

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Eğitim 4.0 Araçlarının Fen Öğretiminde Kullanımı: Bir Eylem Araştırması

Melek Başgül¹

Milli Eğitim Bakanlığı
Orcid id: 0009-0009-1869-4630

Bayram Coştu²

Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü
Orcid id: 0000-0003-0559-936

ÖZ

Eğitim 4.0, gelecekteki eğitim için benimsenen bir vizyondur. Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın genel resminin bir parçası olarak Eğitim 4.0'ın kavramsal çerçevesine odaklanmaktadır. Bu kavramın eğitim alanında etkin bir şekilde uygulanabilmesi için hangi teknolojilerin kullanılabilirliği, mevcut literatür üzerinden incelenmekte ve güncel bilgiler ışığında, söz konusu teknolojilerin eğitimdeki potansiyeli ve heyecan verici beklentileri araştırılmaktadır. Bu bağlamda, araştırmada Eğitim 4.0 araçlarının, Fen Bilimleri dersi elektrik konulu ünitelerinde kullanılmasına ilişkin ortaokul öğrencilerinin görüşlerinin alınması hedeflenmektedir. Nitel araştırma desenlerinden biri olan eylem araştırmasına uygun bir şekilde planlanan çalışma, toplamda 20 ortaokul öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Eğitim 4.0 araçlarının öğretim sürecindeki kullanımına dair öğrenci görüşlerini belirlemek amacıyla, yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi uygulanmış ve bu çerçevede, araştırmacılar tarafından geliştirilen görüşme formu veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Üç hafta süren veri toplama sürecinde, ortaokul düzeyindeki elektrik konuları, Eğitim 4.0 araçlarını içeren etkinliklerle desteklenerek işlenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmeden elde edilen verilere yönelik yapılan içerik analizi bulguları, öğrencilerin görüşleri, Eğitim 4.0 araçlarının konuları daha anlaşılır hale getirdiği, öğrenilen bilgilerin akılda daha uzun süre kalmasını sağladığı, soyut konuların detaylı bir şekilde incelenebilmesine olanak tanıdığı, öğrenme sürecini etkileşimli ve keşif odaklı bir deneyime dönüştürdüğü, derse aktif katılımı arttırdığı, derse karşı ilgi ve merak uyandırdığı, yeni teknolojileri kullanabilme ve kodlama yapabilme gibi yetkinlikleri arttırdığı yönündedir.

Anahtar kelimeler: Eğitim 4.0, Eğitim 4.0 Araçları, Elektrik Konusu, Eylem Araştırması, Fen Öğretimi, Öğrenci Görüşleri

The Use of Education 4.0 Tools in Science Teaching: An Action Research Study

ABSTRACT

Education 4.0 represents a vision for the future of education. This study focuses on the conceptual framework of Education 4.0 as part of the broader vision of Industry 4.0. By reviewing current literature, it examines which technologies could be effectively utilized within education, exploring their potential and the exciting expectations they bring to the field. In this context, the study aims to gather middle school students' perspectives on using Education 4.0 tools in the science curriculum, specifically within units on electricity. Designed as an action research study—a qualitative research approach—it involved a total of 20 middle school students. To capture students' views on the use of Education 4.0 tools in teaching, semi-structured interviews were conducted using an interview form developed by the researchers as the data collection instrument. Over a three-week data collection period, electricity topics at the middle school level were supplemented with activities incorporating Education 4.0 tools. Content analysis of the semi-structured interview data revealed that students felt Education 4.0 tools made topics more comprehensible, enhanced long-term retention of information, allowed for a more detailed examination of abstract concepts, transformed the learning process into an interactive and discovery-driven experience, increased active participation, sparked interest and curiosity, and improved skills in using new technologies and coding.

¹ **Sorumlu Yazar:** Melek Başgül, Milli Eğitim Bakanlığı, melekbasgulsenturk@gmail.com

² Prof. Dr. Bayram Coştu, bayramcostu@gmail.com

Giriş

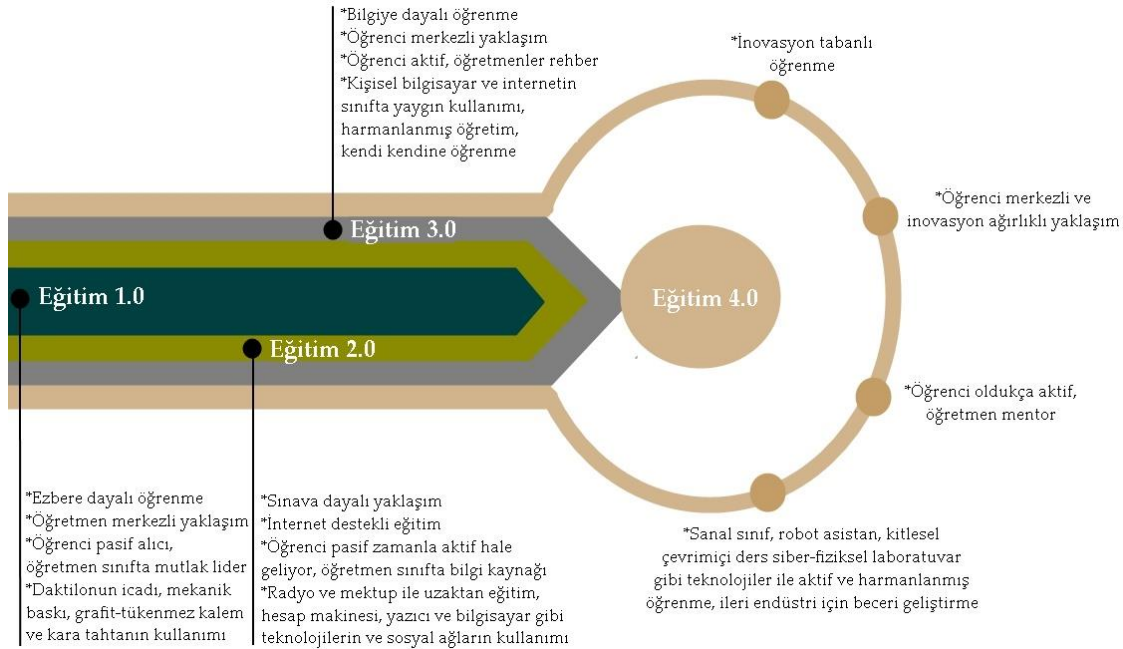
Sanayi ve teknoloji alanında geniş bir yelpazede yaşanan gelişmeler, toplumun tüm alanlarını sürekli değiştirmiş ve bu değişimler "endüstriyel devrim" olarak adlandırılan paradigmalara yol açarak Endüstri 4.0 kavramının literatürde yeni bir devrim olarak yer almasını sağlamıştır. Tarihsel süreç içerisinde, sanayileşme hareketi su ve buhar gücüne dayalı mekanik sistemlerin ortaya çıkmasıyla 1800'lerde başlamış (Endüstri 1.0), yirminci yüzyılın başında, elektriğin icat edilmesiyle seri imalat yoğun bir şekilde devam ederek, kömür ve buharın yerini enerji kaynağı olarak petrol ve elektrik almıştır (Endüstri 2.0). Yirminci yüzyılın sonunda ise, bilişim teknolojilerinin üretim sistemlerine entegrasyonu ve robot-otomasyon sistemleri (Endüstri 3.0) endüstriyel toplumlarda beklenenin ötesinde bir dönüşüm oluşturmuş ve bu dönüşümün etkisi günümüze kadar gelerek dijital ve otonom sistemlerin hâkim olduğu (Endüstri 4.0) bir dünyaya hızla yol alınmıştır. İlk kez 2011 yılında Almanya'daki Hannover Fuarında gündeme gelen Endüstri 4.0 kavramı (Lu, 2017), akıllı ürün ve cihazların birbirleriyle iletişim kurabilmesi ve etkileşime girebilmesi için özellikle sensörler yardımıyla bir dizi yeni dijital endüstriyel teknolojinin kullanılmasını ifade eder (Strange ve Zucchella, 2017). Endüstri 4.0 kavramı, kendisinden önceki sanayi devrimlerinde bulunmayan bir dizi yenilikçi teknolojiyi içerisinde barındırmaktadır. Kendi başına hareket edebilen, karar verebilen otonom robotlar; makinelerin birbiriyle iletişim kurduğu nesnelerin interneti; karar vericilere gerekli bilgilerin sağlandığı büyük veri analizleri; iş ve işlemlerin bilişim ortamında güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlayan siber güvenlik sistemleri; benzetim ortamı ile gerçek ortamın birbiriyle bütünleşik bir şekilde kullanılabilmesi karma gerçeklik uygulamaları; tüm verinin bulut sistemleri üzerinde barındırıldığı bulut bilişim sistemleri; model bilgilerinin bilgisayara girilmesi ile istenilen nitelikte fiziksel ürünlerin üretildiği eklemeli imalatlar; belirli görevleri yerine getirmek için insan zekasını taklit eden yapay zeka uygulamaları; çeşitli nesnelerin modellendiği simülasyon araçları gibi yenilikçi teknolojiler, temel olarak bu bileşenin içeriğini oluşturmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, eğitim sistemini yeniden şekillendirmek için teknoloji kullanımını vurgulayan yeni öğrenme ortamlarının benimsenmesine yol açmıştır. Durum böyle olunca dördüncü sanayi devrimine uyum sağlayabilecek bireylerin yetiştirilmesi ülkeler için çok önemli bir politika haline gelmiş ve uygun eğitim ve öğretim sistemlerinin geliştirilmesi için ortak çabalara yol açmıştır. Bu gelişen eğitim çerçevesinde, üst düzey düşünme becerilerine sahip, bilgi üretebilen ve aktarabilen ve yeni teknolojilere etkin bir şekilde uyum sağlayabilen bireylere yönelik artan bir talep söz konusudur. Bu bağlamda Endüstri 4.0, eğitimdeki inovasyon ortamını önemli ölçüde değiştirerek, küresel insan-makine arayüzünü geliştirmek için yapay zeka ve dijital fiziksel platformları içeren Eğitim 4.0'ı ortaya çıkarmıştır (Türkel ve Yeşilkuş, 2020). Alan yazın, Endüstri 4.0 ve Eğitim 4.0'ın birbiriyle bağlantılı olduğunun altını çizmekte ve Endüstri 4.0'ın başarısının iyi donanımlı bir eğitim bileşenine bağlı olduğunu ileri sürmektedir. Akademisyenler, eğitim sisteminin Endüstri 4.0 bileşenlerine hakim bireyleri ustalıkla yetiştirmesi gerektiğini savunmakta (Fernandes ve Afonso, 2021) ve Endüstri 4.0'ı takip eden yeniliklerin Eğitim 4.0'ın yörüngesini şekillendirdiğini belirtmektedir (Kannan ve Garad, 2021). Ayrıca, gelişmekte olan ülkeler, Eğitim 4.0'ı en üst düzeyde benimseyerek Endüstri 4.0 unsurlarını eğitim süreçlerine dâhil etme konusunda kararlılık göstermektedir (Butt vd., 2020).

Kavramsal Çerçeve

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin talep ettiği nitelikli işgücü -teknolojiyi etkin kullanarak proje tasarlayabilen, geliştirebilen ve üretebilen bireyler- Eğitim 4.0 olarak bilinen yeni eğitim

paradigması ile beslenmektedir. Bu paradigma, tarih boyunca eğitim alanında yaşanan çeşitli değişim ve dönüşümlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Eğitim 1.0'dan Eğitim 4.0'a geçiş, genel hatlarıyla literatür doğrultusunda Şekil 1'de gösterildiği gibi derlenmiştir.

