksek lisans tezi). Dumlupınar Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Berke, P.R., & Campanella, T.J. (2006). Planning for postdisaster resiliency. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 604*(1), 192-207.

Birleşmiş Milletler [United Nations, *BM*]. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1,* 21 October 2015, https://www.refworld.org/legal/resolution/unga/2015/111816.

Brundtland Commission. (1987*). Our common future: Report of the world commission on environment and development*. Oxford University Press: Oxford, UK.

Büyüköztürk, Ş. (2018). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (24. bs.). Pegem Akademi.

Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2018). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.

Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecindenicel veri analizi* (3. bs.). Pegem Akademi.

Can, İ. & Saka, A.E. (2022). Deprem sonrası geçici barınma birimleri için alternatif bir çözüm önerisi: WikiGEB, *Online Journal of Art and Design, 10*(2), 115-125.

Coşkun, I. (2013). *Sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Crutzen, P.J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415(6867), 23-23. https://doi.org/10.1038/415023a

Çelik Coşkun, I. & Sarıkaya, R. (2014). Sınıf öğretmeni adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. *Turkish Studies*, 9(5), 1761–1787. https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.6841

Demirkol, M. & Aslan, İ. (2021). Sınıf öğretmenlerinin ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri. *Journal of Computer and Education Research*, *9*(18), 904-928.

Destek, M.A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment, 650,* 2483-2489.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.017

Erten, S. (2004). Çevre eğitimi ve çevre bilinci nedir, çevre eğitimi nasıl olmalıdır?, *Çevre ve İnsan Dergisi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın Organı*. Sayı 65/66.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.

Fraenkel, J.R., Wallen, N.E. & Hyun, H.H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.

Gao, L., Yan, S., Zhao, Z. & Lan, H. (2026). Enhancing sustainable and resilient energy supply under earthquakes: A dynamic assessment using a DPSIR-TOPSIS–barrier model in Sichuan, China. *Energies, 19*(11), 2657. https://doi.org/10.3390/en19112657

George, D. & Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 17.0 Update, 10th Edition, Pearson, Boston.

Global Footprint Network [GFN]. (2022). *National footprint and biocapacity accounts 2022 edition*. https://www.footprintnetwork.org/

Green, S.B. & Salkind, N.J. (2014). *Using SPSS for Windows and Macintosh: Analyzing and understanding data* (7th ed.). Pearson.

Hungerford, H.R. & Volk, T.L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education, 21*(3), 8-21. https://doi.org/10.1080/00958964.1990.10753743

Karakaş, T. & Keleş, Ö. (2023). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 7(2), 116–134. https://doi.org/10.35346/aod.1380479

Karasar, N. (2020). *Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler.* Nobel Yayın Dağıtım.

Kardaşlar, A. (2022). Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve Küreselleşme Sürecinin Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Business and Economics Research Journal, 13*(3), 385–401.https://doi.org/10.20409/berj.2022.379

Keleş, Ö. & Aydogdu, M. (2010, December). Pre-service science teachers' views of the ecological footprint: The starting-

points of sustainable living. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* (Vol. 11, No. 2, p. 1).

Keleş, Ö., Uzun, N. & Özsoy, S. (2008). Öğretmen adaylarının ekolojik ayak izlerinin hesaplanması ve değerlendirilmesi. *Ege Eğitim Dergisi*, *9*(2), 1-15. https://izlik.org/JA98DU62LK

Lenzen, M. & Murray, S. A. (2001). A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics*, 37(2), 229-255. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00275-5

McBride, B.B., Brewer, C.A., Berkowitz, A.R. & Borrie, W.T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere 4*(5), 67. http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00075.1

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Fen bilimleri dersi öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

National Research Council, Division on Earth, Life Studies, Commission on Geosciences, & Committee on Assessing the Costs of Natural Disasters. (1999). *The impacts of natural disasters: A framework for loss estimation*. National Academies Press.

