

Fen Eğitiminin Günümüzdeki Yeri ve Dijital Dönüşümün Kaçınılmazlığı

Onur Can Kolay¹

Bedri Nejat Yüzüak²

Yusuf Yılmaz³

Özet

Fen eğitimi, günümüzün temel sorunlarına (iklim değişikliği, sağlık, enerji, yapay zekâ okuryazarlığı vb.) yönelik çözüm üretebilen bireyler yetiştirmeyi amaçlayan; bilimsel düşünme, veri okuryazarlığı ve kanıta dayalı karar verme becerilerini geliştirmeye odaklanan bir süreçtir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, artırılmış gerçeklik, sanal ve karma gerçeklik ile oyun tabanlı dijital ortamların öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal öğrenme çıktıları üzerinde anlamlı katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda dijital dönüşüm, yalnızca derslere yeni teknolojilerin eklenmesiyle sınırlı olmayıp; öğretim süreçlerinin, ölçme-değerlendirmenin ve öğrenme ekosistemlerinin bütüncül bir biçimde yeniden yapılandırılmasını ifade etmektedir. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) doğrultusunda fen eğitiminde Kahoot!, PhET, MEL Science, Sanal Gerçeklik (VR), Artırılmış Gerçeklik (AR), Scratch, Tinkercad ve Padlet gibi çeşitli dijital araçların kullanımı öngörülmektedir. Bu araçlar öğrencilerin problem çözme, analitik düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi becerilerinin gelişimini desteklerken; öğretmenlere anlık geri bildirim sağlama, bireyselleştirilmiş öğretim uygulamaları geliştirme ve veri temelli karar alma imkânı sunmaktadır. Ölçme-değerlendirme boyutunda ise oyun temelli, simülasyon destekli, mobil tabanlı, e-portfolyo ve yapay zekâ odaklı yaklaşımlar öne çıkmakta; böylece öğrencilerin yalnızca ürün değil süreç performansları da çok boyutlu olarak değerlendirilebilmektedir.

- 1 Araştırma Görevlisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, onurkolay@nevsehir.edu.tr, 0009-0005-1936-7368
- 2 Araştırma Görevlisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, bnyuzuak@nevsehir.edu.tr, 0009-0006-8397-1030
- 3 Araştırma Görevlisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, yusufyilmaz@nevsehir.edu.tr, 0009-0009-6617-3952

Dijital dönüşümün bir diğer kritik boyutu, özel gereksinimli öğrenciler için erişilebilirlik ve kapsayıcılık sağlamasıdır. İşaret dili entegrasyonu, ekran okuyucular, sesli betimlemeler, AR/VR uygulamaları ve uyarlanabilir yazılımlar öğrenme süreçlerini daha somut ve bireyselleştirilmiş hâle getirerek motivasyonu artırmaktadır. Evrensel Tasarım İlkeleri çerçevesinde geliştirilen bu uygulamalar, tüm öğrencilere eşit öğrenme fırsatları sunulmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, fen eğitiminde dijitalleşme; bireyselleştirilmiş öğrenme yolları, kapsayıcı tasarım anlayışı ve çok boyutlu değerlendirme yöntemleriyle öğrencilerin hem akademik hem de sosyal-duyuşsal gelişimlerini destekleyen, çağdaş eğitim yaklaşımlarının merkezinde yer alan bir paradigma dönüşümünü temsil etmektedir.

1. Giriş

Fen eğitimi; çağın mühim konularına (iklim, sağlık, enerji, yapay zekâ okuryazarlığı vb.) ilişkin sorunlara çözüm üretebilmeyi başlıca gaye edinen ve bu doğrultuda bilimsel düşünme, veri okuryazarlığı, kanıta dayalı karar verme becerilerinin geliştirilmesini sağlayan bir süreçtir. Güncel kanıtlar, fen öğretiminde etkileşimli öğrenme ortamlarının (artırılmış/sanal/karma gerçeklik ve etkileşimli dijital oyunlar) bilişsel ve duyuşsal çıktıları anlamlı biçimde iyileştirebildiğini göstermektedir. 2025 tarihli bir ağ-meta analizine göre özellikle artırılmış gerçeklik (AR), fen öğrenme çıktılarında diğer biçimlere göre üst sıralarda yer almakta; karma gerçeklik ve oyunlaştırılmış ortamlar da geleneksel öğretime kıyasla kayda değer kazanımlar sunmaktadır (Koç ve Kanadlı, 2025). Bu bulgular, fen eğitiminde dijital araçların pedagojik entegrasyonunun önemini ortaya koymakta ve dijitalleşmenin ‘isteğe bağlı bir eklenti’ değil, öğrenme deneyimini derinleştiren bir gereklilik haline geldiğini göstermektedir.

Dijital dönüşüm, yalnızca dijital araçların eğitim ortamlarına entegre edilmesiyle sınırlandırılmayıp aynı zamanda öğretim süreçlerinin, ölçme-değerlendirmenin, iletişim biçimlerinin ve kurumsal işleyişin bütünsel olarak dijital teknolojiler ışığında yeniden yapılandırılmasını ifade eder. Eğitim bağlamında dijital dönüşüm, öğretim materyallerinin dijitalleşmesinin ötesinde pedagojik yaklaşımların, öğrenme-öğretme etkileşimlerinin ve öğrenme ekosistemlerinin köklü biçimde değişimini yansıtır (Selwyn, 2016; OECD, 2019). Bu süreç, öğretmen ve öğrencilerin teknolojiyi yalnızca bir araç olarak değil, öğrenme deneyimlerini dönüştüren ve kişiselleştiren bir yapı taşı olarak görmelerini gerektirir. Ayrıca dijital dönüşüm, eğitim kurumlarının 21. yüzyıl becerileri doğrultusunda esnek, erişilebilir ve veri temelli öğrenme ortamları inşa etmelerini zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2020).

Öteyandan, dijital fen öğreniminin yaygınlaştırılması ölçme-değerlendirme ve geribildirim döngülerinde de dönüşüm yaratmaktadır. 2018–2021 yılları arasında yürütülen çalışmaları kapsayan güncel bir tematik derleme, dijital değerlendirmenin öğrenme yönetim sistemleri, e-portfolyolar, çevrim içi akran değerlendirmeleri ve özgün görevlerle bütünleştirilmesi hâlinde hızlı geri bildirim, bireyselleşme ve katılım artışı sağladığını; ancak geçerlik, güvenilirlik ve akademik dürüstlük açısından dikkatli bir tasarım yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Jurāne-Brēmane, 2023).

Dijitalleşmenin fen eğitimine getirdiği en önemli katkılardan biri, öğrencilerin bireysel farklılıklarını dikkate alarak öğrenme süreçlerinin uyarlanabilmesine olanak tanımasıdır. Bireyselleştirilmiş öğrenme öğrencilerin öğrenme hızlarına, hazırbulunuşluk düzeylerine, ihtiyaç ve ilgi alanlarına göre uyarlanmış içerik, etkinlik ve geri bildirimlerle desteklenmelerini ifade eder (Pane vd., 2017). Bu yaklaşım, özellikle fen eğitiminde kavramsal kargaşa ve yanılgıların giderilmesi, öğrenme boşluklarının kapatılması ve farklı öğrenme stillerine uygun öğretim yollarının tasarlanması açısından önem arz etmektedir.

Dijital ortamlar, öğrenme analitikleri ve yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla öğrencilerin anlık performans verilerini toplayarak öğretim süreçlerini dinamik biçimde uyarlayabilmektedir (Fischer vd., 2020). Örneğin, öğrenme yönetim sistemleri (LMS) veya akıllı öğretim sistemleri, öğrencilerin çözdüğü sorulardaki hata türlerini analiz ederek bir sonraki adımda ona uygun içerik sunabilmekte; böylece öğretim süreci tüm sınıfa tek tip ilerlemek yerine bireyselleştirilmiş yollarla sürdürülmektedir (Holmes vd., 2019). Türkiye bağlamında da halen bazı sınıf düzeylerinde (yedinci ve sekizinci sınıf) uygulanmaya devam eden 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (FBDÖP), bireysel farklılıklar gerçeğinden hareketle tüm öğrencileri kapsayan tek tip bir ölçme-değerlendirme yaklaşımının uygun olmayacağını vurgulamış ve farklı yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Bu vurgu, 2024 FBDÖP’de de sürdürülmüş; programda öğrencilerin bireysel farklılıklarının dikkate alınmasına yönelik düzenlemeler öngörülerek ders tasarımlarında farklı öğrenme ihtiyaçlarının gözetilmesi gerektiği belirtilmiştir (MEB, 2024).

2024 FBDÖP programında bu yaklaşımın somutlaşmış biçimlerinden biri, “Farklılaştırma Uygulamaları” başlığı altında ele alınmaktadır. Programda, farklı öğrenme seviyelerine sahip öğrencilerin öğrenme ortamlarından kopmadan basit düzeyde ya da derinlemesine öğrenmelerinin sağlanması gerektiği belirtilmektedir. Bu yaklaşım, öğrenme ortamlarında

içeriğin, sürecin ve ürünlerin farklılaştırılması yoluyla öğrenme-öğretme uygulamalarının hem sadeleştirilmesine hem de zenginleştirilmesine imkân tanımaktadır.

Bununla birlikte, öğrencilerin disiplinler arası, disiplinler üstü ve disiplinler ötesi anlayışlarla hazırlanmış etkinlikler aracılığıyla fen bilgisini daha geniş bağlamlarda ilişkilendirmeleri hedeflenmektedir. Bu durum, yalnızca kavramsal öğrenmeyi değil; aynı zamanda eleştirel düşünme, problem çözme ve iş birliği gibi 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesini de desteklemektedir. Ayrıca program, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarının dikkate alınmasını ve bu doğrultuda dijital içeriklerle desteklenmiş bağımsız öğrenme ortamlarının oluşturulmasını öngörmektedir.

Öğrencilerin performans çalışmaları temel alınarak dijital içerikleri kullanabilecekleri ya da üretebilecekleri fırsatların oluşturulması da programın dikkat çekici yenilikleri arasındadır. Bu yaklaşım, öğrencilerin pasif birer bilgi alıcısı olmaktan çıkarak aktif üretici konumuna geçmelerini teşvik etmektedir. Ek olarak, öğretim etkinliklerinin günlük yaşam örnekleriyle somutlaştırılması, dijital içeriklerle desteklenmesi ve öğrencilere ek yönergeler sunulması önerilmektedir. Bu düzenlemeler, fen eğitiminin yalnızca akademik bilgi aktarımıyla sınırlı kalmayıp öğrencilerin yaşamla doğrudan ilişkilendirebilecekleri ve günlük pratiklere aktarabilecekleri bir öğrenme süreci olmasına katkı sağlamaktadır (MEB, 2024).