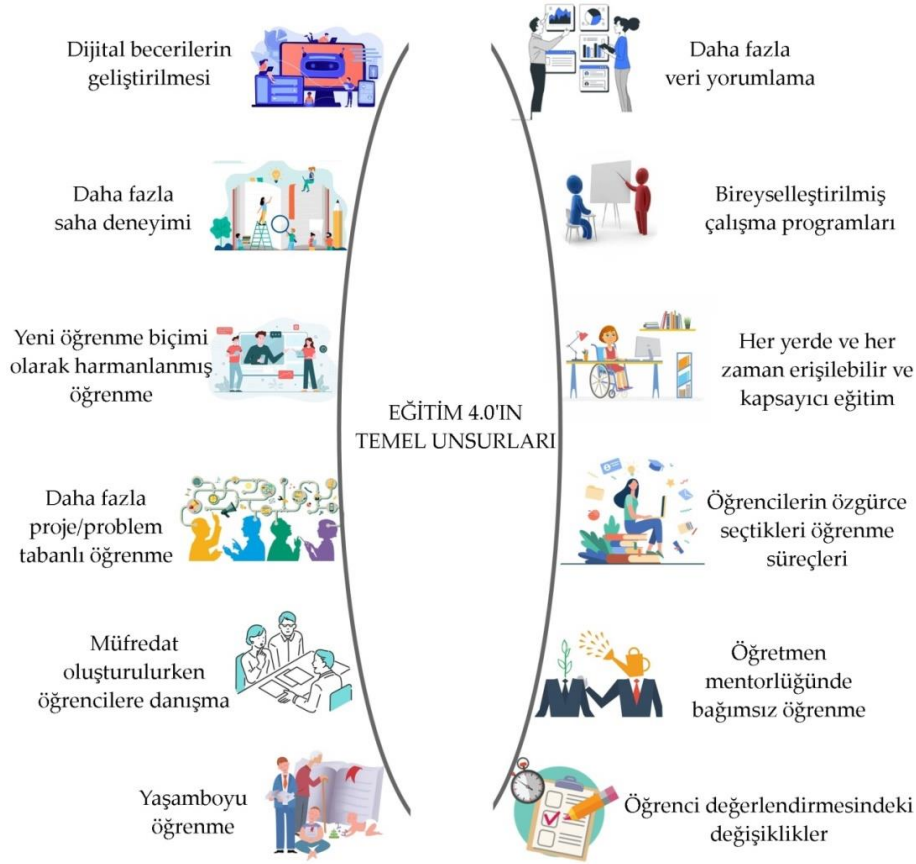


Şekil 1. Geçmişten günümüze eğitim süreçleri (Eğitim 4.0 paradigma değişimi)

18. yüzyılın sonunda, Birinci Sanayi Devrimi'nin başlamasıyla birlikte, tarım toplumunun ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış geleneksel, öğretmen merkezli bir yaklaşıma dayanan Eğitim 1.0 paradigması ortaya çıktı. Takip eden dönemde, seri üretim, sanayileşme ve elektriğin yaygın olarak kullanılmaya başlandığı İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte Eğitim 2.0 dönemi başlamış, yazıcı, hesap makinesi ve bilgisayar gibi teknolojik gelişmeler eğitimin içeriğinde önemli bir dönüşüm yaratmış, öğretmen merkezli model öğretmenin rehber rolünü üstlendiği bir yaklaşıma evrilmiş ve sanal kitaplar gibi etkileşimli stratejiler öğrenme süreçlerine entegre edilmiştir. Ardından, teknolojinin toplumsal yaşamın belirleyici bir unsuru haline geldiği Üçüncü Sanayi Devrimi'ne paralel olarak Eğitim 3.0 dönemi ortaya çıkmış, internetin eğitimde artan kullanımı eğitim araç ve yöntemlerinin çeşitlenmesine yol açmıştır. Son olarak, 21. yüzyılın başlarında Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği teknolojiler doğrultusunda Eğitim 4.0 paradigması ortaya çıkmıştır (Şekil 1).

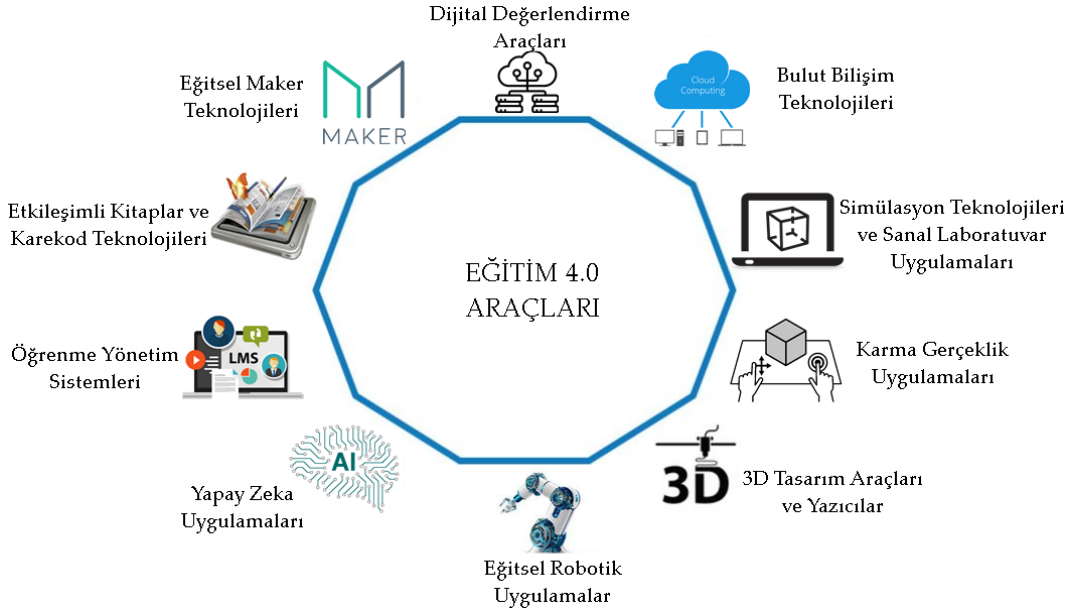
Eğitim 4.0 terimi literatürde Joshi (2022) tarafından 'akıllı teknolojiler, yapay zeka ve robotik ve otomasyon gibi ileri teknolojiler aracılığıyla eğitimin geleceğini yeniden şekillendirmeyi amaçlayan Dördüncü Sanayi Devrimi ile ilişkili bir öğrenme paradigması' olarak tanımlanmaktadır. Bir başka tanıma göre Eğitim 4.0, daha kişiselleştirilmiş, işbirliğine dayalı ve teknoloji ile geliştirilmiş öğrenme deneyimleri yaratmak ve öğrencileri geleceğin işgücüne hazırlamak amacıyla yapay zeka, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi ileri teknolojilerin eğitim sistemine entegre edilmesidir (Bonfield vd., 2020). Bu kavram, yapay zeka, IoT, büyük veri analitiği, robotik, AR/VR, makine öğrenimi ve bulut bilişim gibi çağdaş dijital teknolojilerin eğitime entegrasyonunu, kişiselleştirilmiş öğrenmeyi ve dijital çağda başarı için gerekli olan hesaplamalı düşünme, karmaşık problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, insan yönetimi, ekip çalışması, duygusal zeka, karar verme, hizmet odaklılık ve müzakere gibi becerilerin geliştirilmesini vurgulayarak önceki eğitim paradigmasını (Eğitim 1.0, Eğitim

2.0, Eğitim 3.0) genişletmektedir. Eğitim 4.0 ile ilgili literatürün kapsamlı bir incelemesi ışığında, Eğitim 4.0'ın temel unsurları belirlenmiş ve Şekil 2'de görsel olarak temsil edilmiştir.



Şekil 2. Eğitim 4.0'ın temel unsurları

Şekil 2 incelendiğinde, Eğitim 4.0'ın öğrencileri geleceğin işgücüne hazırlamak için yenilikçi öğretim yöntemlerine duyulan ihtiyacı vurguladığı ve harmanlanmış öğrenmenin kilit bir strateji olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Hooshyar vd., 2020). Bu yaklaşım, yüz yüze ve çevrimiçi öğrenmeyi entegre ederek öğrenmenin her zaman ve her yerden erişilebilir olduğu esnek ve kapsayıcı bir ortam yaratmaktadır (Shenkoya ve Kim, 2023). Eğitim 4.0, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış araç ve süreçlerle zenginleştirerek kişiselleştirilmiş öğrenmeye öncelik verir. Ayrıca, öğrenci merkezli bir müfredat aracılığıyla öğrencilerin kendi eğitim içeriklerini ve öğrenme süreçlerini şekillendirmeye aktif katılımını teşvik eder (Matos vd., 2023). Başka bir deyişle, sistem odaklı bir modelden öğrencilerin yeteneklerine ve tercihlerine uyum sağlayan, bireyselleştirilmiş öğrenme için görsel ve teknolojik yardımcılarının kullanımını teşvik eden bir modele geçmektedir (van Popta vd., 2017). Değerlendirmeler, salt bilgi aktarımından ziyade yetkinliklere odaklanır ve öğrencileri gerçek dünyadaki zorluklara hazırlamak için proje ve problem tabanlı öğrenmeyi vurgular. Eğitim 4.0, deneyime dayalı öğrenme modelleri aracılığıyla gerçek dünya sorunlarını çözmek için yetkinlikler oluşturan öğretim programlarını vurgulamaktadır. Öğrenciler saha deneyimlerine katılacak, veri analizi yaparak ve yorumlayarak analitik becerilerini geliştireceklerdir (Fernández-Cerero vd., 2023). Ayrıca, Eğitim 4.0 çerçevesinde, öğrencilerin öğrenme süreçleri, gelişmiş bir mentor öğretim modeliyle desteklenerek giderek daha bağımsız hale gelecektir. Bu model, sanal mentorların önemli bir rol oynadığı, öğretmen rehberliğinde bağımsız öğrenmeyi vurgulamaktadır (Ishak ve Mansor, 2020). Son olarak, Eğitim 4.0 yaşam boyu öğrenmeyi destekleyerek bireylerin kendi ihtiyaçlarına uygun yeni becerileri sürekli olarak güncellemelerini ve edinmelerini



Şekil 4. Eğitim 4.0 araçları

Bu araştırmada, Eğitim 4.0'ın kavramsal çerçevesi bağlamında öğretimin etkililiğini artırmayı amaçlayan eğitsel teknolojiler "Eğitim 4.0 Araçları" olarak adlandırılmış olup, söz konusu araçlar Şekil 4'te sunulmuştur. Bu bağlamda, "Eğitsel Robotik Uygulamalar", "Üç Boyutlu (3D) Tasarım Araçları ve Yazıcılar", "Karma Gerçeklik Uygulamaları", "Simülasyon Teknolojileri ve Sanal Laboratuvar Uygulamaları", "Bulut Bilişim Teknolojileri", "Dijital Değerlendirme Araçları", "Eğitsel Maker Teknolojileri", "Etkileşimli Kitaplar ve Karekod Teknolojileri", "Öğrenme Yönetim Sistemleri" ve "Yapay Zeka Uygulamaları" gibi teknolojiler "Eğitim 4.0 Araçları" kapsamına dâhil edilmiştir.

Eğitsel Robotik Uygulamalar

Günümüzde, teknolojik gelişmelerin eğitim ile iç içe olması kodlama, yani dijital çağın temel dili olan programlama kavramını gündeme getirmiştir. Eğitim alanında Scratch, Makeblock, Code Monkey, Algo Digital, Hacker Can, Code.org, Kodris, Tynker, Codespark, Lightbot, MIT App, Bitsbox, physical coding cards such as Arduino UNO, Makey Makey, Raspberry Pi, WeDo 2.0, TinyLab, PicoBoard, and robots like mBot, DOC Robot, Bee-Bot, Kubo Robot, Codey Rocky, mTiny, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Robotis Dream, Vex IQ, Vex EDR gibi robotlar kullanılabilir. Bu eğitsel robotik uygulamalar ile Fen eğitiminde Işığa Yönelen Güneş Paneli, Nabız Ölçer, Mekanik Robot Göz, WeDo 2.0 ile Dünya'nın Hareketleri, Akıllı Sulama Sistemi, Kuluçka Makinesi, Dijital Termometre, Akıllı Ev Sistemi, Android Kontrollü Gece Lambası, Yenilenebilir Enerji Tesisi, LCD Voltmetre, Dijital Saat, Deprem Alarmı gibi çeşitli projeler tasarlanabilir. Öğrenciler, bu projelerde özgün tasarımlar yaparak hem fen bağlamında çeşitli araçların iç mekanizmalarını öğrenirler hem de kodlama yaparak çeşitli robotik aracın nasıl çalıştırabileceğini eğlenerek keşfederler. Literatürde, robotik destekli fen deneylerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirdiği, fen dersine yönelik motivasyonlarını artırdığı, öğrenmeyi kolaylaştırdığı (Verner vd., 2021), arduino ile gerçekleştirilen elektrik devresi kurma etkinliklerinin, öğrencilerin devrelerle ilgili konuları öğrenmelerine katkıda bulunduğu, derse olan ilgilerini ve keşfetme duygularını artırdığı (Rossano vd., 2020), robotik uygulamaların eğitimde kullanılmasıyla öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştiği, ayrıca özel eğitim öğrencilerinin öğrenme süreçlerinde sosyal robotların kullanılmasının onların fen dersine uyum sağlamalarını kolaylaştırdığı (Mukul ve Büyüközkan, 2023) yönünde sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur. Bu araştırmalar, öğrencilere robotik kodlamanın temel mantığını öğretme, algoritmik düşünme

becerisi kazandırma, mantıksal düşünme süreçlerini destekleme ve uzamsal zekayı geliştirme açısından kullanılabilecek değerli bir Eğitim 4.0 aracı olduğunu göstermektedir.