Nunnally, J. C. & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Oktay, E., Demir, Y. & Yazıcıoğlu, E. (2024). Üniversite gençliğinin ekolojik ayak izi farkındalığının araştırılması: TRA1 bölgesi örneği. *Turkish Research Journal of Academic Social Science, 6*(2), 199-210.

Orr, D. W. (1992). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*. Suny Press.

Öznur, D.D., Aydogdu Kaya, H.S., Horasanli, E., & Gülhan, G. (2026). Deprem sonrası toplanma alanlarına erişilebilirliğin iyileştirilmesi: İlk 72 saat. *Resilience*, *9*(2), 303-325. https://doi.org/10.32569/resilience.1644247

Özsoy, C. E., & Dinç, A. (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik ayak izi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, *619*, 35-55. https://izlik.org/JA67HR53DH

Özyürek, C., Demirci, F., Sarıgöl, J., Tepe, B., & Güler, H. (2022). Öğretmen adaylarının bireysel ekolojik ayak izinin bazı değişkenlere göre değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *19*(1), 390-402. https://doi.org/10.33437/ksusbd.407082

Rezk, J., Muñoz-Blanc, C., & Pons-Valladares, O. (2026). Structuring sustainability-oriented reconstruction decisions after earthquakes: A MIVES-based methodological framework. *Applied Sciences*, *16*(7), 3449. https://doi.org/10.3390/app16073449

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature 461*, 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a

Sarı, S. (2025). Türkiye'de ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi ilişkisi: Fourier bootstrap testleri ile ampirik bir inceleme (1961–2022). *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, *8*(2), 96-105. https://doi.org/10.33416/baybem.1709304

Sivrikaya, Ş. (2018). *Fen bilgisi ve Türkçe öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98. https://doi.org/10.1177/2053019614564785

Stern, P.C. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407–424. https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175

Süzer, A. & Yamaçlı, R. (2024). Afet sonrası sürdürülebilir geçici konut tasarımı, analiz ve öneriler. *YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *6*(1), 68-85. https://izlik.org/JA55ZZ66CY

Şahin, G., Bulut, S., Kiraz H.K., Tatlısu, S. & Çoşkun, G. (2022). Identification of Ecological Footprint Awareness of Prospective Teachers. *Bartın Universitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 6*(2), 135-151

Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2013). *Using Multivariate Statistics* (6th ed.). Boston, MA: Pearson.

TMMOB. (2023). *6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri raporu*. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Yayınları.

Tosun, A. (2025). Sürdürülebilir kentleşme olgusunun değerlendirilmesinde ekolojik ayak izi ile küresel iklim değişikliği farkındalıklarının karşılaştırılması: Nicel bir araştırma. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *23*(4), 207-235. https://doi.org/10.18026/cbayarsos.1668858

UNDP. (2025). *İki yılın ardından: UNDP'nin Türkiye'de yürüttüğü deprem sonrası toparlanma çalışmalarına bir bakış*. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Türkiye.

UNESCO. (2020). *ESD for 2030: Education for sustainable development roadmap*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://doi.org/10.54675/YFRE1448

Uyanık, G.A. (2020). Investigation of the ecological footprint awareness levels of classroom teacher candidates. *International Electronic Journal of Environmental Education, 10*(2), 32–43.

Wackernagel, M. & Rees, W. (1996) *Our ecological footprint: Reducing human ımpact on the earth*. New Society Publishers, Philadelphia.

Wackernagel, M., Lin, D., Evans, M., Hanscom, L. & Raven, P. Defying the footprint oracle: Implications of country resource trends. *Sustainability*, *11*(7), 2164 (2019).

WWF. (2022). *Living planet report 2022: Building a nature-positive society*. Almond, R. E. A., Grooten, M., & Petersen, T. (Eds.). WWF, Gland, Switzerland.

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

Yıldız, E. (2014). *Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının ekolojik ayak izi farkındalık düzeylerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yıldız, E. & Selvi, M. (2015). Fen bilimleri öğretmen adaylarının ekolojik ayak izleri ve ekolojik ayak izini azaltma yolları konusundaki görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(3), 457.


BİDGE