Dolayısıyla fen eğitiminde dijitalleşme, yalnızca içerik aktarımını zenginleştiren bir araç değil; aynı zamanda ölçme-değerlendirme döngüsünü yeniden tanımlayan, bireyselleştirilmiş öğrenme yollarını destekleyen ve öğretim süreçlerine dair daha kapsamlı bir görünürlük sağlayan, temel bir paradigma dönüşümü alanı olarak konumlanmıştır. Bu dönüşüm, fen eğitiminin 21. yüzyılın karmaşık sorunlarına çözüm üretebilecek bireyler yetiştirme misyonunu daha etkili bir şekilde yerine getirmesine katkı sağlamaktadır. Bu paradigma değişiminin somutlaştığı iki temel boyut ise özel eğitim ve ölçme-değerlendirme süreçleridir. Bu boyutların ele alınması, dijital dönüşümün eğitimdeki gerçek etkilerini ortaya koymak açısından kritik öneme sahiptir.

1.1. Özel eğitim ve ölçme-değerlendirme boyutlarının neden kritik olduğu

Dijital dönüşümün eğitimdeki en belirgin etkilerinden biri, kapsayıcılık ve erişilebilirlik alanlarında ortaya çıkmaktadır. Özellikle fen eğitimi gibi deneysel, görsel ve uygulamalı etkinliklerin yoğun olduğu derslerde, özel gereksinimli öğrencilerin öğrenme süreçlerine tam katılımını sağlamak

kritik bir zorunluluktur. Bu noktada dijital teknolojiler, engelleri azaltarak öğrenme fırsatlarını genişletici bir işlev üstlenmektedir. Günümüz eğitimcileri ise, kapsayıcı genel eğitim sınıflarına katılan artan sayıda engelli öğrenciye etkili biçimde hizmet verebilmek için gerekli teknoloji bilgisi ve becerileri geliştirmek durumundadır (Wagner vd., 2006). Türkiye’de de benzer biçimde özel gereksinimli öğrencilerin dijital araçlara erişimi önem kazanmaktadır. Nitekim fen sınıflarında yardımcı teknolojilerin kullanımına ilişkin bulgular, bu tür dijital araçların özel gereksinimli öğrencilerin katılımını kolaylaştırabileceğini ve akademik başarılarını destekleyebileceğini göstermektedir (Marino vd., 2009). Benzer biçimde, Mikropoulos ve Iatraki (2023) tarafından gerçekleştirilen sistematik bir derlemede, 2013–2021 yılları arasında yayımlanmış 21 çalışma incelenmiş ve dijital teknolojilerin fen eğitiminde özel gereksinimli öğrenciler açısından özellikle motivasyon artışı sağladığı; ancak öğrenme çıktılarının, teknolojinin pedagojik entegrasyon biçimine bağlı olarak değiştiği vurgulanmıştır.

Özel eğitim açısından dijital dönüşüm, yalnızca erişim kolaylığı sağlamanın ötesinde, öğrenme fırsatlarının eşitliği anlamına da gelmektedir. Evrensel Tasarım İlkeleri (Universal Design for Learning [UDL]) bu noktada kritik bir çerçeve sunmakta; farklı bireysel farklılıklara, öğrenme ihtiyaçlarına ve engel gruplarına uygun öğrenme materyalleri geliştirilmesini teşvik etmektedir (Center for Applied Special Technology [CAST], 2018). Fen öğretiminde UDL yaklaşımı, örneğin hücre ve organellerin yapısının artırılmış gerçeklik ile görselleştirilmesi ya da sanal laboratuvar deneylerinin erişilebilir hale getirilmesi yoluyla, öğrencilerin farklı bireysel ihtiyaçlarına yanıt vermekte ve özel gereksinimli öğrencilerin kavramsal anlamalarını ve bilimsel süreçlere katılımlarını kolaylaştırmaktadır.

Dijitalleşmenin önemli olduğu bir diğer alan ise ölçme-değerlendirme süreçleridir. Geleneksel sınavlar ve testler çoğu zaman öğrencilerin fen eğitimine özgü kavramsal anlayışlarını ya da bilimsel süreç becerilerini (örn., hipotez kurma, deney tasarlama, veri analizi) yansıtmada yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda fen eğitiminde dijital ölçme-değerlendirme araçlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Jurāne-Brėmane (2023), dijital değerlendirme uygulamalarının geçerlik, güvenilirlik ve akademik dürüstlük açısından hem fırsatlar hem de sınırlılıklar barındırdığını vurgulayarak bu sürece ilişkin genel bir çerçeve sunmaktadır. Buna ek olarak, Yıldız ve Zengin (2021) dijital oyunların okul öncesi düzeyde bilimsel süreç becerilerinin gelişimine anlamlı katkı sağladığını ampirik bulgularla göstermiştir. Benzer şekilde, Momani (2023) de fen eğitiminde dijital öğrenme ve değerlendirme araçlarının kavramsal anlayışın gelişimine ve sürecin izlenmesine yönelik önemli fırsatlar sunduğunu

literatür taraması yoluyla ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, dijital ölçme-değerlendirme araçları öğrencilerin yalnızca ürün değil süreç boyutundaki performanslarının da daha bütüncül biçimde değerlendirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, fen derslerinde bilgisayar simülasyonları ve artırılmış/sanal gerçeklik uygulamalarında öğrencilerin problem çözme süreçlerinin izlenmesi, öğrenmenin nasıl gerçekleştiğine dair önemli veriler sunmaktadır (Mikropoulos ve Iatraki, 2023).

Bununla birlikte dijital ölçme-değerlendirme, beraberinde bazı sınırlılıkları da getirmektedir. Öğrenme analitiklerine ilişkin literatürde, bu araçların gerçekten beklenen öğrenme çıktılarını iyileştirip iyileştirmediğine dair kanıtların sınırlı olduğu; elde edilen verilerin güvenilirliği ve sonuçların geçerli biçimde yorumlanması konusunda belirsizlikler bulunduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, verilerin yanlış yorumlanması, kullanıcı gizliliği ve etik riskler de dikkat çeken tartışma konularıdır (Paolucci vd., 2024). Öte yandan, öğrenme analitikleri ve büyük veri uygulamaları aracılığıyla elde edilen süreçsel verilerin, özellikle biçimlendirici (formative) değerlendirme süreçlerinde güçlü bir potansiyel taşıdığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte, bu tür verilerin etik, şeffaf ve bağlama duyarlı biçimde yönetilmesi gerektiği de altı çizilen önemli bir noktadır (Banihashem vd., 2025). Fen eğitimi bağlamında bu tür süreçsel veriler, öğrencilerin kavramsal anlamalarının ve bilimsel süreç becerilerinin gelişimini daha bütüncül biçimde izleme olanağı sunabilir.

Sonuç olarak, dijitalleşme sürecinde özel eğitim ve ölçme-değerlendirme boyutları fen eğitiminde kalite ve eşitliği doğrudan etkileyen tamamlayıcı unsurlar haline gelmiştir. Kapsayıcı tasarım ilkeleri benimsenmeden geliştirilen dijital çözümler fen öğretiminde fırsat eşitsizliklerini artırabileceği gibi, geçerlik ve güvenilirlik ilkeleri gözetilmeksizin tasarlanan dijital ölçme araçları da öğrencilerin bilimsel düşünme ve süreç becerilerinin doğru değerlendirilmesini engelleyebilir. Bu nedenle fen eğitiminde dijital dönüşümün başarılı olabilmesi için bu iki boyutun bütüncül, sistematik ve birbirini destekleyen bir anlayışla ele alınması gerekmektedir. Dolayısıyla fen eğitiminde dijital dönüşümün başarısı, yalnızca ölçme-değerlendirme ve kapsayıcı tasarım boyutlarının bütüncül biçimde ele alınmasına değil, aynı zamanda sınıf içi uygulamaların niteliğine de bağlıdır. Bu noktada, dijital araçların etkinliklere entegrasyonu hem öğretim süreçlerinin zenginleştirilmesine hem de öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. İzleyen bölümde, fen eğitimi etkinliklerinde kullanılabilecek çeşitli dijital araçlar ve bunların uygulama örnekleri ele alınacaktır.

2. Fen Eğitimi Etkinliklerinde Dijital Araçlar

21. yüzyılın ilk çeyreğinde dijital teknolojilerin hızlı gelişimi, yaşamın hemen her alanında olduğu gibi eğitim bilimleri alanında da yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu bağlamda fen eğitiminin her aşamasına çeşitli teknolojik araçların entegrasyonu hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından önemli ve etkili bir öğrenme unsur olarak değerlendirilmelidir (Maxwell, 2016; McCarthy, 2016).

Türkiye Cumhuriyeti'nin güncel eğitim modeli olan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) incelendiğinde, Fen Bilimleri dersinin 3. sınıftan 8. sınıfa kadar öğretim programında yer aldığı görülmektedir. Fen Bilimleri dersinin genel yapısı incelendiğinde, öğrencilerin sorgulama, genelleme ve problem çözme gibi kavramsal becerilerinin; iletişim ve iş birliği gibi sosyal-duygusal becerilerinin; merak ve analitiklik gibi eğilimlerinin, dijital, veri ve görsel okuryazarlık gibi okuryazarlık becerilerinin; gözlem ve deney yapma gibi alan becerilerinin ve çalışkanlık gibi değerlerinin geliştirilmesini hedefleyen bir yapı üzerine inşa edildiği anlaşılmaktadır (MEB, 2024). Modelde ortaya konulan bu hedefler doğrultusunda, öğretmenlerin öğrencilerin bütüncül gelişimlerini destekleyebilmek için kullanacakları öğretim materyallerinin hem öğretmen açısından işlevsel hem de öğrencilerin gelişimsel özelliklerine ve yaş düzeylerine uygun olması gerektiği söylenebilir.

TYMM kapsamında fen bilimleri derslerinden hareketle, eğitim süreçlerinin dijital araçlar aracılığıyla yeniden yapılandırılmasının gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, fen eğitimine dijital araçların entegrasyonu, öğrencilerin 21. yüzyıl becerileriyle donatılmış bireyler olarak yetiştirilmeleri açısından stratejik bir önem taşımaktadır (Lai ve Bower, 2019; Shah, 2023; Ülçay, 2024). Bu doğrultuda, eğitimde teknoloji kullanımının ve dijital araçların sağladığı faydaların ele alınması gerekmektedir. Dijital araçların fen eğitimi süreçlerine entegrasyonu aşağıdaki katkıları sağlamaktadır (Bamiah vd., 2018; Dwivedi, 2018):

- ❖ Öğrencilerin öğrenme yeteneklerini geliştirecek ders planlarının hazırlanmasına olanak tanır.
- ❖ Öğretmen ve öğrencilerin hedef davranış veya kavramlar hakkında güncel bilgilere ulaşmalarını ve bu yapıları takip etmelerini destekler. Hem sınıf içi hem de sınıf dışı uygulamaların erişilebilirliğini artırarak öğrenme süreçlerini esnek hâle getirir.
- ❖ Öğrencilerin öğrenme hızına ve bireysel öğrenme durumlarına uygun yapıların oluşturulmasına katkı sağlar.