Üç Boyutlu (3D) Tasarım Araçları ve Yazıcılar

Son dönemde, tasarımları ikili düzlemden çıkararak üç boyutlu somut nesnelere dönüştüren çeşitli tasarım araçları ve baskı teknolojileri geliştirilmiştir. Tinkercad, SketchUp, Blender, MeshMixer, SolidWorks, AutoCAD, Jumpstart, Thingiverse, MyMiniFactory, Energy 3D, FreeCAD gibi uygulamalar, eğitim alanında 3D tasarımların gerçekleştirilmesi için kullanılabilir. Fen eğitiminde öğrenciler, 3D yazıcılar aracılığıyla kendi hücre modellerini tasarlayabilir, organ modelleri üretebilir ve bu modeller üzerinde detaylı incelemeler gerçekleştirebilirler. Atom ve molekül modelleri, öğrenciler tarafından 3D yazıcı kullanılarak üretilir, bu sayede karmaşık yapılar daha kolay bir şekilde anlaşılabilir hale gelir. Ayrıca, öğrenciler 3D yazıcı kullanarak makara, dişli çark, kasnak gibi birçok basit makineye somut bir şekil kazandırabilirler. Örneğin “Energy 3D” programı kullanılarak, öğrenciler Akıllı Ev, Enerji Üreten Okul gibi projeler tasarlayabilir ve bu projelerin üç boyutlu maketlerini oluşturabilirler. Tasarım sürecinde, tasarlanan binanın anlık ışık alımını gözlemleyerek enerji ihtiyacını hesaplayabilirler; duvar, çatı, pencere ve kapı için uygun yalıtım malzemesi seçebilirler. Ayrıca, güneş panellerinin yerleştirilmesinin enerji kazancını nasıl etkilediğini keşfetme imkânına sahip olabilirler. Bu teknolojilerle ilgili çalışmalar incelendiğinde, moleküler yapıların 3D modelleri hazırlandığında öğretiminin daha etkili olduğu, bu araçların öğrencilerin hayal güçlerini geliştirdiği (Scalfani ve Vaid, 2014), modelleme tabanlı Tinkercad’in, öğrencilerin bilgi işlemsel düşünme yeteneğinin geliştirilmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu (Stylos ve Kotsis, 2021), 3D görselleştirmelerin, öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini geliştireceği (Saritaş ve Badavan, 2023), bu teknolojinin erişilebilirliği arttıkça eğitim ortamlarında daha sık kullanılacağı (Pregowska vd., 2021) yönünde sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar, bireylerin kendi tasarımlarını görselleştirerek üç boyutlu olarak oluşturmalarına olanak tanıyan 3D yazıcı teknolojisinin Eğitim 4.0 kavramının kavramsal çerçevesine uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, üç boyutlu görselleştirme ve modelleme gibi kavramların fen öğretiminde önemli bir rol oynadığı göz önüne alındığında, bu teknolojilerin oldukça değerli olduğu ifade edilebilir.

Karma Gerçeklik Uygulamaları

Dijital araç ve uygulamaların günlük yaşamda daha geniş bir yer edinmesiyle birlikte, öğrencilerin öğrenme ihtiyaçları gün geçtikçe değişmekte ve bu ihtiyaçların etkin bir şekilde karşılanabilmesi için sürecin karma gerçeklik uygulamaları gibi yenilikçi teknolojilerle planlanması gerekmektedir. Anatomy 4D, AR Circuits 4D, 4D+, Zooburst, HP Reveal, AWE (BuildAR), ARToolkit, SchuLAR, Quiver-3D, Octaland 4D+, Layar, Animal 4D+, Augment 3D, RappChemistry AR, iSolarSystem AR, Space 4D+, AR Bilim Kartları, İXRLabs, Google Cardboard, VRSE, Orbulus VR, Star Chart VR, Jurassic VR gibi uygulamalar eğitimde kullanılabilir. Karma gerçeklik uygulamaları, birçok disiplinde yaygın bir kullanım alanı bulmuş olup, fen eğitiminde özellikle materyallerin duyuşal deneyime daha fazla olanak tanınmasını sağlayarak öğrenme deneyimini zenginleştirmekte ve sıkça tercih edilmektedir. Öğrenciler, "Space 4D+" uygulaması ile Güneş Sistemi'ni, “Star Chart” ve “SkyView” ile takım yıldızlarını, “AR Anatomy 4D+” ile insan vücudunu, organ ve yapıları, “Google Expedition” ile farklı hücre tiplerini, “Elements 4D” ile elementlerin sembollerini, atom ağırlıklarını, oluşturdukları bileşiklerini, “ARMolvis” ile günlük hayatta kullanılan kimyasalların üç boyutlu kimyasal yapısını, “Mirage Molecular Geometry” kimyasal bağları, moleküller arası etkileşimleri, “AR Circuits Physics” ile elektrik devrelerini detaylı bir şekilde üç boyutlu olarak keşfetme imkânı bulurlar. Literatürde, doğrudan gözlem ve inceleme imkânını olmayan soyut fen konularının öğretimi için uygun olduğu, laboratuvar araç

gereçlerinin etkili bir şekilde kullanımı konusunda öğrencilere deneyim kazandırarak potansiyel öğrenci kaygısını azalttığı, deneylerin daha anlaşılır bir hale gelmesini sağladığı (Grodotski vd., 2018), öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin geliştirilmesinde etkili olduğu (Papakostas vd., 2021), öğrencileri bilim ile ilgilenmeye teşvik ettiği, başarıyı arttırdığı (Ferdinand vd., 2023), öğrencilerin zor bulduğu konuların anlaşılmasını sağladığı, daha iyi öğrenme motivasyonu sağladığı (Aliyu ve Talib, 2020) görülmüştür. Birçok potansiyel uygulaması göz önüne alındığında karma gerçeklik teknolojisi ile öğrenciler, ulaşamayacakları kavramlara zenginleştirilmiş sanal bir deneyimle erişme ve konuları eğlenceli bir şekilde öğrenme imkânına sahip olurlar. Bu bağlamda, fen derslerini yenilikçi bir şekilde işleme fırsatı tanıyan karma gerçeklik teknolojileri, yeni nesil eğitimde (Eğitim 4.0'da) önem arz etmektedir.

Simülasyon Teknolojileri ve Sanal Laboratuvar Uygulamaları

Teknolojinin eğitim ve öğretim süreçlerine entegrasyonu, özellikle maliyetli, riskli ve ulaşılması güç olan deneylerin sanal laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilebilmesine olanak tanımıştır. Sanal laboratuvarlardaki deneyler, gerçek laboratuvar deneylerine oldukça benzemekte olup, öğrencilere, adeta bir laboratuvar ortamında bulunuyormuş gibi deney görevini yerine getirme ve ilgili parametreleri inceleme fırsatı sunar. Bu süreçte, uygulamada kullanılan video, şekil, grafik, ses ve metin dosyaları, öğrencilere deney konusunu anlama sürecinde destek sağlar. Eğitim alanında PhET Colorado, Labster Virtual Lab, Third Space, Edison 5, Chemlab, LiveChem, EdisonLab, Physion, Crocodile Physics 401, Virtual Labs ve CloudLabs STEM gibi sanal laboratuvar uygulamaları; Algodoo, Yenka, CircuitLab ve Avogadro gibi simülasyon araçları; Easytoon, Pencil 2D, EdHeads, Pivot, K-Sketch, Powtoon, Moovly, Scratch, Slowmation, Claymation, Chemsense ve Tupitube gibi animasyon araçları kullanılabilir. Phet Colorado sanal laboratuvarında öğrenciler, ampul parlaklığını değiştiren etkenleri, farklı materyallerin iletkenlik özelliklerini, iletkenin direncinin belirlenen değişkenlere bağlı olarak nasıl değiştiğini, akım-gerilim ilişkisini inceleyebilirler. Aynı zamanda, proton, nötron ve elektron kavramlarını gözlemleyerek atom modeli oluşturabilirler ve enerjinin korunumunu, sürtünme kuvvetinin enerji dönüşümü üzerindeki etkilerini keşfederler. Öğrenciler, "VCell" uygulaması aracılığıyla hücrenin yapısı ve organelleri, "The Circuit Construction Kit" ile sanal devreleri, "Algodoo" ile fizik konularını, Concord Consortium" ile hava kirliliği, besin zinciri ve madde döngülerini keşfederler. Literatürde bazı bilimsel deneylerin uygulanmasından kaynaklanabilecek riskler, donanım eksikliği ve laboratuvar malzemelerinin yüksek maliyeti nedeniyle sanal laboratuvarların kullanılması gerektiği (Alebovs, 2021), kullanıcı deneyimleri sırasında heyecan verici ve eğlenceli bir öğrenme ortamı olarak algılandığı, öğrencilerin derse olan ilgisini artırdığı (Aljuhani vd., 2018), öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiği (Yakob vd., 2023), soyut fen konularının somutlaştırılmasını sağlayarak öğrencilerin anlamlı öğrenmelerine katkı sağladığı, akademik başarılarını arttırdığı (Yan vd., 2023) görülmüştür. Bu çalışmalar bağlamında, laboratuvarın yetersiz olduğu durumlar için uygulama kolaylığı sağlayan, uzun süren deneyler için zaman yetersizliğini ortadan kaldıran ve öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına göre deneme yapma imkânı sunan sanal öğrenme ortamları, Eğitim 4.0 için oldukça önemlidir.

Bulut Bilişim Teknolojileri

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, bilgisayar, tablet, telefon gibi akıllı cihazlarda artan veri birikimi gerekçesiyle geliştirilen bulut bilişim teknolojileri, okullarda da sıkça tercih edilmektedir. İnternet aracılığıyla e-posta gönderme, eğitsel videolar izleme, müzik dinleme, online platformlarda eğitsel oyunlar oynama, verileri depolama ve paylaşma gibi çeşitli hizmetler, bu teknolojilerle sağlanmaktadır. Eğitim alanında, Google Drive, Microsoft OneDrive, Yandex Disk, Google Drive, Zoho ve Dropbox gibi uygulamalarla öğretmenler

kendi sınıf arşivlerini oluşturabilir, ders materyallerini paylaşılabilirler. Google Docs, Microsoft Word, Google Sheets ve Microsoft Excel gibi tablo oluşturma uygulamaları ile öğretmenler kolayca sınıf yoklamasını alabilir, öğrencilerin kişisel bilgilerini toplayabilir, belli bir konuda ortak bir rapor hazırlayabilirler. Fen eğitiminde, dersin oyunlaştırılması amacıyla skor tabloları oluşturulabilir ve süreç değerlendirmesi için etkili bir şekilde kullanılabilir. Prezi, Slideshare, Issuu, Google Slides ve Microsoft PowerPoint gibi sunu oluşturma uygulamalarıyla öğretmenler ders içeriğine yönelik sunu hazırlayabilir, öğrenciler deney gözlemlerini sunu formatında oluşturabilirler. Google Forms ve Microsoft Forms gibi form hazırlama uygulamaları, öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerini belirlemek amacıyla test oluşturma, ders öncesi öğrencilerin beklentilerini belirleme, ihtiyaç analizi yapma ve ders sonrasında verilen eğitimle ilgili öğrenci görüşlerini toplama amacıyla kullanılabilir. Jamboard ve Miro gibi çevrimiçi beyaz tahta araçları, öğrenme ortamlarını etkili kılmak amacıyla materyal olarak kullanılabilir. Zoom, Skype, Google Hangouts, Webex, Google Meet, Microsoft Teams, OctaPull, GoTo Meeting, Cisco, Whereby, Adobe Connect, BigBlue Button ve Apache Open Meetings gibi video konferans araçları eğitim alanında etkili bir şekilde kullanılabilir. Literatürde video konferans araçlarının uzaktan eğitim sürecinde materyal paylaşımı ve zaman tasarrufu sağladığı, maliyetleri azalttığı ve derslerin sanal ortama taşınmasına olanak sağladığı (Gaolyan vd., 2022), eşzamansız çevrimiçi araçların derslerde etkileşimi arttırdığı, interaktif ortam ile derslerin daha eğlenceli geçtiği (Mukan ve Lavrysh, 2020), Zoom'un çevrimiçi derslerde proje sunumları için etkili olduğu (Quezada vd., 2020) görülmüştür. Bulut bilişim, öğrenci ve öğretmenlere etkileşim, iletişim, geribildirim, işbirliği ve paylaşım ortamı sunmaktadır. Aynı zamanda, teori ile uygulamayı bütünleştirerek Eğitim 4.0 kapsamında nitelikte öğrenme deneyimi sağlamaktadır.

Dijital Değerlendirme Araçları

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte eğitimde kullanımı yaygınlaşan dijital değerlendirme araçları, öğrencilerin hedeflere ne ölçüde ulaştığını belirlemek amacıyla etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araçlar, öğrencilere bilgisayar, tablet, cep telefonu gibi elektronik cihazlar aracılığıyla sunulan sorulara yanıt verme fırsatı sunmaktadır. Eğitim alanında dijital sınavların oluşturulması ve değerlendirilmesine yönelik kullanılan araçlar arasında, Kahoot, Wordwall, Learning Apps, Google Forms, Socrative.com, Flipquiz, Triventy, Quizlet, Plickers, Padlet, Classkick, Nearpod ve Quizizz gibi uygulamalar bulunmaktadır. Bu tür oyun tabanlı biçimlendirici değerlendirme araçlarının etkili bir şekilde uygulanabilmesi için eğitim alanında giderek daha fazla kullanılması gerekmektedir. Örneğin, "Google Form" kullanımı ile öğrenci puanları kolayca hesaplanabilir, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde karşılaştıkları zorluklar daha hızlı bir şekilde belirlenerek destek eğitim programları planlanabilir. Literatürde Kahoot'un öğrenci motivasyonunu arttırdığı, öğrencilerin kavramsal anlayışını geliştirdiği (Janković vd., 2023), uzaktan eğitim sürecinde, öğrencilerin akademik başarılarını artırmada ve aktif katılımlarını teşvik etmede önemli bir rol oynadığı (Mdlalose vd., 2022), öğretmen ve öğrencilerin Google Form dijital değerlendirme aracını eğlenceli, ilgi çekici, öğretici, ve kullanışlı buldukları (Janković ve Lambić, 2022) görülmüştür. Eğitim 4.0 ortamlarında, öğrencilerin akademik başarılarını ve motivasyonlarını artırmaya yönelik etkileşimli ve oyun tabanlı bir öğrenme platformu olan dijital değerlendirme araçları, pedagojik yeniliği teşvik etmek amacıyla kullanılabilir.

Eğitsel Maker Teknolojileri

Günümüzde, öğrencileri üretken olmaya yönlendiren eğitsel kitler, yenilikçi ürünlerin oluşturulmasına olanak tanımakla birlikte, öğrencilerin tasarım becerilerini geliştirmekte etkili bir rol oynamaktadır. Eğitsel kitler, öğrencilere algoritmadan ileri düzey becerilere kadar geniş yelpazede bir pedagojik platform sunar. Öğrenciler, bu kitler ile yüzlerce proje

tasarlayabilir ve doyumsuz öğrenme deneyimleri yaşayabilirler. Aynı zamanda, öğrenciler, günlük yaşam bilgilerini teknolojiyle nasıl entegre edebileceklerini keşfetme imkânı bulurlar. Eğitim alanında Çıt Çıt Devre Kiti, Güneş Takip Sistemi, OttoRobot, Deprem Alarmı, Dijital Osiloskop, Tesla Bobini Kiti, Kağıttan Devreler, Robot Kol Kiti, Spin Art, Rüzgar Türbini Kiti, Hoverboard, Yüzük Oyunu Kiti, Otomatik Sulama Kiti, Makey Makey Kiti gibi kitler kullanılabilir. Literatürde Çıt Çıt Devreler gibi eğitici kitlerin kullanımı önerilmekte, bu tür teknolojilerin öğrencilerin ilgisini çekmeyi başardığı, farklı ilgi alanlarına sahip öğrencilerin eğitim faaliyetlerine katılmaya motive ettiği (Villa vd., 2018), öğrencilerin bu gibi eğitici kitler aracılığıyla tasarım, test etme ve hata ayıklama kavramlarıyla tanıştırılabileceği, düşük maliyetli araçlar ile elektronik kavramların temelini oluşturulabileceği (Nair, 2021), makey makey kitinin ders sürecinde kullanılmasının öğrencilerin yaratıcılığını arttırdığı (Kalogiannakis vd., 2021) yönünde sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar bağlamında, öğretimi eğlenceli kılan ve öğrencilere fikir üretme yeteneği kazandıran, yaparak öğrenmeyi teşvik eden maker teknolojileri önemli Eğitim 4.0 araçları olarak öne çıkmaktadır.

Etkileşimli Kitaplar ve Karekod Teknolojileri

Etkileşimli elektronik kitaplar (e-kitaplar), geleneksel basılı kitap formatının ses, video gibi çeşitli multimedya unsurlarıyla zenginleştirilmesi ve akıllı cihazlarda erişilebilir hale getirilmesi sonucunda ortaya çıkan elektronik dokümanlardır. Bu e-kitaplar, özellikle tablet veya mobil cihazlar (akıllı cihazlar) ile uyumlu bir şekilde tasarlanmaktadır. Ayrıca, bu interaktif kitaplara QR kod (Quick Response Codes) entegre edilerek yüksek veri depolama kapasitesi, hızlı tarama ve çok yönlü okunabilirlik gibi bir dizi avantaj sağlanmaktadır. Literatürde geleneksel ders kitaplarına QR kod entegre etmenin fiziksel dünya ile sanal dünya arasında bir köprü işlevi görerek, öğrencilere etkileşimli ve derinlemesine öğrenme deneyimi sunduğu (Miorandi vd., 2012), dijital materyallerle hızlı ve zahmetsiz erişim sağlayan QR kodların eğitimde kullanılmasının önerildiği, ayrıca tasarlanan materyallerde tamamlayıcı görsel, işitsel veya yazılı bilgiler sunarak hazırlanan materyali zenginleştirdiği (Thorne, 2016) yönünde sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur. Kolaylıkla oluşturulup kullanılabilen QR kodlar, nesnelere çevrim içi hale getirerek Eğitim 4.0'ın önemli bileşeni haline gelmektedir.

Öğrenme Yönetim Sistemleri

Eğitim alanındaki teknolojik ilerlemelere paralel olarak geliştirilen öğrenme yönetim sistemleri, kaynak paylaşımı, içerik aktarma, duyuru iletimi, çevrimiçi ödev yapma, notlandırma, hızlı geri bildirim sağlama gibi eğitim hedeflerine hizmet ederek öğrenme faaliyetlerini kolaylaştırır ve daha sistemli, planlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Bu bağlamda eğitim alanında, Moodle, Adobe Captivate Prime, Angel, Sakai, CanvasEnocta, Academic LMS, Edmodo, Blackboard, ATutor, Google Classroom, eFront, Bodington, Maestra, Open LMS, Base LMS, Vedubox, ALMS, Atutor LMS, SmartClass ve Schoology gibi öğrenme yönetim sistemleri kullanılabilir. Literatürde öğrenme yönetim sistemlerinin, öğretmen ve öğrenciler arasındaki çevrimiçi etkileşimi kolaylaştırdığı (Badaru ve Adu, 2022), öğrencilerin Google Classroom'u kullanmaya yönelik olumlu tutumlar gösterdiği, kullanılan öğrenme yönetim sisteminin ders başarısına katkı sağladığı, motivasyonu arttırdığı (Roqobih vd., 2019) yönünde sonuçlara sahip çalışmalar mevcuttur. Covid-19 ile birlikte önemli bir öğrenme merkezi haline gelen Öğrenme Yönetim Sistemleri'nin eğitimdeki kullanımının artması, Eğitim 4.0 kapsamında etkin bir biçimde kullanılabilceğini göstermektedir.

Yapay Zeka Uygulamaları

Eğitim alanında yaşanan değişimler, öğrenme ortamlarının çağın gereksinimlerine uygun bir şekilde düzenlenmesini gerektirmektedir. Eğitimde akıl yürütme, problem çözme, çıkarım yapma gibi insana benzer davranışların bilgisayar tarafından taklit edildiği yapay zekâ

destekli çalışmalar giderek yaygınlaşmakta ve bu teknolojinin eğitim sürecinde etkili bir biçimde nasıl kullanılabilmesine yönelik ilgi artmaktadır. Eğitim alanında Google Assistant, Teachable Machine, PoseNet, Experiments with Google, DeepDreamGenerator, CTI, Cortana, ChatGPT, SuperSaas, Hubert, Quick Draw, AIY Project gibi yapay zeka uygulamaları ve Asimo, Sophia, Atlas, Amazon Alexa ve Google Home gibi sohbet robotları kullanılabilir. Öğrenme sürecinde, "Gradescope" yapay zeka uygulaması, sisteme yüklenen ödevleri kategorize ederek not olarak değerlendirilmesini sağlar, "Hubert" öğrencilerle birebir yazılı görüşmeler yaparak öğretmeye destek olur, "SuperSaas" okulun derslerini ve etkinliklerini programlar, "Google News" haber kaynaklarını sürekli kontrol eder ve ilgiye göre haberleri ayıklar, "Quick Draw" nesnenin ismine göre yapılan çizimleri değerlendirir, "Google Görseller" yüklenen resimleri analiz eder. Literatürde kişileştirilmiş öğrenme, akıllı eğitmen, sohbet robotları gibi yapay zeka destekli eğitimin oldukça önemli olduğu, öğrenci performansını iyileştirdiği (Ciolacu vd., 2018), Fen öğretmenleri tarafından sınıfta yapay zeka kullanımının öğrencilerin özyeterlilik inancını artırdığı ve kullanım kolaylığı sağladığı (Darayseh, 2023), yapay zeka tabanlı öğrenmenin, öğrencilere etkileşimli ve canlı bir öğrenme ortamı sunarak onların özgürce keşfetmelerine ve bağımsız olarak öğrenmelerine olanak tanıdığı (Jin, 2019) görülmüştür. Bu bağlamda, geleceğin dijital dünyasında toplumların dinamiklerini şekillendirecek argümanlardan biri olarak görülen yapay zekâ Eğitim 4.0'ın kavramsal çerçevesini giderek daha etkili bir şekilde güçlendirecektir.

Araştırmanın Amacı

Bilim ve teknolojideki hızlı ilerlemeler, dijital dönüşüm yoluyla eğitimde köklü bir değişime yol açmış ve öğrenme materyallerinin dijitalleşmesine neden olmuştur. Eğitim 4.0, bu dönüşüm sürecinin bir yansıması olarak önemli bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmış ve öğrenci yetkinliklerini geliştirme potansiyeli nedeniyle uluslararası konferanslarda giderek artan bir ilgi görmüştür. Ancak, Eğitim 4.0'a ilişkin mevcut literatür genellikle kavramsal çerçeveye odaklanmakta ve bu araçlara yönelik öğrenci görüşlerini inceleyen çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır. Bu durum, Eğitim 4.0 araçlarının etkisini araştıran çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, ortaokul fen bilimleri dersi elektrik devreleri ünitesinde Eğitim 4.0 araçlarının kullanımına ilişkin öğrencilerin görüşlerini inceleyerek bu literatür boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır. Ayrıca elektrik devreleri konusu, mühendislik ve teknoloji uygulamalarıyla doğrudan ilgilidir ve hem soyut teorik ilkelerin hem de pratik problem çözme becerilerinin anlaşılmasını gerektirdiğinden öğrenciler için zorlayıcı olabilir. Etkileşimli simülasyonlar, yapay zeka odaklı öğrenme platformları ve artırılmış gerçeklik gibi Eğitim 4.0 ile ilişkili teknolojilerin bu tür soyut kavramları daha anlaşılır hale getireceği düşünülmektedir.