- ❖ Öğrencilerin anlık geri bildirim almasını ve gerekli durumlarda öğretmenlerinden veya akranlarından destek edinmesini mümkün kılar.
- ❖ Hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin hedef davranışlar doğrultusundaki verimliliklerini artırır.
- ❖ Öğretmenlerin süreç boyunca başarı oranları, karşılaşılan zorluklar ve öğrenme kalıpları gibi çeşitli verileri kullanarak etkili kararlar almasına imkân sağlar.

Belirtilen katkılar doğrultusunda, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerine özgü ve çok yönlü katkılar sağlayabileceği bir eğitimde dijitalleşme süreci, TYMM kapsamında belirlenen hedeflerin gerçekleştirilmesinde önemli bir paydaş olarak değerlendirilebilir (Decuyper ve Vanden Broeck, 2020). Bu bağlamda, TYMM'de dijital dönüşüm uygulamaları sayesinde öğrencilerin bilimsel süreç becerileri ile 21. yüzyıl becerilerini kişiselleştirilmiş deneyimler aracılığıyla geliştirebilecekleri bir öğrenme ortamı sunulmaktadır. Öğretmenler açısından ise, dijital araçlar aracılığıyla sağlanan anlık veriler, öğrenciyi öğrenme süreçlerine aktif biçimde dahil etmeyi ve ölçme-değerlendirme faaliyetlerini daha etkili bir şekilde yürütmeyi mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla, TYMM kapsamında hedeflenen çağdaş ve bütüncül alanda donanımlı bireylerin yetiştirilmesine katkı sağlanabileceği ve öğrencilerin gelecekteki teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilecek dijital okuryazarlık gibi çeşitli beceriler kazanarak ilerleyebileceği söylenebilir (Keçeci ve Kavukçu, 2023; Murteza ve Altun, 2025; Semercioğlu, 2025). Bu doğrultuda hem sınıf içi hem de hibrit öğrenme süreçlerinde kullanılacak çeşitli dijital araçtan bahsedilebilir. Bu araçlar aşağıda verilecek başlıklar altında incelenebilecek olup, her birinin farklı kullanım amacına hizmet edeceği kısa örnek uygulama süreçleriyle yansıtılacaktır:

1. *Kahoot!*: Öğretmenlerin hedef davranışlara yönelik çoktan seçmeli testleri web ortamında oluşturmaya olanak tanıyan bir dijital araçtır. Öğrenciler, paylaşılan bir kod aracılığıyla teste katılır ve doğru yanıt verdikçe en kısa sürede puan kazanır. Bu sistem, öğretmenlerin öğrencilerden anlık veri elde ederek öğrenme sürecini değerlendirmesine imkân sağlar (Wang ve Tahir, 2020).
2. *Quizizz ve Socrative*: Kahoot! ile benzer bir işleyişe sahip olan bu araçlar, öğrenme sürecini oyun temelli ve etkileşimli hâle getirmektedir. Öğretmenler, hedef davranışlara yönelik çeşitli anketler, interaktif testler ve ders materyalleri oluşturabilmektedir. Kahoot!'tan en önemli farkı, öğrencilerin kendi öğrenme hızlarında ilerlemelerine imkân tanınmasıdır.

3. *Mentimeter ve Poll Everywhere*: Öğretmenlerin hedef davranışa yönelik anketler, kelime bulutları ve açık uçlu testler oluşturarak anlık geri bildirim almasını sağlayan bir araçtır. Özellikle kelime bulutlarının kullanımı, öğrenciler arasında tartışma ortamı oluşturarak etkileşimi artırmaktadır (Atan ve Kocasaraç, 2022).
4. *Edpuzzle*: Öğretmenlerin ders içeriklerine uygun videoları etkileşimli hâle getirmesine imkân tanır. Video temelli öğretim süreçlerinde, öğrencilerin pasif konumdan aktif konuma geçmesi sağlanarak öğrenme süreçlerinin etkinliği artırılmaktadır (Mischel, 2018).
5. *Nearpod*: Öğretmenlerin çeşitli paket programlardan hazırladıkları sunumları interaktif hâle getirmesine olanak sağlayan bir araçtır. Ders içeriklerini testler, anketler, çizim etkinlikleri, sanal gerçeklik turları ve ortak çalışma panoları gibi etkileşimli unsurlarla zenginleştirerek öğrencilerin aktif katılımını hedeflemektedir (Sanmugam vd., 2019).
6. *PhET*: Fen bilgisi eğitimi kapsamında soyut kavramları oyun temelli ve simülasyon tabanlı deneyimlerle somutlaştırmaya olanak tanımaktadır. Öğrenciler, sanal deney ortamlarında çeşitli değişkenleri gözlemleyerek güvenli ve tekrarlanabilir deneyler gerçekleştirebilir (Wieman vd., 2010). Bu süreç, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerine ve TYMM’de öngörülen 21. yüzyıl becerilerini kazanarak aktif öğrenme deneyimleri edinmelerine katkı sağlar.
7. *Algodoo*: Fizik temelli yapıların iki boyutlu olarak oyun temelli tasarlanmasına imkân tanır. Öğrenciler, daire, kare gibi geometrik şekiller ile motorlar ve zincirler gibi deney malzemeleri kullanarak çeşitli deney ortamları inşa edebilirler. Bu süreç, TYMM kapsamında öğrencilerin problem çözme, analitik düşünme ve yaratıcılık becerilerinin geliştirilmesine hizmet eder.
8. *BioDigital Human*: Öğrencilerin insan bedenini üç boyutlu modeller aracılığıyla keşfetmesini sağlar. Bu araç, TYMM’in birey merkezli öğrenme yaklaşımı çerçevesinde, öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha etkileşimli ve görselleştirilmiş hâle getirerek biyolojik kavramları anlamalarını destekler.
9. *MEL Science VR/AR*: Kimya ve fizik temelli deneyleri sanal ve artırılmış gerçeklik ortamlarına taşıyarak soyut kavramların görselleştirilmesine katkı sağlar. Bu sayede öğrenciler, TYMM’de vurgulanan deneyimsel ve bireyselleştirilmiş öğrenme süreçleri çerçevesinde kavramsal anlayışlarını güçlendirebilirler.

10. *Scratch*: Metin tabanlı programlama yerine sürükle-bırak prensibiyle çalışan blok tabanlı görsel bir programlama dilidir. Öğrenciler, karakterleri hareket ettirerek, ses ekleyerek ve interaktif hikâyeler, oyunlar ya da animasyonlar oluşturarak problem çözme ve mantıksal düşünme becerilerini geliştirebilir (Ortiz-Colon vd., 2016). Bu süreç, TYMM’de öğrencilerin yaratıcılık ve dijital okuryazarlık becerilerinin desteklenmesine katkı sağlar.
11. *Tinkercad*: Blok tabanlı bir yapıyla üç boyutlu modelleme imkânı sunar. Özellikle Arduino ile ilişkilendirilen devre tasarımları ve elektrik sistemleri modellemeleri, öğrencilerin analitik düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmesine katkı sağlar (Yalçın ve Akbulut, 2021). Bu araç, TYMM kapsamında bireyselleştirilmiş ve deneyimsel öğrenme süreçlerine hizmet eder.
12. *Arduino*: Öğrencilerin elektronik devreler tasarlayıp programlamalarına imkân tanıyan bir platformdur (Yalçın ve Akbulut, 2021). TYMM’in teknoloji entegrasyonu ve yaratıcı problem çözme odaklı yaklaşımıyla uyumlu olarak öğrencilerin uygulamalı öğrenme deneyimlerini zenginleştirir.
13. *Google Earth*: Dünya’nın üç boyutlu bir modellemesini sanal ortama taşıyarak öğrencilerin çevresel ve coğrafi faktörlere yönelik düşünme becerilerini geliştirmesine olanak sağlar. Bu süreç, TYMM’de öngörülen eleştirel düşünme ve bilimsel farkındalık öğrenme çıktısını destekler.
14. *Padlet ve Seesaw*: Öğrencilerin fotoğraf, yazı ve çizim gibi çeşitli formatlarda çalışmalarını dijital ortamda paylaşımlarını sağlar (Atan ve Kocasaraç, 2022). Bu sistem hem öğretmenlerin hem de akranların geri bildirim sunmasına imkân tanıyarak TYMM’in etkileşimli ve öğrenci merkezli değerlendirme yaklaşımını destekler.

TYMM kapsamında dijital araçların entegrasyonu, modelin yetkin ve erdemli bireyler yetiştirme hedefine ulaşmasında stratejik bir rol oynamaktadır. Minecraft Education, JigSpace, Makey Makey, ChatGPT, Microsoft Co-Pilot, Moodle, Google Classroom ve Kerbal Space Program gibi çeşitli dijital platformların eğitim süreçlerine dahil edilmesi, öğrenci merkezli ve beceri odaklı bir yaklaşımı destekleyerek TYMM’nin potansiyelini önemli ölçüde artıracaktır. Bu araçların sadece teknik birer yenilik olarak değil, aynı zamanda modelin felsefesiyle bütünleşik bir yaklaşımla ele alınması ve süreçte entegrasyonun pedagojik bir çerçevede planlanması esastır. Bu bağlamda, TYMM kapsamında dijital araçların kullanımını somutlaştıran üç farklı akademik süreç ve bir ders planı örneği aşağıda sunulmuştur:

Örnek Süreç 1: Bir öğretmen, 4. sınıf Fen Bilgisi dersi kapsamında yer alan “*FB.4.3.1. Dünya’nın şekli ile ilgili bilimsel gözleme dayalı tahmin yapabilme*” öğrenme çıktısını gerçekleştirmek amacıyla Google Earth dijital aracından yararlanabilir. Dersin giriş bölümünde öğretmen, Dünya’nın şekline ilişkin tarihsel süreçte ortaya atılmış “yuvarlak” ya da “düz tepsi” gibi farklı görüşlere değinerek öğrencilerin dikkatini derse çeker. Ardından öğrencilerin mevcut görüşlerini alarak onların derse aktif katılımını destekler. Bu sürecin ardından öğretmen, Google Earth uygulamasını açarak öğrencilerin kendi okullarından başlayıp doğuya veya batıya doğru sanal bir yolculuk yapmalarını sağlar. Bu etkinlik aracılığıyla öğrencilerin Dünya’nın eksenini hakkında temel bilgiler edinmeleri ve düz Dünya algısının düzeltilmesi hedeflenir. Sonraki aşamada ise Google Earth üzerinden uygun ayarlamalar yapılarak Dünya’nın dış görünüşü öğrencilere yansıtılır. Böylece öğrenciler, Dünya’nın kutuplardan basık yapısını gözlemleyerek Dünya’nın şeklinin “geoit” olduğuna ilişkin bilimsel görüşleri kavrama fırsatı bulurlar.