Bu çalışma Eğitim 4.0 araçlarının fen eğitiminde nasıl etkili bir şekilde kullanılabilmesine ve bu araçların pedagojik olarak nasıl entegre edilebileceğine dair içgörüler sunarak eğitimcilere ve politika yapıcılara değerli bilgiler sağlamayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında ayrıca Eğitim 4.0 araçlarının fen eğitiminde kullanımını değerlendirmek üzere, öğrencilerin görüşlerini almayı amaçlayan yarı yapılandırılmış bir görüşme formu geliştirilmiştir. Literatürde Eğitim 4.0 araçlarının fen eğitiminde kullanımını değerlendiren bu tür bir ölçeğin bulunmaması, bu araştırmanın alana katkısını daha da anlamlı kılmaktadır. Bu form, öğrencilerin Eğitim 4.0 ortamlarındaki deneyimlerine dair görüşlerini analiz etmek için bir araç sunarak mevcut bilgi eksikliğini gidermeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, Eğitim 4.0'ın sunduğu teknolojiler, öğrencilerin teorik bilgiyi pratik bağlamlarda uygulama yetkinliklerini artırarak onları teknoloji odaklı zorluklara daha iyi hazırlayacaktır. Bu çalışma, Eğitim 4.0'ın öğretim süreçlerine etkili entegrasyonuna yönelik öneriler sunarak, eğitim politikalarının güncellenmesi ve literatüre katkı sağlanması açısından da önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Eğitim 4.0'ın eğitim alanına getirdiği yeniliklere ilişkin kavramsal bir çerçeve çizerek olası etkilerini ele almak ve Fen Bilimleri dersi elektrik konulu ünitelerde Eğitim 4.0 araçlarının kullanılmasına yönelik öğrenci görüşlerini belirlemektir. Bu amaca ulaşmak için çalışma aşağıdaki araştırma sorusunu ele alacaktır:

•Fen Bilimleri dersi elektrik konulu ünitelerdeki etkinliklerin Eğitim 4.0 araçları ile gerçekleştirilmesine yönelik ortaokul öğrencilerinin görüşleri nelerdir?

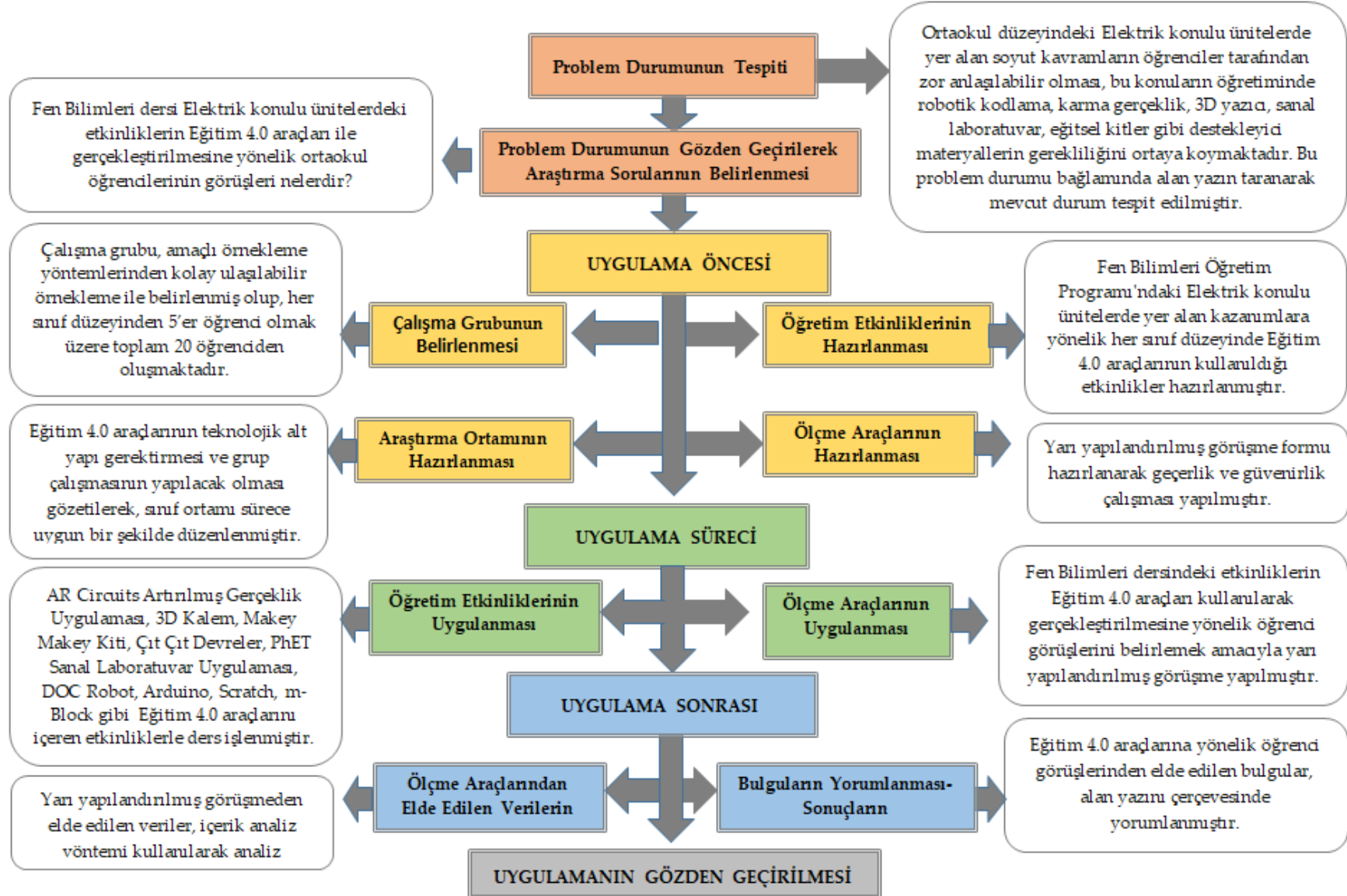
Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının ikinci döneminde Kocaeli ilinin Başiskele ilçesindeki bir ortaokulda öğrenim gören 5, 6, 7 ve 8. sınıf düzeyindeki toplam 20 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunun yalnızca tek bir okuldan seçilmesi ve sınırlı sayıda katılımcı içermesi, elde edilen bulguların daha geniş bir popülasyonu temsil etme gücünü kısıtlamaktadır. Bu durum, araştırmanın genellenebilirliğini sınırlandıran önemli bir faktördür. Eğitim 4.0 teknolojilerinin nispeten yeni olması, araç ve ekipman temininde yaşanan olası zorluklar, bu teknolojileri kullanmak için gerekli teknik becerilerin geliştirilmesindeki güçlükler ve araştırma sürecinde yeni teknolojilerin kullanımında rehberliğe duyulan ihtiyaç, araştırmanın daha geniş bir katılımcı grubuyla yapılmasını zorlaştırmıştır. Araştırmanın bir başka sınırlılığı, çalışmanın yalnızca MEB Fen Bilimleri Dersi Müfredatındaki 5, 6, 7 ve 8. sınıf "elektrik" konulu üniteleriyle sınırlandırılmış olmasıdır. Bu durum, farklı konu alanları ve sınıf düzeylerinin incelenmemesi nedeniyle bulguların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecekteki çalışmaların, daha geniş katılımcı grupları ve farklı konu alanlarını kapsamaları önerilmektedir.

Yöntem

Araştırma Modeli

Fen Bilimleri dersinin "Fiziksel Olaylar" öğrenme alanında yer alan "Elektrik" konulu ünitelerindeki kavramların soyut olması, ortaokul öğrencilerinin bu kavramları zihinlerinde yapılandırmada güçlük yaşamalarına sebep olmaktadır. Söz konusu bu kavramlar, günümüz teknolojisinin temelini oluşturmakta ve öğrencilerin bu kavramları anlamaları, özümsemeleri ve içselleştirmeleri oldukça önemlidir. Bu yüzden, öğrencilerin bu kavramları anlamaları için robotik kodlama, karma gerçeklik, sanal laboratuvar uygulamaları, eğitsel kitler, üç boyutlu yazıcılar gibi yenilikçi öğretim teknolojileri aracılığıyla öğrenmeleri gerekliliği, araştırmanın problem durumunu ortaya koymaktadır. Bu problem durumuna çözüm arayışıyla gerçekleştirilen araştırma, öğrenci ve öğretmen katılımını içeren nitel araştırma desenlerinden biri olan eylem araştırması olarak planlanmıştır. McNiff ve Lomax (2003)'e göre, eylem araştırmasında öğretmenler, kendi öğretim süreçlerini gözlemleyerek belirledikleri bir problemi ya da eylemi sistematik ve sıralı bir şekilde incelemektedirler. Bu bağlamda, literatürde "öğretmen araştırması" olarak adlandırılan eylem araştırması, öğretim ortamlarında karşılaşılan problemlerin iyileştirilmesinde kullanılacak en güçlü araştırma desenlerinden biri olarak görülmektedir. Araştırmacı, eylem araştırması sürecinde uygulamanın bir parçası haline gelir ve sınıf ortamında karşılaşılan problemleri belirleyerek veri toplama ve analiz etme süreçlerini yönetir. Bu şekilde, eylem araştırması, araştırmacının, uygulamanın içinde yer alarak öğretimin kalitesini artırmaya yönelik problemleri tanımlama ve çözüme süreçlerini etkin bir şekilde yönetmesine olanak tanır. Araştırma sürecine yönelik eylem planı Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Eylem araştırması kapsamında gerçekleştirilen işlemler

Şekil 5'te görüldüğü üzere, eylem araştırması kapsamında ilk aşama olarak, problem durumunun belirlenmesine yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Fen öğretiminde öğrenciler, özellikle elektrik gibi soyut kavramları somut olarak gözlemleyemediklerinde, bu kavramları zihinlerinde etkili bir şekilde yapılandırmakta zorlanabilecekleri belirlenmiştir. Bu durumun öğrenme sürecine aktif katılımlarını azaltabileceği, kavramları somut bir bağlamda gözlemleyemediklerinde öğrenme deneyimlerinden beklenen hazzı yaşayamayacakları için motivasyon kaybına yol açabileceği ortaya çıkmıştır. Belirlenen problem durumuna odaklanarak, araştırma soruları oluşturulmuş ve olumlu değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla bir eylem planı hazırlanmıştır. Eylem planı çerçevesinde, çalışma grubu belirlenmiş, araştırma ortamı düzenlenmiş, çeşitli yenilikçi teknolojiler aracılığıyla öğretim etkinlikleri planlanmış ve ölçme aracı geliştirilmiştir. Hazırlık aşamalarının tamamlanmasının ardından, Eğitim 4.0 araçları kullanılarak her sınıf düzeyindeki gruplarla etkinlikler gerçekleştirilmiş ve sonrasında öğrencilerden görüşleri alınmıştır. Uygulama sonrasında elde edilen veriler analiz edilmiş ve bulgular, literatür doğrultusunda yorumlanmıştır. Araştırma sürecinin son aşamasında, elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak eylem planı gözden geçirilmiş ve ilgili düzeltmeler yapılmıştır. Bu aşamalı ve sistematik sürecin araştırmanın bilimsel geçerliliğini ve güvenilirliğini arttıracığı düşünülmektedir.

Çalışma Grubu

Araştırma, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının güz döneminde Kocaeli ilinin Başiskele ilçesindeki bir devlet okulunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu, amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir durum örnekleme ile belirlenmiştir. Kolay ulaşılabilir durum örnekleme, araştırmacının yakın ve erişilebilir durumları seçmesiyle, araştırmaya hız ve pratiklik kazandıran amaçlı örnekleme yöntemlerinden biridir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu çalışmada, araştırmacıların ders etkinliklerini kendilerinin yürütmesi ve Eğitim 4.0 araçlarının teknik alt yapı ve rehberlik gerektirmesi nedeniyle, araştırmaya dâhil edilen okul kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Belirlenen okuldaki 5, 6, 7 ve 8. sınıflardan rastgele 5'er öğrenci seçilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerin sınıf düzeyi ve cinsiyetlerine göre dağılımları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma grubundaki öğrencilerin sınıf düzeyi ve cinsiyetlerine göre dağılımları

| | 5. sınıf | 6. sınıf | 7. sınıf | 8. sınıf | Toplam |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Kız | Ö7, Ö5, Ö16 | Ö1, Ö15 | Ö4, Ö18 | Ö14, Ö19 | 9 |
| Erkek | Ö9, Ö13 | Ö3, Ö6, Ö7 | Ö11, Ö12, Ö20 | Ö2, Ö8, Ö10 | 11 |
| Genel Toplam | | | | | 20 |

Tablo 1'de görüldüğü üzere, çalışma grubunu 5. sınıftan 3 Kız (Ö7, Ö5, Ö16), 2 Erkek (Ö9, Ö13); 6. sınıftan 2 Kız (Ö1, Ö15), 3 Erkek (Ö3, Ö6, Ö7); 7. sınıftan 2 Kız (Ö4, Ö18), 3 Erkek (Ö11, Ö12, Ö20) ve 8. sınıftan 2 Kız (Ö14, Ö19), 3 Erkek (Ö2, Ö8, Ö10) öğrenci olmak üzere toplamda 20 öğrenci oluşturmaktadır ve öğrencilerin yaşları 10 ile 14 arasında değişmektedir.

Veri Toplama Araçları

Fen öğretiminde Eğitim 4.0 araçlarının öğretim materyali olarak kullanılmasına ilişkin öğrenci görüşlerini belirlemek amacıyla, süreç sonunda yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler, katılımcıların zihinsel süreçlerini, duygu ve tutumlarını, ayrıca davranışlarını etkileyen faktörleri anlamak amacıyla açık uçlu sorular kullanılarak yapılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu çalışmada, görüşmelerin daha etkili ilerlemesi için öncesinde altı sorudan oluşan bir görüşme formu oluşturulmuştur. Formda, Eğitim 4.0 araçlarının sınıf ortamında öğretim materyali olarak kullanılmasının değerlendirilmesi, kullanılan teknolojilerin elektrik ile ilgili konuların öğretimine olan katkıları, bu öğretim

materyallerinin diğer fen konularında kullanımı ve bu araçları kullanırken yaşanan güçlükler dair sorular yer almaktadır. Ayrıca ek sorular (sondalar) hazırlanarak görüşme süreci esnek hale getirilmiş ve böylece öğrencilerin sorulan soruyu anlamamaları durumunda alternatif sorularla görüşme süreci devam ettirilmiştir. Sorular hazırlanırken, öğrencilerin kolaylıkla anlayabileceği açık ve anlaşılır ifadeler içermesine ve belirli bir cevaba yönlendirici olmamasına özen gösterilmiştir. Soruların geçerlik ve güvenilirliği için iki uzman görüşü alınmış, görüşme formunun kullanılacağı amaca ve örnekleme uygunluğuna dair öneriler alınarak form tekrar şekillendirilmiştir. Görüşme formu Ek 1’de sunulmuştur. Görüşmeler, öğrencilere kendilerini rahatça ifade edebilecekleri bir ortam sağlanarak sohbet tarzında yürütülmüştür. Araştırmacı, sorduğu soruların dönütleri dahilinde yer yer notlar almış, kaliteli veri sağlamak, görüşmenin akıcılığını sürdürmek ve not tutmanın yetersiz kalabileceği düşüncesiyle süreci ses kaydına almıştır.

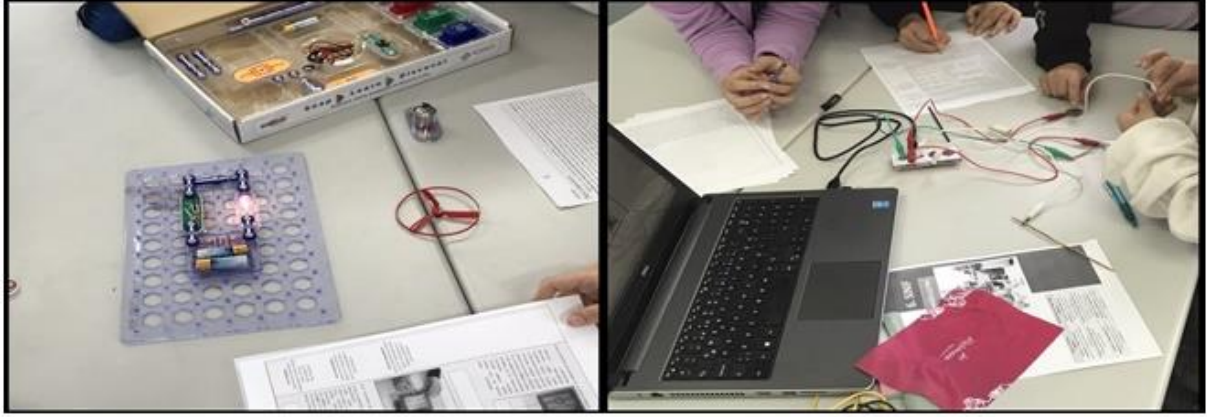
Uygulama Süreci ve Öğretim İçeriği

Araştırmanın veri toplama süreci, araştırmacılar tarafından Fen Bilimleri Öğretim Programı “Fiziksel Olaylar” öğrenme alanındaki elektrik konulu ünitelerde yer alan kazanımların Eğitim 4.0 araçlarıyla planlandığı etkinlikler çerçevesinde, toplamda 3 hafta (12 ders saati) süresince yürütülmüştür. Çalışma grubunda gerçekleştirilen etkinlikler, ayrıntılı bir biçimde Şekil 6’da sunulmuştur.

| GERÇEKLEŞTİRİLEN İŞLEMLER | | | | |
|---------------------------|---|---|---|--|
| 1. HAFTA | Araştırma sürecinde kullanılacak AR Circuits Artırılmış Gerçeklik Uygulaması, PhET Colorado Sanal Laboratuvar Uygulaması, Çıt Çıt Devreler ve Makey Makey Kiti, Arduino, Scratch ve m-Block kodlama araçları, 3D Yazıcı Kalem, DOC Robot gibi Eğitim 4.0 teknolojileri teknik açıdan öğrencilere tanıtılır. | | | |
| | <u>5. Sınıf</u> Çıt Çıt Devre Kiti ile Basit Bir Elektrik Devresi Kuralım | <u>6. Sınıf</u> Makey Makey Kiti ile İletkenler Piyanosu Yapalım | <u>7. Sınıf</u> Çıt Çıt Devre Kiti ile Basit Elektrik Devresi Kuralım | <u>8. Sınıf</u> Sanal Laboratuvar'da Elektriklenme Çeşitlerini Gözlemleyelim |
| 2. HAFTA | <u>5. Sınıf</u> Artırılmış Gerçeklik Kartları ile Üç Boyutlu Elektrik Devresi Oluşturalım | <u>6. Sınıf</u> Çıt Çıt Devreler ile İletkenin Kesit Alanı, Cinsi ve Uzunluğunun Ampul Parlaklığına Etkisini Bulalım | <u>7. Sınıf</u> Arduino ile Ampulleri Seri ve Paralel Bağlayalım | <u>8. Sınıf</u> Çıt Çıt Devre Kiti ile Elektrik Enerjisini Isı, Işık ve Hareket Enerjisine Dönüştürelim |
| | <u>5. Sınıf</u> Sanal Laboratuvar'da Elektrik Devresindeki Ampulün Parlaklığını Değiştirelim | <u>6. Sınıf</u> Wordwall ile İletken ve Yalıtkan Maddeler Oyununu Tasarlıyorum | <u>7. Sınıf</u> Sanal Laboratuvar'da Elektrik Devresine Ampermetre ve Voltmetre Bağlayarak Akım-Gerilim İlişkisini İnceleyelim | <u>8. Sınıf</u> DOC Robot ile Güç Santralleri Labirent Oyunum |
| 3. HAFTA | <u>5. Sınıf</u> DOC Robot ile Ampul Parlaklığı Labirent Oyunum | <u>6. Sınıf</u> 3D Yazıcı Kalem ile İletken ve Yalıtkan Dedektör Tasarlıyorum | <u>7. Sınıf</u> Artırılmış Gerçeklik ile Seri ve Paralel Bağlı Devre Oluşturalım | <u>8. Sınıf</u> 3D Kalem ile Elektrik Enerjisini Işık, Ses ve Hareket Enerjisine Dönüştüren Helikopter Tasarlıyorum |
| | Yarı yapılandırılmış görüşme ile öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarının Fen öğretiminde kullanılmasına ilişkin görüşleri alınır. | | | |

Şekil 6. Veri toplama sürecinde gerçekleştirilen etkinlikler

Veri toplama sürecinin ilk haftasında, Eğitim 4.0 araçlarının teknolojik beceri gerektirdiği göz önüne alınarak, çalışma grubuna, süreçte kullanılacak olan AR Circuits Artırılmış Gerçeklik Uygulaması, PhET Colorado Sanal Laboratuvar Uygulaması, Çıt Çıt Devreler ve Makey Makey Kiti, Arduino, Scratch ve Makeblock kodlama araçları, 3D Yazıcı Kalem, DOC Robot gibi Eğitim 4.0 teknolojileri hakkında teknik açıdan ön bilgilendirme yapılmıştır.



5. Sınıf

Çıt Çıt Devre Kiti ile
Basit Bir Elektrik Devresi Kuralım

6. Sınıf

Makey Makey Kiti ile
İletkenler Piyanosu Yapalım



7. Sınıf

Çıt Çıt Devre Kiti ile
Basit Elektrik Devresi Kuralım

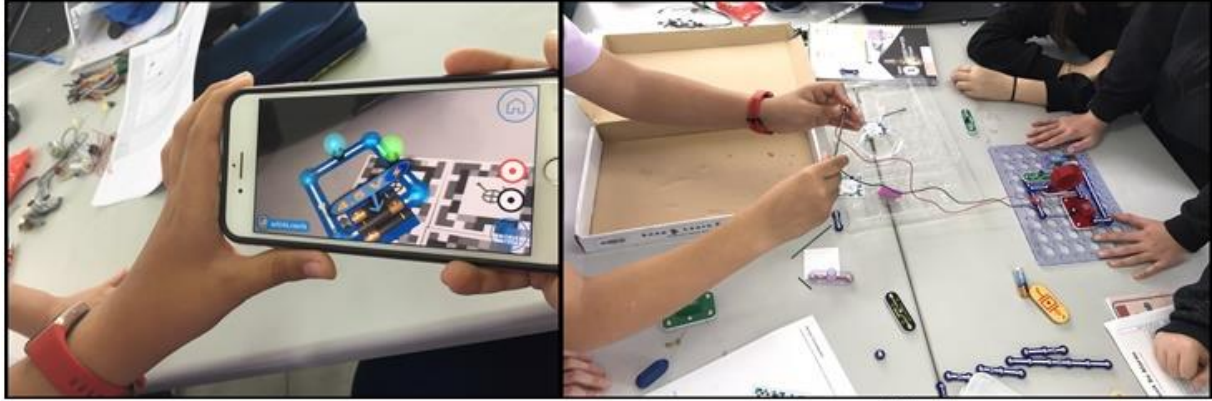
8. Sınıf

Sanal Laboratuvarında Elektriklenme
Çeşitlerini Gözlemleyelim

Şekil 7. Araştırmanın ilk haftasında gerçekleştirilen etkinlikler

Şekil 7’de görüldüğü üzere veri toplama sürecinin ilk haftasında, beşinci sınıf öğrencileri ile "Çıt Çıt Devre Kiti ile Basit Elektrik Devresi Kuralım" etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, çıt çıt bağlantı kabloları, LED ampul, anahtar ve pil kullanarak basit bir elektrik devresi kurmayı eğlenceli bir şekilde öğrenmişler ve anahtarı kapatıp LED ampulün ışık verip vermediğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca, ampul sayısını değiştirerek ampullerin parlaklığını gözleme fırsatı bulmuşlardır. Altıncı sınıf öğrencileri ile "Makey Makey Kiti ile İletkenler Piyanosu Yapalım" etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, hazırladıkları düzenekte nota sesinin çıkma durumuna göre eğlenceli bir şekilde iletken ve yalıtkan maddeleri tespit etmişlerdir. Ayrıca krokodil kablolardan birini ellerinde tutmadan ses gelmediğini, bu durumda elektrik devresinin tamamlanmadan akımın geçmediği sonucuna varmışlardır. İnsan vücudunun iletken madde olduğunu bizzat deneyimlemişlerdir. Yedinci sınıf öğrencileri ile "Çıt Çıt Devre Kiti ile Basit Bir Elektrik Devresi Kuralım" etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, hazırladıkları devrelerde ampullerin nasıl bağlanabileceği konusunda fikir sahibi olmuşlardır. Çıt çıt elektronik devre kitinin kurulumu kolay olduğu için, ampulleri farklı şekillerde bağlayarak hangi bağlama şeklinde ampullerin daha parlak yandığını deneme-yanılma yöntemiyle gözleme imkânı bulmuşlardır. Son olarak sekizinci sınıf öğrencileri ile "Sanal Laboratuvarında Elektriklenme Çeşitlerini Gözlemleyelim" etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, cisimler arasındaki elektriklenme olayını elektron boyutunda

görmüşlerdir. Aynı zamanda, elektroskobun yapısını, cisimlerin yükleri ile elektroskobun yaprakları arasında nasıl bir etkileşim gerçekleştiğini algılamışlardır. Bu etkinlik sayesinde öğrenciler, laboratuvar şartlarında zor gözlemlenebilecek bir durumu bizzat deneyimleyerek anlama fırsatı elde etmişlerdir.