Örnek Süreç 2: Bir öğretmen, 7. sınıf Fen Bilgisi dersi kapsamında yer alan “*FB.7.4.1.1. Ortam değiştiren ışığın izlediği yolu gözlemleyerek kırılma olayına yönelik bilimsel çıkarım yapabilme*” öğrenme çıktısına yönelik olarak ışığın kırılması sürecini soyut bir yapıdan somut yapıya ulaştırmak için MEL Science uygulamasında bulunan artırılmış gerçeklik modelinden faydalanabilir. Öğrencilerle ilk olarak sınıf içerisinde su dolu bir bardaktan bakıldığında bir silginin görüntüsünün neden farklı gözüktüğüne yönelik bir soru yöneltilir. Tartışma sürecinden elde edilen görüşler doğrultusunda, öğrencilere sunulabilecek tablet kullanım imkanıyla birlikte sanal bir optik deneyi oluşturulur. Bu deney sürecinde öğrencilere MEL Science aracılığıyla bir ışının cam, su, yağ gibi çeşitli ortamlarda izlediği yol üç boyutlu bir şekilde deneyimlendirilir. Ardından öğrencilerin MEL Science aracılığıyla kendi deney ortamlarını oluşturmaları sağlanarak farklı ortamlarda ışınların izlediği yolun gözlemlenmesi sağlanarak ışınları yön değişimlerinin incelenmesi sağlanabilir.

Örnek Süreç 3: Bir öğretmen, 6. sınıf Fen Bilgisi dersi kapsamında yer alan “*FB.6.7.1.1. Biyoçeşitliliğin doğal yaşam için önemini sorgulayabilme*” öğrenme çıktısına yönelik Padlet aracılığıyla bir öğrenme süreci geliştirebilir. Süreç içerisinde öğretmen öğrencilere insan-doğa ilişkisi, biyoçeşitlilik, ekosistem gibi çeşitli alt başlıklar altında sorular yöneltilir. Bu sorular doğrultusunda öğrencilerin oluşturacakları gruplara bağlı olarak araştırma süreçleri gerçekleştirilir ve çeşitli görüşlere ulaşılır. Ulaşılan bu görüşlerin her biri Padlet programına girilir ve öğrencilerin birbirlerinin araştırmalarını görme imkânı sağlanarak tartışma ortamı oluşturabilir.

2.1. Örnek Ders Planı: Işık ve Ses Ünitesi-Işığın Yayılması Konusu

Aşağıda, 5. sınıf Fen Bilimleri dersi kapsamında ‘Işığın Yayılması’ konusuna yönelik dijital dönüşümü ön plana çıkaran bir ders planı örneği sunulmaktadır. Ders Planı, 2024 FBDÖP’de yer alan öğrenme çıktısı FB.5.4.1.1 doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu öğrenme çıktısı, “Bir kaynaktan çıkan ışığın her yönde doğrusal bir yol izlediğini gözlem yoluyla açıklayabilmek” biçiminde ifade edilmektedir.

Ders planı hazırlanırken özellikle dijital dönüşüm odaklı araçlar kullanılması amaçlanmıştır. Bu nedenle ders planı ayrıntılandırılmaktan ziyade dijital uygulamaların kullanımına yöneltilmiştir. Böylece öğrencilerin ışığın doğrusal yayılımını yalnızca gözlemlmeleri değil, aynı zamanda PhET simülasyonları, MEL Science VR/AR, Padlet ve Kahoot! üzerinden deneyimlemeleri sağlanmış olacaktır.

Tablo 1 Fen Bilimleri Dersi Işık ve Ses Ünitesi – Işığın Yayılması Konusu Ders Planı (Dijital Dönüşüm Odaklı Uygulama)

Dersin Adı	Fen Bilimleri
Ünite/Konu	Işık ve Ses / Işığın Yayılması
Sınıf Düzeyi	5. Sınıf
Süre (dk)	40 dk (1 ders saati)
Öğrenme Çıktısı	FB.5.4.1.1 – Bir kaynaktan çıkan ışığın her yönde doğrusal bir yol izlediğini gözlem yoluyla açıklayabilmek
Amaç	Öğrencilerin ışığın doğrusal yayılımını, TYMM’de öngörülen bireyselleştirilmiş ve etkileşimli öğrenme süreçleri çerçevesinde, dijital araçlar kullanarak gözlemleyip açıklayabilmeleri.
Dijital Dönüşüm Bağlamında Araç ve Gereç Kullanımı	- PhET Simülasyonu (Işık ve Gölge) → ışığın yayılımını ve gölge oluşumunu keşfetmek - MEL Science VR/AR → ışığın doğrusal yayılımını artırılmış gerçeklik ortamında görselleştirmek - Padlet → öğrencilerin gözlem sonuçlarını paylaşmak - Kahoot! → anlık ölçme-değerlendirme yapmak

Öğretim Süreci	Giriş (5 dk): Öğretmen, kısa bir PhET simülasyonu örneği gösterir ve ‘Işık nasıl yayılıyor olabilir?’ sorusunu yöneltir. Keşfetme (10 dk): Öğrenciler PhET simülasyonunda ışık kaynağını farklı açılardan konumlandırarak gölge oluşumunu gözlemler. Çıktılarını Padlet’e yüklerler. Açıklama (10 dk): Öğretmen, MEL Science AR uygulaması ile ışığın doğrusal yayılımını üç boyutlu olarak gösterir. Öğrenciler tabletleriyle gözlem yapar ve gözlemlerini sınıfla paylaşır. Derinleştirme (10 dk): Gruplar hâlinde öğrenciler, Padlet üzerinde ortak çizim ve açıklamalarla ışığın doğrusal yayılımını şematik olarak gösterir. Kapanış (5 dk): Kahoot! üzerinden kısa bir dijital değerlendirme yapılır. Öğrenciler günlük yaşamdan örneklerle ışığın doğrusal yayılımını ilişkilendirir.
Değerlendirme	- Süreç Değerlendirme: PhET gözlemleri ve Padlet paylaşımları - Ürün Değerlendirme: MEL Science AR gözlemlerine dayalı çizimler - Anlık Değerlendirme: Kahoot! Sonuçları Bu ders planı, çok boyutlu değerlendirme yaklaşımı benimsenerek oluşturulmuştur.

Bu ders planı, fen eğitiminde dijital dönüşümün olanaklarını bütüncül bir biçimde yansıtmaktadır. Öğrenciler, PhET simülasyonları aracılığıyla ışığın doğrusal yayılımını güvenli bir ortamda keşfetmekte; MEL Science VR/AR uygulaması sayesinde soyut kavramları üç boyutlu ve etkileşimli biçimde gözlemlemektedir. Padlet gibi iş birliği dijital araçlar, öğrencilerin gözlemlerini paylaşmalarına ve ekranlarının farklı bakış açılarını görmelerine imkân sağlamaktadır. Son aşamada kullanılan Kahoot! ise öğrenmenin pekiştirilmesini sağlayarak öğrencilerin sürece aktif katılımını teşvik etmektedir.

Bu yaklaşım, ışığın doğrusal yayılımı gibi öğrenciler için soyut olabilecek bir konuyu hem somutlaştırmakta hem de dijital çağın gerekliliklerine uygun şekilde öğretim sürecine entegre etmektedir. Böylece öğrenme deneyimi yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmamakta; gözlem, keşfetme, iş birliği ve değerlendirme basamaklarını içeren bütüncül bir yapıya kavuşmaktadır. Bu süreç, öğrencilerin yeni bilgileri mevcut zihinsel şemalarıyla ilişkilendirmelerine olanak sağlayarak anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesine de katkıda bulunmaktadır (Ausubel, 1968).

Ayrıca plan, yukarıda tanıtılan dijital araçların bütüncül bir derste nasıl konumlandırılabilirliğini ve her aşamaya gömülü süreç/ürün ile anlık değerlendirmenin nasıl yürütülebileceğini gösterir. Devamında, bu tasarımları sürdürülebilir kılmaya dönük dijital ölçme-değerlendirme ilkeleri, araçları ve örnekler ayrıntılandırılacaktır. Dijital araçların bu çok yönlü katkıları, yalnızca öğretim süreçleriyle sınırlı değildir. Ölçme ve değerlendirme boyutunda da dijitalleşme, öğrenmenin niteliğini artıran ve süreç odaklı geri bildirim mekanizmalarını güçlendiren bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

3. Fen Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme Sürecinde Dijital Araçlar

Dijital teknolojilerin eğitime entegrasyonu sürecinde yalnızca öğrenme süreci değil, aynı zamanda ölçme ve değerlendirme süreçlerinin de değişen dünyanın koşullarına uyum sağlaması büyük önem taşımaktadır (Herrington vd., 2010). Bunun temel nedeni, dijital çağın hızla gelişmesiyle birlikte eğitim sistemlerinde öğrenci merkezli ve esnek yaklaşımların giderek daha fazla önem kazanmasıdır. Bu bağlamda dijital değerlendirme uygulamaları, öğrencilerin ders kapsamında herhangi bir soruya verdikleri yanıtların anında tespit edilmesini ve hızlı geri bildirim sağlanmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca sınıf düzeyinde değil bireysel ölçme olanağı sunmakta ve öğrencilerin yalnızca tek bir davranış üzerinden değil, hedeflenen öğrenme çıktılarıyla ilişkili çok yönlü bir biçimde değerlendirilmelerine imkân tanımaktadır (Bennett, 2002).

Dijital dönüşümün ölçme ve değerlendirme süreçlerine yansıtılması, TYMM ile doğrudan ilişkili bir yapı olarak değerlendirilebilir. TYMM kapsamında Fen Bilimleri dersi incelendiğinde, öğrencilerin farklı öğrenme hızlarına ve öğrenme stillerine uyarlanabilir bir yapının öngörülmesi, dijital değerlendirme süreçlerinin entegrasyonunu destekleyen önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır (MEB, 2024). Bu bağlamda, Fen Bilimleri derslerinde dijital ölçme ve değerlendirme uygulamalarının kullanılması; bireyselleştirilmiş öğrenmenin desteklenmesine, anında geri bildirim sağlanmasına ve öğrencilerin yalnızca tek boyutlu değil bütüncül bir biçimde değerlendirilmesine katkı sunarak, öğrencilerin çok yönlü gelişimlerinin desteklenmesine olanak tanımaktadır. Belirtilen bu entegrasyonun gerçekleştirilmesi için çeşitli başlıklar altında değerlendirme gerçekleştirilebilir. Bu bölüm kapsamında oyun temelli değerlendirme, simülasyon temelli değerlendirme, mobil araçlarla değerlendirme, e-portfolyo ve yapay zekâ temelli değerlendirme kavramı fen bilgisi dersiyle ilişkili bir yapıda ele alınacaktır.

3.1. Oyun Temelli Değerlendirme

Günümüzde bilgisayar, mobil cihazlar ve benzeri dijital araçların kullanımının hızla artmasına paralel olarak, pek çok dijital ürün geliştirici ve eğitimci çeşitli dijital oyunlar tasarlamaya başlamıştır. Bu oyunlar, bireylerin farklı becerilerine odaklanmanın yanı sıra, bütüncül gelişimi destekleyen ve birden fazla süreci bütünleştiren sistematik yapılar olarak geliştirilmektedir. Bu doğrultuda, eğitici oyunların geliştirilmesi kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Eğitici oyunlar; her yaş grubundan bireylerin hedeflenen davranışlar doğrultusunda bilgi, beceri ve tutumlarını geliştirmeyi ve desteklemeyi amaçlayan öğrenme süreçlerini içeren oyunlar bütünü olarak tanımlanabilir. Ayrıca, bu oyunların geliştirilme süreçleri ve hedef davranışlarla uyumlu biçimde tasarlanması, oyun temelli değerlendirme yaklaşımlarının da dijital oyunları kapsayan bir yapıya dönüşmesine katkı sağlamaktadır.

Oyun temelli değerlendirme, öğrencilerin eğitsel amaçlarla oynadıkları dijital oyunlarda sergiledikleri hedef davranışların, onların daha aktif olmalarını ve kaygı düzeylerinin azalmasını sağlayacak şekilde değerlendirilmesine imkân tanıyan bir yaklaşımdır. Ayrıca bu yöntem, öğrencilerin geçmişten gelen geleneksel değerlendirme süreçleriyle karşılaştırılmasına katkı sunmaktadır (Mavridis ve Tsiatsos, 2017). Bununla birlikte, oyun temelli değerlendirme sayesinde öğrencilerin kendilerini sınav ortamından ziyade gündelik yaşam içinde hissedebilecekleri, bu durumun da motivasyon ve katılımlarını artırabileceği ifade edilebilir. TYMM kapsamında ise bu yapı ele alındığında ise, oyun temelli değerlendirme ile bütüncül gelişimin desteklenebileceği ve fen eğitimi bazında bakıldığında ise öğrencilerin çeşitli deneysel süreçleri deneyimleyebileceği, problem çözme ve bilimsel düşünme becerilerinin de desteklenebileceği söylenebilir. Bu kapsamda, Değerlendirme Süreci 1 kapsamında belirtilen değerlendirme yöntemine ilişkin bir örnek sunulmuştur.

Değerlendirme Süreci 1: Bir öğretmen, “*FB.3.4.1. Çevresindeki maddeleri hâllerine göre sınıflandırabilme*” öğrenme çıktısı kapsamında, öğrencilerine Minecraft Education adlı bilgisayar oyununu kullanarak etkileşimli bir öğrenme süreci tasarlayabilir. Öğretmen, oyun içinde oluşturacağı bir haritada katı maddeleri temsil eden bloklardan, sıvıları temsil eden su gibi oyun içi materyallerden ve atmosferi temsil eden alanlardan faydalanarak öğrencilerin katı, sıvı ve gaz kavramlarını deneyimlemelerini sağlayabilir. Öğrencilere harita üzerinde gözlem yapmaları için çeşitli işaretler veya tablolar sunulmakta; öğrencilerden oyun içi materyalleri gözlemleyerek ilgili hâllerine göre sınıflandırmaları istenmektedir. Öğretmen, bu süreç boyunca

öğrencilerin performansını, oyun içinde geliştirebileceği bir gözlem formu aracılığıyla izleyerek değerlendirme sürecini gerçekleştirebilir.

3.2. Simülasyon Temelli Değerlendirme

Simülasyon, gerçek dünyada var olan bir yapının (sistem, süreç, olay vb.) çeşitli dijital veya fiziksel modeller aracılığıyla taklit edilmesi sürecidir. Simülasyon temelli değerlendirme ise, öğrencilerin hedef davranışa yönelik durumlara ulaşırken karşılaşılabilecekleri güçlükleri veya gerçek hayatta uygulamada ortaya çıkabilecek olası zorlukları ortadan kaldırmayı amaçlayan, gerçek durumu yansıtacak şekilde tasarlanmış bir değerlendirme sistematığıdır (Gündeğer, 2021). Bu değerlendirme sürecinde, öğrencilere gündelik yaşamı yansıtacak hedef davranışlar sunulmasının yanı sıra, daha karmaşık yapılar da öğrencilere aktarılmakta ve böylece onların bütüncül gelişimlerinin desteklenmesi sağlanmaktadır. Simülasyon temelli değerlendirme hazırlanırken hem bireysel hem de grup etkinliklerine uygun olacak şekilde tasarım yapılması gerekmektedir. McGaghie ve Issenberg (2009) bu süreci şu aşamalarla açıklamaktadır:

1. Sunum aşamasında, öğrenciye hedef davranışa yönelik bir problem durumu sunulmalıdır.
2. Cevaplama aşamasında, öğrencinin düzeyine uygun cevaplama süreçleri belirlenmeli ve öğrenciden bu süreçlere yönelik yanıtlar alınmalıdır.
3. Cevaplama süreciyle eş zamanlı olarak, öğrenciden elde edilen veriler kaydedilmelidir.
4. Elde edilen veriler, kontrol listesi, rubrik gibi çeşitli araçlar kullanılarak puanlanmalıdır.
5. Elde edilen puanlar, hedef davranış özelinde bütüncül bir şekilde değerlendirilmelidir.

Belirtilen bu yapılar doğrultusunda, TYMM kapsamında fen eğitiminde simülasyon temelli bir değerlendirmenin öğrencilerin bütüncül gelişimini destekleyeceği söylenebilir. Bu değerlendirme türü kapsamında, problem çözme süreçlerinin çeşitli deneysel etkinliklere yansıtılabilmesi, öğrencilere birbirleriyle etkileşim kurabilecekleri bir ortam sunulması ve öğretmenlerin öğrencileri esnek bir şekilde değerlendirebilme imkânına sahip olması, TYMM ile simülasyon temelli değerlendirmenin etkin bir şekilde entegre edilebileceğini göstermektedir. Bu kapsamda, Değerlendirme Süreci 2 kapsamında belirtilen değerlendirme yöntemine ilişkin bir örnek sunulmuştur.

Değerlendirme Süreci 2: Bir öğretmen, “*FB.8.4.1.2. Sesin yayılabildiği ortamlara yönelik deney yapabilme*” öğrenme çıktısı kapsamında, PhET aracılığıyla oluşturduğu sanal laboratuvar ortamında öğrencilerle uzay boşluğunda sesin yayılımını inceleyebilir. Süreçte öğretmen, PhET ortamında havayı kaldırıp geri getirerek, ses dalgalarının oluşumunu ve yayılım biçimini gözlemlemeye olanak tanıyan bir inceleme süreci yürütebilir. Bu yaklaşım, öğrencilerin sesin yayılımına yönelik mekânsal koşulları deneyimleyerek anlamalarını sağlamaktadır.

3.3. E-Portfolyo

Portfolyolar, öğrencinin belirlenen hedef davranışlar çerçevesinde sahip olduğu bilgi ve becerileri çeşitli belge ve ürünlerle bir araya getirerek oluşturduğu bir dosya biçimi olarak tanımlanabilir (Jenson ve Treuer, 2014). Portfolyolar, öğrencilerin eleştirel düşünme, yansıtma, yaratıcı düşünme, aktif katılım ve sunum gibi çeşitli becerilerini sergilemelerine imkân tanıyan bir değerlendirme aracıdır (Nguyen ve Ikeda, 2015; Barrett, 2000; Abdullah vd., 2021). Bu bağlamda, portfolyoların, ele alınan hedef davranış kapsamında öğrencilerin bütüncül gelişimini destekleyen sistematik bir yapı sunduğu ifade edilebilir. TYMM kapsamındaki fen eğitiminde portfolyo sistematığının entegrasyonu açısından bakıldığında ise öğrencilerin çeşitli proje çalışmalarının, deneysel çalışmalarının belgelenmesine ve sistematik olarak derlenmesiyle öğrencilerin gelişimlerinin gözlenmesi açısından önem arz ettiği ifade edilebilir. Buna bilişsel beceriler dışında baktığımızda ise öğrencilerin gerçekleştirdikleri süreçlerle birlikte merak gibi çeşitli eğilimlerinde gözlenebileceği ve bu doğrultuda da öğrencilerin ilgi alanlarına yönelik esnek değerlendirme süreçleri geliştirilmesi katkı sağlanabileceği söylenebilir.

Günümüz eğitim koşulları dikkate alındığında, geleneksel portfolyo sisteminin sınıf ortamında uygulanmasında dosyaların korunması, saklanması ve güncellenmesi gibi çeşitli sınırlılıklar bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar, e-portfolyo uygulamalarının önemini artırmıştır (Gündeğer, 2021). Öğretmenler, MEB tarafından geliştirilen e-portfolyo sistemi aracılığıyla öğrencilerin gerçekleştirdiği faaliyetleri sisteme yükleyerek onların gelişim süreçlerini sistematik biçimde takip edebilmektedir. Bu süreçte öğretmenler, hedef davranışlara odaklanarak değerlendirme e-portfolyosu, farklı alanlardaki ürünleri ortaya koyan vitrin e-portfolyosu veya öğrencilerin zaman içerisindeki gelişimlerini izlemeye imkân sağlayan gelişim e-portfolyosu oluşturabilmektedir (Alexiou ve Paraskeva, 2010). Ayrıca, portfolyo uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bazı ölçütler

bulunmaktadır. Gronlund ve Waugh'a (2009) göre bu ölçütler şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Ürünler, hedef davranışlarla uyumlu olmalı ve farklı türlerde çeşitlilik göstermelidir.
2. Ürünler, hedef davranışa uygun ölçütler temelinde seçilmeli; gerekli durumlarda öğrencinin ürün seçim sürecine aktif katılımı sağlanmalıdır.
3. Ürünler hem öğretmen hem de öğrenci tarafından değerlendirme sürecine dâhil edilmelidir. Böylece öğrenme sürecine ilişkin çıktılar, öğretmen ve öğrenci tarafından eşgüdümlü olarak izlenebilir.

Belirtilen bu ölçütler, TYMM kapsamında fen eğitiminin yapısıyla doğrudan örtüşmektedir. Özellikle öğrencilerin aktif katılımını teşvik etmesi ve esneklik ilkesini desteklemesi açısından dikkat çekicidir. Bu bağlamda, Değerlendirme Süreci 3 kapsamında yer verilen değerlendirme yöntemine ilişkin somut bir uygulama örneği sunulmuştur.