5. Sınıf
Artırılmış Gerçeklik Kartları ile
Üç Boyutlu Elektrik Devresi Oluşturalım

6. Sınıf
Çıt Çıt Devreler ile İletkenin Kesit Alanı, Uzunluğu
ve Cinsinin Ampul Parlaklığına Etkisini Bulalım



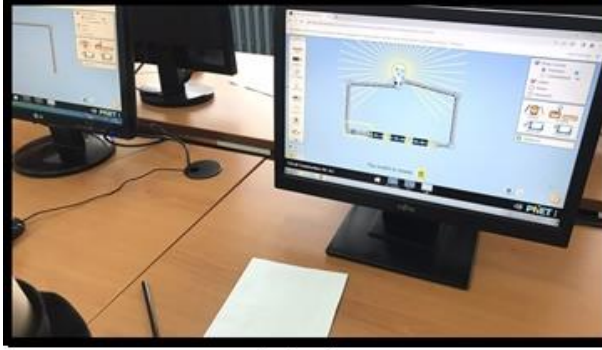
7. Sınıf
Arduino ile Ampulleri
Seri ve Paralel Bağlayalım

8. Sınıf
Çıt Çıt Devre Kiti ile Elektrik Enerjisini
Isı, Işık ve Hareket Enerjisine Dönüştürelim

Şekil 8. Araştırmanın ikinci haftasında gerçekleştirilen etkinlikler

Şekil 8’de görüldüğü üzere veri toplama sürecinin ikinci haftasının ilk dersinde, beşinci sınıf öğrencileriyle “Artırılmış Gerçeklik Kartları ile Üç Boyutlu Elektrik Devresi Oluşturalım” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, AR flash kartlarını kullanarak anahtar, pil, ampul ve bağlantı kablosundan oluşan basit bir elektrik devresi oluşturmuşlar ve mobil cihazlarıyla ampulün ışık verip vermediğini üç boyutlu olarak incelemişlerdir. Oluşturdukları üç boyutlu devrede ampulün ışık verdiğini gözlemlediklerinde şaşkınlık yaşamışlardır. Ayrıca devredeki pil ve ampul sayısını değiştirerek ampulün parlaklığını incelemişlerdir. Altıncı sınıf öğrencileriyle “Çıt Çıt Devreler ile İletkenin Kesit Alanı, Cinsi ve Uzunluğunun Ampul Parlaklığına Etkisini Bulalım” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, çıt çıt elektronik devre kitinde yer alan elemanları kullanarak test devresi oluşturmuşlardır. Ardından farklı kalınlık ve uzunluktaki kurşun kalem uçlarını test devresine yerleştirerek ampulün parlaklığını gözlemlemişlerdir. Bu sayede iletken telin boyunun, kalınlığının ve cinsinin ampulün parlaklığını nasıl etkilediğini görmüşlerdir. Yedinci sınıf öğrencileriyle “Arduino ile Ampulleri Seri ve Paralel Bağlayalım” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, breadboard üzerinde LED ampulleri kullanarak hem

seri hem de paralel bağlı devre oluşturmuşlardır. Oluşturdukları seri ve paralel bağlı devrelerdeki ampullerin parlaklığını karşılaştırarak incelemişlerdir. Arduino için kod yazma sürecine rehberlik edilmiştir. Son olarak sekizinci sınıf öğrencileriyle “Çıt Çıt Devre Kiti ile Elektrik Enerjisini Isı, Işık ve Hareket Enerjisine Dönüştürelim” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, pilden kaynaklı elektrik enerjisini ampulün ışık vermesiyle ışık enerjisine, pervanenin dönmesiyle hareket enerjisine, kapı zili projesiyle ses enerjisine dönüştüğünü keşfetmişlerdir. Ayrıca hayal güçlerine göre bu enerji dönüşümleri içeren başka projeler geliştirmişlerdir.



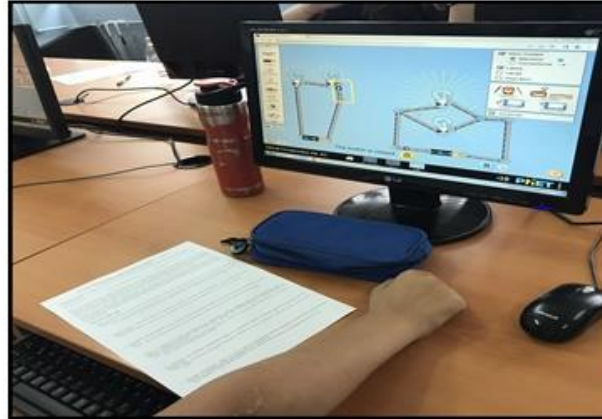
5. Sınıf

Sanal Laboratuvarında Elektrik Devresindeki Ampulün Parlaklığını Değiştirelim



6. Sınıf

Wordwall ile İletken ve Yalıtkan Maddeler Oyunumu Tasarlıyorum



7. Sınıf

Sanal Elektrik Devresine Ampermetre ve Voltmetre Bağlayarak Akım- Gerilim İlişkisini İnceleyelim



8. Sınıf

DOC Robot ile Güç Santralleri Labirent Oyunum

Şekil 9. Araştırmanın ikinci haftasında gerçekleştirilen etkinliklerin devamı

Veri toplama sürecinin ikinci haftasının devamında (Şekil 9), beşinci sınıf öğrencileriyle “Sanal Laboratuvarında Elektrik Devresindeki Ampulün Parlaklığını Değiştirelim” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, sanal laboratuvarında istedikleri sayıda ampul ve pil kullanarak ampulün parlaklığının nasıl değiştiğini gözlemleme imkânı bulmuşlardır. Altıncı sınıf öğrencileriyle “Wordwall ile İletken ve Yalıtkan Maddeler Oyunumu Tasarlıyorum” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, Wordwall web aracını kullanarak iletken ve yalıtkanlara yönelik kendi oyunlarını eğlenerek tasarlamışlardır. Yedinci sınıf öğrencileriyle “Sanal Laboratuvarında Elektrik Devresine Ampermetre ve Voltmetre Bağlayarak Akım-Gerilim İlişkisini İnceleyelim” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, sanal laboratuvar üzerinde bir devre kurmuşlar ve ardından ampermetre ve voltmetreyi devreye dâhil etmişlerdir. Ampermetre ve voltmetrenin yanlış bağlanması durumunda değer okunmamasını yorumlamışlardır. Bu sayede ampermetre ve voltmetrenin devreye seri mi

paralel mi bağlanması gerektiğini deneyimleyerek öğrenmişlerdir. Ayrıca öğrenciler, oluşturdukları devredeki pil sayısını değiştirerek ortaya çıkan akım ve gerilim arasındaki ilişkiyi gözlemleyip, bu verileri grafik haline getirmişlerdir. Bu sayede, sayısal verilerle Ohm Kanunu'na doğrudan gözlem yaparak ulaşmışlardır. Son olarak sekizinci sınıf öğrencileriyle “DOC Robot ile Güç Santralleri Labirent Oyunu” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, güç santrallerinde gerçekleşen enerji dönüşümlerini robotun üzerindeki yön tuşları aracılığıyla bilgisayarsız bir şekilde kodlama yaparak öğrenmişlerdir.

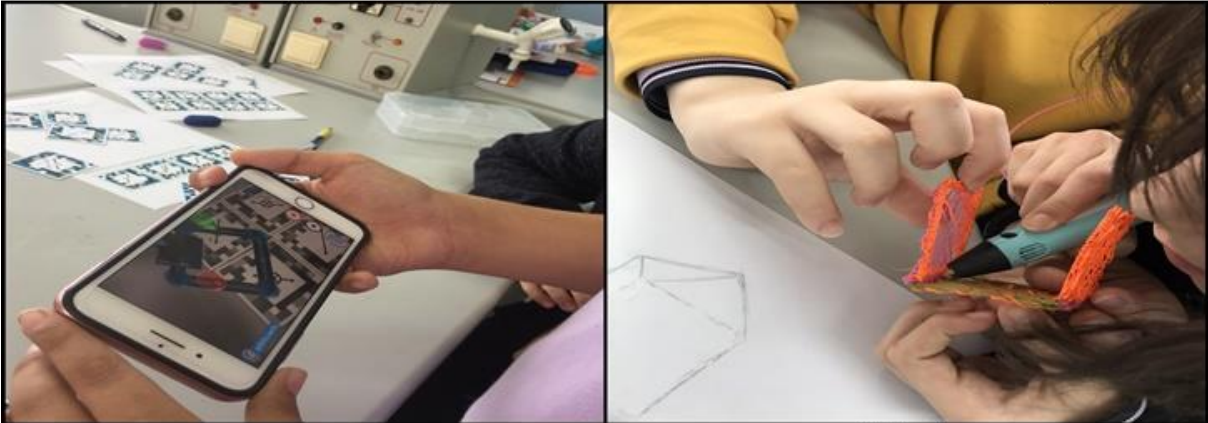


5. Sınıf

DOC Robot ile Ampul Parlaklığı Labirent Oyunu

6. Sınıf

3D Yazıcı Kalem ile İletken ve Yalıtkan Dedektör Tasarlıyorum



7. Sınıf

Artırılmış Gerçeklik ile Seri ve Paralel Bağlı Devre Oluşturalım

8. Sınıf

3D Kalem ile Elektrik Enerjisini Işık, Ses ve Hareket Enerjisine Dönüştüren Helikopter Tasarlıyorum

Şekil 10. Araştırmanın üçüncü haftasında gerçekleştirilen etkinlikler

Şekil 10’da görüldüğü üzere veri toplama sürecinin üçüncü haftasında, beşinci sınıf öğrencileriyle “DOC Robot ile Ampul Parlaklığı Labirent Oyunu” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, çok sayıda elektrik devresini içeren oyun matında, kartlardaki devrelerle ilgili sorular çerçevesinde robotu, üzerindeki yön tuşları aracılığıyla kodlama yaparak hareket ettirmişlerdir. Öğrencilere, bir devrede ampulün ışık verme durumları ve ampulün parlaklığını etkileyen değişkenleri pekiştirme fırsatı sunan bu etkileşimli deneyim, öğrencilerin elektrik devreleri konusundaki anlayışlarını güçlendirmiştir. Altıncı sınıf öğrencileriyle “3D Yazıcı Kalem ile İletken ve Yalıtkan Dedektör Tasarlıyorum” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, 3D kalem aracılığıyla kağıda çizdikleri projeleri hayata geçirme fırsatı bulmuşlardır. Basit bir elektrik devresi içeren düzenek hazırlayarak, 3D kalemle oluşturdukları çizimleri üç boyutlu olarak birleştirmişlerdir. Yedinci sınıf öğrencileriyle “Artırılmış Gerçeklik ile Seri ve Paralel Bağlı Devre Oluşturalım” etkinliği

gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler flash kartları kullanarak öncelikle seri ve paralel bağlı devreler oluşturmuşlardır. Ardından mobil cihazlarıyla bu devreyi üç boyutlu olarak incelemişlerdir. Üç boyutlu devrede ampullerin yerini değiştirerek parlaklıklarını gözlemlemişler ve seri-paralel bağlı devrelerin özelliklerini pekiştirmişlerdir. Son olarak sekizinci sınıf öğrencileriyle “3D Yazıcı Kalem ile Elektrik Enerjisini Işık, Ses ve Hareket Enerjisine Dönüştüren Helikopter Tasarlıyorum” etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, elektrik enerjisinin çeşitli enerji türlerine dönüşümlerini içeren bir devre oluşturmuşlar ve ardından hayal güçlerine göre çizimler yapıp bu çizimleri 3D kalem ile üç boyutlu hale getirmişlerdir. Araştırmacıların rehberliği eşliğinde gerçekleştirilen bu süreç, öğrencilerin yaratıcılıklarını kullanarak enerji dönüşümleri konusunda derinlemesine anlayış kazanmalarını sağlamıştır. Tüm etkinliklerde öğrencilere, verilen föylerdeki tabloları doldurmaları için görevler verilmiştir. Bu etkinlikler, öğrencilere elektrik devreleri konusunda teorik bilgileri uygulamaya dönüştürme ve deneyimleme fırsatı sağlamıştır. Ayrıca, her öğrenci grubu kendi yaş düzeyine uygun deneyimler yaşayarak konuyu daha iyi öğrenmiştir. Uygulama sürecinin son dersinde, Eğitim 4.0 araçlarına dair öğrenci görüşlerini değerlendirmek üzere yarı yapılandırılmış bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler, öğrencilerin uygulama sürecinde karşılaştıkları teknolojik araçlara dair deneyimlerini ve düşüncelerini ortaya çıkarmayı ve teknolojinin eğitimdeki rolünü daha geniş bir perspektiften anlamayı amaçlamaktadır.