Değerlendirme Süreci 3: Bir öğretmen “*FB.5.6.1.2. Şemasını çizdiği elektrik devresine uygun deney yapabilme*” öğrenme çıktısı kapsamında bir portfolyo oluşturmak istediğinde ilk olarak öğrencinin gerçekleştirilen eğitim süreçlerinde oluşturduğu elektrik devrelerinin ya da elektrik devresi şemalarının fotoğraflarını çekerek e-portfolyo sistemine yükler. Buna ek olarak, öğretmen elektrik devresinin çalıştığı anları videoya alarak kaydederek de e-portfolyo sistemine yükleme gerçekleştirebilir. Fotoğraf ve video sürecinin tamamlanmasının ardından öğretmen öğrenciye oluşturduğu elektrik devresi ve şeması hakkında çeşitli sorular yönlendirir, öğrencinin yanıtlarını not alarak e-portfolyo dosyasına ekler. Bu doğrultuda öğretmen hem süreç hem de sonuç hakkında bilgi sahibi olarak öğrencinin süreç odaklı değerlendirilmesini sağlar.

3.4. Mobil Araçlarla Değerlendirme

Günümüzde mobil cihazların ve mobil servislerin gelişmesi, eğitim alanında da mobil değerlendirme süreçlerinin artmasına sebep olmuştur. Bu doğrultuda öğrenciler ister evde ister okulda, isterse de sokakta eğitim süreçlerine devam edebilmektedir (Gündeğer, 2021). Öğrenciler süreç içerisinde mobil cihazlar aracılığıyla erişebildikleri eğitsel kaynaklarda öğrendikleri bilgileri, yine eğitim için kullandıkları araç ya da hedef davranışa yönelik farklı bir mobil uygulama ile kendi öğrenmelerini değerlendirebilmektedirler (Ally, 2009). Bu değerlendirme sürecinde öğrenciler elde ettikleri sonuçlara göre kendi öğrenmelerini şekillendirerek kendi hızlarında öğrenme imkânı da kazanmaktadır. Bunun yanı sıra, mobil

öğrenme süreci bir öğretmenin denetiminde de gerçekleşebilmektedir. Bu kapsamda öğretmenler, öğrencileri herhangi bir konum üzerinden değerlendirme sonuçlarını inceleyerek onlara uzaktan da olsa dönüt sağlayabilmektedir (Gündeğer, 2021).

TYMM kapsamında fen bilgisi eğitimi ele alındığında, öğrencilerin kişiselleştirilmiş öğrenme imkânlarına sahip olmaları açısından bu yaklaşımın önemli katkılar sunduğu söylenebilir. Öğrencilerin çeşitli mobil araçlar aracılığıyla kavramsal öğrenme süreçlerinin izlenebilmesi ve öğretmenin anında dönüt sağlayarak bireysel öğrenme ihtiyaçlarını destekleyebilmesi, sürecin etkililiğini artırmaktadır. Bu bağlamda, M-Quiz, Moodle ve Poddle gibi farklı mobil öğrenme araçlarının fen eğitimi sürecine entegre edilmesi, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmeye olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, Değerlendirme Süreci 4 kapsamında yer verilen değerlendirme yöntemine ilişkin somut bir uygulama örneği sunulmuştur.

Değerlendirme Süreci 4: Öğretmen, “*FB.7.7.2.1. Kaynakların tasarruflu kullanımının önemini sorgulayabilme*” öğrenme çıktısı kapsamında öğrencilere ev ortamında doğal kaynak kullanımını izlemeye yönelik bir ödev vermiştir. Bu bağlamda öğrencilerden, evlerinde tükettikleri elektrik ve su gibi kaynaklara ilişkin verileri telefonlarında bulunan uygulamalar aracılığıyla kaydetmeleri, israfa yol açan durumları belirlemeleri ve bu durumları önlemek için geliştirdikleri çözüm yollarını not etmeleri istenebilir. Böylelikle öğretmen, öğrencilerin doğal kaynakların kullanımına yönelik tutum ve davranışlarını otantik bir biçimde değerlendirme olanağına sahip olacaktır.

3.5. Yapay Zekâ Temelli Değerlendirme

Yapay zekâ, dijital çağın en hızlı gelişen teknolojilerinden biri olarak yalnızca günlük yaşamda değil, eğitim alanında da entegrasyonu giderek önem kazanan bir yapı haline gelmiştir (Yüzüak ve Nalbantoğlu Yılmaz, 2025). 2025 yılı itibarıyla yapay zekâ araçlarının özellikle eğitimde ölçme ve değerlendirme süreçlerinde etkin bir biçimde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu araçların kullanım alanları incelendiğinde, soru performansının izlenmesi, yeni soruların üretilmesi, otomatik puanlama yapılması, öğrencilere geri bildirim sağlanması, hedef davranışa yönelik ürün hazırlama, ödev ve performans değerlendirmelerinin yürütülmesi ile madde analizlerinin gerçekleştirilmesi gibi çok çeşitli işlevlere hizmet ettiği dikkat çekmektedir (Shah, 2023).

TYMM kapsamındaki fen eğitimi açısından değerlendirildiğinde, yapay zekâ araçları öğrencilerin kişisel değerlendirmelerine katkı sağlamakta, bireysel farklılıkların belirlenmesine imkân tanımakta ve bu doğrultuda öğrenme

süreçlerinin şekillendirilmesine olanak sunmaktadır. Ayrıca, öğrencilerin gelişmelerinin bütüncül bir biçimde izlenmesine katkıda bulunarak öğretim sürecinin daha sistematik ve esnek yürütülmesine zemin hazırlamaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ araçlarının ölçme ve değerlendirme süreçlerine dahil edilmesi, TYMM'nin öngördüğü esneklik, kişiselleştirilmiş öğrenme ve öğrenci merkezlilik ilkelerinin hayata geçirilmesini desteklemektedir. Sürece entegre edilebilecek yapay zekâ araçları arasında ChatGPT, Google Gemini, Microsoft Co-Pilot ve Writesonic gibi uygulamalar yer almakta olup, bu araçlar fen eğitimi kapsamında hem kavramsal öğrenmeyi hem de ölçme-değerlendirme süreçlerini güçlendirecek bir potansiyel taşımaktadır gelmiştir (Yüzüak ve Nalbantoğlu Yılmaz, 2025). Bu bağlamda, Değerlendirme Süreci 5 kapsamında yer verilen değerlendirme yöntemine ilişkin somut bir uygulama örneği sunulmuştur.

Değerlendirme Süreci 5: Bir öğretmen, öğrencilerine “*FB.4.2.1. Besin içeriklerini ayırt etmek için deney yapabilme*” öğrenme çıktısı kapsamında bir test hazırlamıştır. Bu süreçte öğretmenin hazırladığı maddeler yapay zekâ araçları aracılığıyla incelenebilir. Örneğin, “deney tasarlama” becerisine yönelik hazırlanmış sorular Google Gemini gibi yapay zekâ tabanlı sistemlere aktarılabilir ve bu soruların yapı geçerliliği, konuya uygunluğu, dil bilgisi açısından doğruluğu ve uzman görüşüyle uyumluluğu gibi ölçütler bağlamında geri bildirim alınabilir. Bu doğrultuda öğretmen, elde edilen geri bildirimleri dikkate alarak soruları yeniden gözden geçirebilir ve gerekli düzenlemeleri yaparak ölçme aracının geçerlilik ve güvenilirliğini artırabilir.

Yukarıda belirtilen ölçme ve değerlendirme süreçleriyle birlikte TYMM kapsamındaki fen bilgisi dersinin dijital entegrasyona çok yönlü şekilde uygun olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca öğrencileri sadece bilişsel süreçlerinin değil, aynı zamanda sosyal-duygusal becerilerinin, değerlerinin de gelişmesine katkı sağlanabileceği söylenebilir. Bu doğrultuda, dijital araçların birer öğrenme materyalinden çok öğrencilerin yetkin birey olma konusundaki bir paydaşı olarak görülmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, dijital dönüşümün fen eğitiminde etkili biçimde gerçekleştirilebilmesi yalnızca ölçme-değerlendirme süreçleriyle sınırlı değildir. Kapsayıcı ve erişilebilir öğrenme ortamlarının sağlanması, özellikle özel gereksinimli öğrencilerin eşit katılımını garanti altına almak açısından kritik bir boyut olarak öne çıkmaktadır.

4. Özel Eğitim Perspektifinden Fen Eğitiminde Dijital Dönüşüm

Özel gereksinimli öğrenciler, farklı yetersizlikleri temsil eden şemsiye bir kavram olarak kullanılmakta; özel gereksinimli öğrenciler şemsiyesi

altında farklı tanıları olan bireylerden söz edilmektedir. En sık rastlanılan tanı grupları arasında ise zihin, görme, işitme yetersizliği; dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), özel öğrenme güçlüğü, otizm spektrum bozukluğu (OSB) ve özel yetenekli öğrenciler yer almaktadır (American Psychiatric Association [APA], 2013; MEB, 2018). Erken yaşta tanılanan özel gereksinimli öğrenciler, tipik gelişen akranları gibi sistematik eğitim süreçlerine ihtiyaç duymaktadır fakat bu bireylerin eğitim gereksinimleri, tipik gelişen öğrencilerden çeşitli yönleriyle farklılaşmaktadır (Akhanlı vd., 2024). Gelişimsel özellikleri nedeniyle daha yoğun ve bireyselleştirilmiş eğitime gereksinim duyan özel gereksinimli öğrenciler, uygun eğitim müdahaleleri aracılığıyla belirli gelişimsel hedeflere ulaşabilmektedir (Kolbina vd., 2023). Eğitim sürecinde sağlanan desteklerle bu öğrenciler, üst düzey bilişsel, sosyal ve akademik beceriler geliştirme potansiyeline sahiptir (Parsons ve Platt, 2017).

Yaşadığımız bu çağda bilgiye erişim ve bilgiyi kullanabilme becerileri, eğitim sistemlerinin temel amaçları arasında yer almaktadır. Eğitim yalnızca mevcut bilgilerin öğrencilere aktarılması değil, aynı zamanda onların araştırma yapma, bilgiyi sorgulama ve yeni bilgi üretme kapasitelerini geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi, üst düzey bilişsel süreçlerin geliştirilmesine bağlıdır. Ezberci öğrenme yerine kavrayarak öğrenme, problem çözme ve bilimsel süreç becerilerini etkin kullanabilme, çağdaş eğitimin öncelikli çıktıları arasında görülmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin analitik düşünme, sorgulama ve problem çözme becerilerini geliştirmede en etkili derslerin başında fen eğitimi gelmektedir (Kaptan, 1998; Sharon ve Baram-Tsabari, 2020).

Fen eğitimi; yapısı gereği sorgulayıcı, deneysel ve problem çözmeye dayalıdır fakat bu süreçler özellikle özel gereksinimli öğrenciler için çeşitli zorluklar barındırmaktadır. Örneğin fen eğitiminin bilişsel performans gerektirmesi, fen alanının soyut kavramlarının derslerin içeriğinde bulunması, zihinsel yetersizliği olan öğrencilerin bilgiyi işleme kapasitelerini olumsuz yönde etkilemekte ve bu derste güçlükler yaşamalarına sebep olmaktadır. Benzer durum OSB, özel öğrenme güçlüğü, işitme ve görme yetersizliği olan öğrenciler için de geçerlidir (Brigham vd., 2011). Bununla birlikte genel eğitim ortamlarında fen bilimleri derslerine katılan özel gereksinimli öğrenciler, tipik gelişen akranlarından da önemli derecede daha düşük performans göstermektedirler (National Center for Education Statistics, 2019). Yapılan araştırmalar hem fen eğitimi içeriğinin hem de eğitim materyallerinin özel gereksinimli öğrencilere uygun hale getirilebilmesi için belirli uyarlamalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (Browder vd., 2012; Jimenez vd., 2009). Ayrıca deneylere katılım, soyut kavramların

anlaşılması ve kavramsal bilgilerin kalıcı hale getirilmesinde yaşanan sınırlılıklar, fen öğretiminin bireyselleştirilmiş ve erişilebilir öğrenme ortamlarıyla desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu noktada dijital teknolojiler, özel eğitimde fen öğretiminin görselleştirilmiş, erişilebilir ve etkileşimli hale getirme potansiyeline sahiptir (Dheesha, 2021; Mikropoulos ve Iatraki, 2023).

Eğitim sistemlerinde iletişim ve bilgi teknolojilerinin entegrasyonu ile öğrenme-öğretme süreçlerinin yeniden oluşturulmasına karşılık gelen dijital dönüşüm; özel eğitimde fen eğitime ve öğretime birçok katkı sağlamaktadır (Al Husaeni ve Wahyudin, 2023). Özel gereksinimli öğrencilerle çalışan öğretmenler; öğrencilerinin derslere ve süreçlere yönelik katılımlarını desteklemek, öğrencilerini motive etmek ve öğrencilerinin yetersizliklerine ilişkin eksikliklerini en aza indirmek için genel olarak teknolojiye dayanarak yararlanmaktadırlar. Yapılan çalışmalar dijital teknolojilerin özel gereksinimli öğrencilerin sosyal iletişim ve etkileşim becerilerini, motivasyonlarını ve odaklanmalarını ve bunların yanı sıra akademik becerilerini de desteklediğini göstermektedir (Harish vd., 2013). Fen eğitimi boyutunda ise dijital dönüşümün; erişilebilirlik, bireyselleştirilmiş öğrenme-öğretme, somutlaştırma ve görselleştirme, genelleme, etkileşim ve motivasyon alanlarında çeşitli derecelerde katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Erişilebilirlik açısından bakıldığında dijital teknolojiler, özel gereksinimli öğrencilere birçok yönden katkı sağlamaktadır. Örneğin, işitme yetersizliği olan öğrenciler için işaret dili entegrasyonu, görme yetersizliği olan bireyler için ise sesli betimlemeler ve ekran okuyucu uyumluluğu gibi özellikler öğrenme sürecini daha kolay hale getirmektedir. Buna ilaveten sanal laboratuvar uygulamaları da fiziksel engeli bulunan öğrencilerin güvenli biçimde deneysel süreçlere katılımını mümkün kılmaktadır (Al-Azawei vd., 2016). Fen eğitiminde soyut kavramlarla işlemlerin yapılması ve öğrenilmesi, özel gereksinimli öğrenciler için daha da zorlayıcı olabilmektedir. Buna yönelik olarak AR, dijital hikâye kullanımı, üç boyutlu modelleme ve etkileşimli simülasyonlar, bu kavramların görselleştirilmesine ve daha kolay bir şekilde öğrenilmesine olanak tanımaktadır (Ibáñez ve Delgado-Kloos, 2018). Ayrıca zihin yetersizliği ve OSB olan öğrenciler için karmaşık süreçlerin adım adım ve görsel desteklerle sunulması, öğrenmenin kalıcılığını artırmaktadır (Desideri vd., 2021). Dolayısıyla özel gereksinimli öğrencilerin farklı düzeylerde güçlükler yaşadığı genelleme, somutlaştırma ve görselleştirme alanları bunlarla birlikte daha iyi bir hale getirilebilmektedir. Dijital dönüşüm, bireysel farklılıkları da göz önünde bulundurarak uygun öğretim materyallerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Akıllı öğrenme sistemleri ve uyarlanabilir yazılımlar, özel gereksinimli öğrencilerin öğrenme

performansına ve hızına göre içeriği yeniden düzenleyebilmekte, böylece bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi sunmaktadır (Holmes vd., 2019). Bu durum, bireyselleştirilmiş öğrenmeye katkı sağlayarak özel gereksinimli öğrencilerin güçlü yönlerine dayalı öğrenme yolları oluşturulmasına da zemin hazırlamaktadır. Son olarak VR, oyun tabanlı öğrenme, çeşitli mobil teknolojiler ve etkileşimli dijital materyaller özel gereksinimli öğrencilerin fen eğitimi derslerine katılımlarını ve motivasyonlarını artırmaktadır (Chang ve Hwang, 2019). Özellikle DEHB ve OSB olan öğrenciler için kısa süreli, görsel ve işitsel açıdan zenginleştirilmiş etkinlikler öğrenme sürecinin daha etkili yürütülmesine önemli ölçüde katkılar sağlamaktadır. Genel olarak dijital dönüşüm, multimedya, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının yanı sıra e-metinler, oyunlar ve simülasyonlar gibi çeşitli uygulamalar da özel eğitimde akademik becerilerin edinilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamlar göz önünde bulundurularak, fen eğitiminde dijital dönüşüm temel alınarak özel gereksinimli öğrencilere yönelik bir öğretim süreci aşağıda özetlenmiştir.

Sınıfında kaynaştırma öğrencisi bulunan bir sınıf öğretmeni dördüncü sınıf Fen Bilimleri dersi kapsamında yer alan “*FB.4.2.1. besin içeriklerini ayırt etmek için deney yapabilmek*” öğrenme çıktısını gerçekleştirmek hedefiyle sanal laboratuvar ve artırılmış gerçeklik uygulamalarından faydalanabilir. Dersin başlama aşamasında öğretmen, öncelikle öğrencilerin hazırbulunuşluklarına göre dikkatlerini konuya çekmeye çalışır. Öğrencilere “Bir gün boyunca sadece tek bir yiyecek yemek zorunda kalsaydınız, hangisini seçerdiniz?” ya da “Kim bana en sevdiği yiyeceği söylemek ister?” sorusunu yönelterek dikkatlerini çeker. Öğrencilerden gelen tepkiler ve yanıtlarla birlikte öğretmen, “Bu yiyecekler vücudumuza neler kazandırır, neleri eksik bırakır?” sorusuyla tartışmayı derinleştirir. Ardından öğretmen, öğrencilerin en çok değindikleri yiyecekleri baz alarak sanal laboratuvar uygulamasını açar. Ekmek, makarna ve balık kraker gibi besinlerde karbonhidrat, protein, yağ ve suyun varlığını gösterebilecek deneyleri öğrencilerle birlikte yürütür. Yetersizlik türlerine göre uyarlanacak olursa, görme yetersizliği olan öğrenciler için deney adımları sesli betimlemelerle, işitme yetersizliği olan öğrenciler için işaret dili ve altyazı desteğiyle sunulur. Zihin yetersizliği ve OSB olan öğrenciler için deneyin her adımı artırılmış gerçeklik uygulaması ile görselleştirilerek basit yönergeler eşliğinde sunulur. DEHB ve özel öğrenme güçlüğü olan öğrenciler için sesli ve görsel açıdan zengin, kısa süreli etkileşimli dijital oyunlar (eşleştirme, sürükle-bırak) kullanılabilir. Özel yetenekli öğrenciler ise sonraki süreçte sağlıklı yaşam temalı dijital içerikler, mobil oyun veya mini animasyon geliştirmeleri için yönlendirilebilirler. Deney sonuçlarının ardından tüm öğrenciler gruplar hâlinde topladıkları verileri tartışır.

“Besinlerde farklı farklı içerikler bulunur ve bunların her birinin vücudumuzda farklı işlevleri vardır.” genellemesine ulaşırlar. Son aşamada ise öğrencilerden dijital araçlar kullanarak sağlıklı bir günlük menü tasarlamaları istenebilir. Böylelikle öğrenciler hem besinlerin işlevlerini kavramış olur hem de sağlıklı yaşam için dengeli beslenmenin önemini fark ederler. İlerleyen zamanlarda kalıcılığı sağlamak için genelleme çalışmaları yapılabilir.

Dijital dönüşümün ortaya çıkarttığı ve sunduğu imkânlarla rağmen uygulama noktasında bazı sınırlılıkların ve eksikliklerin olduğu göze çarpmaktadır. Okullardaki ve diğer eğitim kurumlarındaki donanım ve yazılım eksiklikleri, öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerinin ve eğitimlerinin sınırlı olması ve ailelerin teknolojik araçlara erişiminde yaşanan eşitsizlik durumları bu sürecin önündeki temel engelleri oluşturmaktadır (Ertmer ve Ottenbreit-Leftwich, 2010; Özdemir ve Göztürk, 2023). Ayrıca mevcut dijital içeriklerin çoğu, Evrensel Tasarım İlkelerine yeterince uygun olarak hazırlanmadığından dolayı özel gereksinimli öğrencilerin ihtiyaçlarını tam anlamıyla karşılayamamaktadır. Dolayısıyla süreç içerisinde karşılaşılan engellerin; çeşitli desteklerle, ileride yapılacak bilimsel araştırmalarla ve uygulama boyutunun iyileştirilmesiyle giderilmesi önem arz etmektedir.

Genel olarak özel eğitim perspektifinden değerlendirildiğinde dijital dönüşüm, fen eğitiminde erişilebilirlik, bireyselleştirme ve etkileşim açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Fakat bu dönüşümün sürdürülebilirliği için öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerinin artırılması, öğretmenlere konu ile ilgili çeşitli eğitimler verilmesi, ailelerin bilgilendirilmesi, teknolojik altyapının güçlendirilmesi ve Evrensel Tasarım İlkelerine dayalı dijital içeriklerin geliştirilmesi gerekmektedir. İleride yapılacak araştırmaların, dijital dönüşüm uygulamalarının özel gereksinimli öğrencilerin fen öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerini incelemesi, alana yönelik daha kapsamlı eğitim politikalarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abdillah, I., Kartimi, K., & Gloria, R. Y. (2021). Instagram assisted portfolio assessment to improve students' creative thinking skills. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 10(1), 83–96. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v10i1.7451>
- Ainscow, M. (2005). Developing inclusive education systems: What are the levers for change? *Journal of Educational Change*, 6(2), 109–124. <https://doi.org/10.1007/s10833-005-1298-4>
- Akhanlı, M., Tama, G., & Bülbül, M. (2024). Özel gereksinimli öğrencilerde bireyselleştirilmiş eğitim. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(107), 979-988. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11405475>
- Al Husaeni, D. F., & Wahyudin, W. (2023). Digital transformation in special needs education: Computational bibliometrics. *ASEAN Journal of Community and Special Needs Education*, 2(2), 97-110.
- Al-Azawei, A., Serenelli, F., & Lundqvist, K. (2016). Universal Design for Learning (UDL): A content analysis of peer reviewed journals from 2012 to 2015. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 16(3), 39-56. <https://doi.org/10.14434/josotl.v16i3.19295>
- Alexiou, A., & Paraskeva, F. (2010). Enhancing self-regulated learning skills through the implementation of an e-portfolio tool. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3048–3054. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.463>
- Ally, M. (2009). *Mobile learning transforming the delivery of education and training*. AU Press.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Atan, F., & Kocasaraç, H. (2022). Dijital öğrenme-öğretme araçları. *Medeniyet Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 1–17.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston.
- Bamiah, M. A., Brohi, S. N., & Bashari Rad, B. (2018). Big data technology in education: Advantages, implementations, and challenges. *Journal of Engineering Science and Technology, Special Issue on ICCSIT 2018*, 229–241.
- Banihashem, S. K., Gašević, D., & Noroozi, O. (2025). A critical review of using learning analytics for formative assessment: Progress, pitfalls and path forward. *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(3), e70056. <https://doi.org/10.1111/jcal.70056>

- Barrett, M. (2000). Windows, mirrors, and reflections: A case study of adult constructions of children's musical thinking. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 147, 43–61.
- Bennett, R. E. (2002). Inexorable and inevitable: The continuing story of technology and assessment. *Journal of Technology, Learning and Assessment*, 1(1).
- Brigham, F. J., Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (2011). Science education and students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(4), 223-232. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00343.x>
- Browder, D. M., Trela, K., Courtade, G. R., Jimenez, B. A., Knight, V., & Flowers, C. (2012). Teaching mathematics and science standards to students with moderate and severe developmental disabilities. *The Journal of Special Education*, 46(1), 26-35. <https://doi.org/10.1177/0022466910369942>
- CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2*. CAST.
- Chang, C. Y., & Hwang, G. J. (2019). Trends in digital game-based learning in the mobile era: A systematic review of journal publications from 2007 to 2016. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 13(1), 68-90. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2019.096468>
- Decuyper, M., & Vanden Broeck, P. (2020). Time and educational (re-) forms—Inquiring the temporal dimension of education. *Educational Philosophy and Theory*, 52(6), 602–612. <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1716449>
- Desideri, L., Lancioni, G., Malavasi, M., Gherardini, A., & Cesario, L. (2021). Step-instruction technology to help people with intellectual and other disabilities perform multistep tasks: a literature review. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 33(6), 857-886. <https://doi.org/10.1007/s10882-020-09781-7>
- Dheesha, J. B. (2021). STEM education to students with special needs. *Disabilities and Impairments*, 35(1), 28-34.
- Dwivedi, R. (2018). Advantage of education technology and its educational significance in society. *International Journal of Researches in Social Sciences and Information Studies*, 6(1), 309–316.
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- European Commission. (2020). *Digital education action plan 2021–2027: Resetting education and training for the digital age*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2766/876936>
- Fischer, C., Pardos, Z. A., Baker, R. S., Williams, J. J., Smyth, P., Yu, R., Slater, S., Baker, D., & Warschauer, M. (2020). Mining big data in educa-

- tion: Affordances and challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 130–160. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903304>
- Gronlund, N. E., & Waugh, C. K. (2009). *Assessment of student achievement*. Pearson Education.
- Gündeğer, C. (2021). Bilgisayar tabanlı ölçme ve değerlendirme. In N. Doğan (Ed.), *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Pegem Akademi.
- Harish, H. G., Kumar, R. K., & Raja, B. (2013). Bringing ICT to teach science education for students with learning difficulties. *Journal on School Educational Technology*, 8(4), 1-5. <https://doi.org/10.26634/jsch.8.4.2245>
- Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2010). *A guide to authentic e-learning*. Routledge.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/our-work/artificial-intelligence-in-education/>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Jenson, J. D., & Treuer, P. (2014). Defining the e-portfolio: What it is and why it matters. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 46(2), 50–57. <https://doi.org/10.1080/00091383.2014.897192>
- Jimenez, B. A., Browder, D. M., & Courtade, G. R. (2009). An exploratory study of self-directed science concept learning by students with moderate intellectual disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 34(2), 33-46. <https://doi.org/10.2511/rpsd.34.2.33>
- Jurâne-Brêmane, A. (2023). Digital assessment in technology-enriched education: Thematic review. *Education Sciences*, 13(5), 522. <https://doi.org/10.3390/educsci13050522>
- Kaptan, F. (1998). *Fen bilgisi öğretimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Keçeci, G., & Kavukçu, B. (2023). Fen bilimleri öğretmenleri ve 21. yüzyıl becerileri. İksad Yayınevi.
- Koç, A., & Kanadlı, S. (2025). Effect of interactive learning environments on learning outcomes in science education: A network meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 34, 681–703. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10202-7>
- Kolbina, L., Kasianenko, O., Sopivnyk, I., Karskanova, S., & Chepka, O. (2023). The role of inclusive education in the personal growth of a child with special educational needs. *Amazonia Investiga*, 12(64), 156–164. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.64.04.15>

- Lai, J. W., & Bower, M. (2019). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. *Computers & Education*, 133, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.010>
- Marino, M. T., Sameshima, P., & Beecher, C. C. (2009). Enhancing TPACK with assistive technology: Promoting inclusive practices in preservice teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2), 186–207.
- Mavridis, A., & Tsiatsos, T. (2017). Game-based assessment: Investigating the impact on test anxiety and exam performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 492–503. <https://doi.org/10.1111/jcal.12200>
- Maxwell, C. (2016). What blended learning is—and isn't. *BLU: Blended Learning Universe*. <http://www.blendedlearning.org/what-blended-learning-is-and-isnt/>
- McCarthy, M. (2016). *The Cambridge guide to blended learning for language teaching*. Cambridge University Press.
- McGaghie, W. C., & Issenberg, S. B. (2009). Simulations in assessment. In S. M. Downing & R. Yudkowsky (Eds.), *Assessment in health professions education*. Routledge.
- EB. (2018). Özel eğitim hizmetleri yönetmeliği. (2018, 7 Temmuz). *Resmî Gazete* (Sayı: 30471).
- Mikropoulos, T. A., & Iatraki, G. (2023). Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 3911–3935. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9>
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. MEB.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. MEB.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*. <https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/fen-bilimleri-dersi>
- Mischel, L. J. (2018). Watch and learn? Using EDpuzzle to enhance the use of online videos. *Management Teaching Review*, 4(3), 283–289. <https://doi.org/10.1177/2379298118773418>
- Momani, F. M. (2023). Digital learning in science education: A literature review. *Cogent Education*, 10(1), 2277007. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2277007>
- Murteza, Z. U., & Altun, S. (2025). Türkiye Century Education Model: An analysis of the 2024 science curriculum within the framework of sustainable development goals. *International Journal of Contemporary Approaches in Education*, 4(1), 21–45. <https://doi.org/10.29329/ijcae.2025.1312.2>

- National Center for Education Statistics (NCES). (2019). *The condition of education 2019 (NCES 2019– 144)*. U.S. Department of Education.
- Nguyen, L. T., & Ikeda, M. (2015). The effects of ePortfolio-based learning model on student self-regulated learning. *Active Learning in Higher Education*, 16(3), 197–209. <https://doi.org/10.1177/1469787415573355>
- OECD. (2019). *OECD skills outlook 2019: Thriving in a digital world*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/df80bc12-en>
- Ortiz-Colon, A. M., & Romo, J. L. M. (2016). Teaching with Scratch in compulsory secondary education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(2), 67–70. <https://doi.org/10.3991/ijet.v11i02.5095>
- Özdemir, G., & Göztürk, L. (2023). Dijital dönüşümün eğitime yansımaları: Öğretmen görüşleri. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(142), 19–33. <https://doi.org/10.29228/ASOS.69768>
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2017). *Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/RR2042>
- Paolucci, C., Caruso, V., & Castelfranchi, Y. (2024). A review of learning analytics opportunities and challenges for formative assessment. *Heliyon*, 10(10), e29803. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29803>
- Parsons, S., & Platt, L. (2017). The early academic progress of children with special educational needs. *British Educational Research Journal*, 43(3), 466–485. <https://doi.org/10.1002/berj.3276>
- Sanmugam, M., Selvarajoo, A., Ramayah, B., & Lee, K. W. (2019). Use of Nearpod as interactive learning method. In *INTED2019 Proceedings* (pp. 8908–8915). 13th International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spain. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.2219>
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: Key issues and debates* (2nd ed.). Bloomsbury Academic.
- Semerçioğlu, M. G. (2025). Fen müfredatının 21. yüzyıl eğitim hedefleriyle uyumu: Öğretmen görüşleri. *Education Mind*, 4(1), 77–89.
- Shah, P. (2023). *AI and the future of education: Teaching in the age of artificial intelligence*. Jossey-Bass.
- Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life?. *Science Education*, 104(5), 873–894. <https://doi.org/10.1002/scs.21581>
- Ülçay, O. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli değerlendirmesi. *Ulusal Eğitim Toplum ve Dünya Dergisi*, 1(2), 70–75. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11097248>

- Wagner, M., Newman, L., Cameto, R., & Levine, P. (2006). *The academic achievement and functional performance of youth with disabilities: A report from the National Longitudinal Transition Study-2 (NLTS2) (NCSE 2006-3000)*. SRI International.
- Wang, A. I., & Tahir, R. (2020). The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. *Computers & Education*, 149, 103818. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103818>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Yalçın, N., & Akbulut, E. (2021). STEM eğitimi ve STEM perspektifinde robotik kodlama eğitimlerinin incelenmesi: Kızılcahamam kodluyor örneği. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 25(2), 469–490.
- Yıldız, E., & Zengin, N. (2021). Effect of science education provided with digital and in-class games on the scientific process skills of preschool children. *International Journal of Educational Methodology*, 7(3), 513–527. <https://doi.org/10.12973/ijem.7.3.513>
- Yüzüak, B. N., & Nalbantoğlu Yılmaz, F. (2025). Soruları gözden geçirmede farklı yapay zekâ uygulamalarının karşılaştırılması: Doğru-yanlış önermeleri üzerine bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 63, 500–520. <https://doi.org/10.53444/deubefd.1532545>