Veri Analizi

Eğitim 4.0 araçlarının öğretim ortamlarında kullanılmasına ilişkin öğrenci görüşlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşme verileri, içerik analizi yöntemlerinden tematik kodlamaya göre çözümlenmiştir. İçerik analizi, incelenen olgu veya olayın temel unsurlarına odaklanan tümevarımcı bir analiz türüdür. Bu süreçte kodlama aracılığıyla verilerin altında yatan kavramlar ve bu kavramlar arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Bu bağlamda, gerçekleştirilen analiz sonucunda belirlenen kodlar, kategoriler ve temalar, detaylı bir şekilde Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Yarı yapılandırılmış görüşmeden elde edilen verilerin analizinde kullanılacak tema, kategori ve kodlar

| Tema | Kategori | Kod | Açıklama |
|-------------------|--|--|--|
| Öğretim Materyali | -Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımı | -Bilişsel boyut -Duyuşsal boyut -Davranışsal boyut | Eğitim 4.0 araçlarının sınıf ortamında kullanılmasının bilişsel boyut açısından konuyu kavrama, bilgilerin kalıcılığını sağlama, derse katılımı artırma ve üç boyutlu görselleştirme; duyuşsal boyut açısından derse karşı ilgi ve merak uyandırma, dersin eğlenceli ve heyecanlı geçmesini sağlama; davranışsal boyut açısından yeni teknolojileri kullanabilme ve kodlama yapabilme yetkinlikleri kazanma gibi etkileri değerlendirilmiştir. |
| | -Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusunda kullanımı | -Elektrik konusunu açıklayabilme - Elektrik konusunu açıklayamama | Fen Bilimleri dersinin Fiziksel Olaylar öğrenme alanında yer alan Elektrik ile ilgili ünitelerde, Eğitim 4.0 araçlarının kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. |
| | -Eğitim 4.0 araçlarının Fen dersinin diğer konularında kullanımı | -Dünya ve Evren -Canlılar ve Yaşam -Fiziksel Olaylar -Madde ve Doğası | Eğitim 4.0 araçlarının Fen Bilimleri Öğretim Programındaki öğrenme alanlarında bulunan konularda kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. |
| | -Eğitim 4.0 araçlarıyla araştırma öncesinde karşılaşılması | -Karşılaştım -Karşılaşmadım | Araştırma öncesinde öğrencilerin herhangi bir Eğitim 4.0 aracıyla karşılaşma ve bu teknolojileri aşına olma durumları değerlendirilmiştir. |
| | -Eğitim 4.0 araçlarına ilişkin deneyimlerin günlük hayatta kullanımı | -Teknoloji kullanma becerilerin kazanılması -Kariyer belirleme | Eğitim 4.0 araçlarıyla yaşanan deneyimlerin, öğrencilerin günlük yaşamlarındaki olası etkileri değerlendirilmiştir. |
| Teknik Materyal | -Eğitim 4.0 araçlarının teknik açıdan kullanımı | -Kullanım kolaylığı -Kullanım zorluğu | Eğitim 4.0 araçlarının kullanımı sırasında elde edilen deneyimlere dayanarak, bu teknolojiler teknik açıdan değerlendirilmiştir. |

Yarı yapılandırılmış görüşme verilerinin içerik analizi süreci, ses kaydına alınan görüşmelerin dinlenerek kelimesi kelimesine aynı olacak şekilde yazılı hale getirilmesiyle başlamıştır. Veriler, etkin bir şekilde tekrar tekrar incelenmiş ve bu süreçte veri setinin tüm boyutlarına aşına olunmaya çalışılmıştır. Cümleler, ifade ettikleri anlamlara göre tek tek incelenip kodlar oluşturulmuş, örneklem sayısı az olduğundan kodlamalar kağıt-kalemle yapılmıştır. Görüşme sorularının her biri için alınan cevaplardan türetilen kodlar, ilgili soru altında toplanmış ve bu kodlardan yola çıkılarak tutarlı kategoriler belirlenmiştir. Ardından bu kategoriler, genel düzeyde açıklamalar yapabilen daha geniş kapsamlı temalara dönüştürülmüştür. Görüşme verileri analiz edildiğinde (Tablo 2); Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımına yönelik bilişsel-duyuşsal-davranışsal boyut, elektrik konusundaki kavramları açıklayabilme-açıklayamama durumu, Fen dersinde "Dünya ve Evren", "Canlılar ve Yaşam", "Fiziksel Olaylar", "Madde ve Doğası" gibi öğrenme alanlarında kullanılması, öğrencilerin daha önceden bu araçlarla karşılaşmış karşılaşmama durumu, bu teknolojilerin kullanımının günlük hayata etkileri ve bu araçların kullanımının kolay veya zor olması şeklinde 15 adet kod oluşturulmuştur. Bu kodlar, Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımı, elektrik konusunda kullanımı, fen dersinin diğer konularında kullanımı, günlük hayatta kullanımı, teknik açıdan kullanımı ve Eğitim 4.0 araçlarıyla önceden karşılaşma durumu olmak üzere altı kategori altında toplanmıştır. Bu altı kategori kendi içerisinde değerlendirilmiş ve "Öğretim materyali" ve "Teknik materyal" şeklinde geniş kapsamlı iki tema oluşturulmuştur. Araştırmacılar tarafından oluşturulan tema, kategori ve kodlara dair açıklamaların yer aldığı tablo, başka bir Fen Bilimleri Öğretmeni ile paylaşılarak verilerin kodlanması istenmiştir. İki bağımsız değerlendiricinin değerlendirmeleri arasındaki uyumu belirlemek amacıyla Cohen'in Kappa katsayısı hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında Cohen'in Kappa katsayısı .74 olarak bulunmuştur ($K=.74, p<.01$). Literatürde, kodlayıcılar arası güvenilirlik seviyesinin en az .60 veya .70 olması genel bir anlaşma olduğunu gösterdiği ve yeterli sayıldığı (Wood, 2007) dikkate alındığında, öğrenci görüşlerine dair yapılan puanlamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı ve önemli düzeyde uyum olduğu söylenebilir.

Bulgular

"Fen Bilimleri dersi elektrik konulu ünitelerdeki etkinliklerin Eğitim 4.0 araçları ile gerçekleştirilmesine yönelik ortaokul öğrencilerinin görüşleri nelerdir?" şeklinde belirlenen araştırma sorusu kapsamında, deneysel süreç sonunda gönüllülük esasına dayalı olarak seçilen 20 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görüşme verileri, yazılı hale getirildikten sonra içerik analizi yöntemi kullanılarak tematik kodlama şeklinde detaylı bir şekilde çözümlenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme sürecinde ilk soruda, Eğitim 4.0 araçlarının sınıf ortamında kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Öğrencilerin her bir soruya verdikleri cevaplar arasında tekrar eden ortak noktalar, detaylı bir analizle belirlenmiş ve bu ortak noktalar, belirli temalar altında kategorilere ve kodlara ayrılarak sistematik bir şekilde sınıflandırılmıştır. Öğrencilerin birinci soruya verdikleri yanıtlara ilişkin bulguların frekans ve yüzde dağılımı Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-------------------|--|-------------------|---|----|-----|
| Öğretim materyali | Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımı | Bilişsel boyut | Ö1, Ö5, Ö6, Ö7, Ö11, Ö14, Ö17, Ö18, Ö19 | 9 | 45 |
| | | Duyuşsal boyut | Ö3, Ö8, Ö9, Ö12, Ö15, Ö20 | 6 | 30 |
| | | Davranışsal boyut | Ö2, Ö4, Ö10, Ö13, Ö16 | 5 | 25 |
| Toplam | | | | 20 | 100 |

Tablo 3 incelendiğinde, Eğitim 4.0 araçlarının eğitsel kullanımına yönelik 9 öğrenci (%45) anlamayı kolaylaştırdığı, bilgilerin akılda kalıcılığını arttırdığı, derse aktif katılımı sağladığı gibi bilişsel boyut, 6 öğrenci (%30) derse karşı ilgi ve merakı arttırdığı, dersin daha eğlenceli ve heyecanlı geçmesini sağladığı gibi duyuşsal boyut, 5 öğrenci (%25) teknoloji kullanabilme ve kodlama yetkinliklerini arttırdığı gibi davranışsal boyut ile ilgili görüş bildirmiştir. Eğitim 4.0 araçlarıyla gerçekleştirilen etkinliklerin Fen konularını anlamayı kolaylaştırdığını, bu araçlar kullanıldığında öğrenilen bilgilerin akılda uzun süre kaldığını ve derse daha aktif katıldıklarını öğrenciler şöyle ifade etmişlerdir:

“Eğitim 4.0 araçlarının derste kullanılmasının bana göre katkıları çoktur. Bir çok Fen konusunu canlı bir şekilde gösterdiği için konuları anlamamızı kolaylaştırıyor (Ö7).”

“Eğitim 4.0 araçları ile her şeyi detaylı bir şekilde görüp inceledik, bu sayede öğrendiklerimiz daha iyi akılda kalacaktır (Ö11).”

“Eğitim 4.0 araçlarının Fen dersinde kullanılması bence çok iyi bir şey. Hatta bayağı iyi. Çünkü konuları görerek ve yaparak öğrendiğimiz için normalde derslerde pek aktif aktif olmayan arkadaşlarımızın bile bu etkinliklerde aktif olacağını düşünüyorum (Ö1).”

Eğitim 4.0 araçlarının derse karşı ilgi ve merakı arttırdığını, bu araçlarla dersin daha eğlenceli ve heyecanlı geçtiğini öğrenciler şu sözleriyle ifade etmişlerdir:

“Bu teknolojilerin kullanacağını ilk duyduğumda derste neler yapacağımızı çok merak ettim. İşleyeceğimiz konuda acaba bu teknolojileri nasıl kullanacaktık. Merakla öğretmenimi bekledim (Ö12).”

“Bence bu araçların Fen dersinde kullanılması gayet iyi olmuş. Çünkü dersi çok eğlenceli ve zevkli hale getiriyor (Ö3).”

Eğitim 4.0 araçlarının teknoloji kullanabilme ve kodlama yapabilme becerilerini arttırdığına ilişkin görüşünü bir öğrenci şöyle yansıtmıştır:

“Benim teknoloji ile aram çok iyi. Öğretmenimiz bu teknolojileri bize tanıttığında acaba bilgilerimi nasıl kullanabilirim diye düşündüm. Bazı teknolojileri ilk defa duydum ve nasıl kullanılabileceğini öğrendim, kodlama konusunda da yeni yeni şeyler öğrendim. İyi ki böyle bir deneyimimiz olmuş (Ö10).”

Öğrencilerin Eğitim 4.0’ı derste kullanmayı istedikleri, bu araçları dikkat çekici, eğlenceli ve faydalı buldukları, nesnelere üç boyutlu olarak doğrudan etkileşim kurduklarında daha etkili bir şekilde öğrendikleri ve soyut Fen konularını detaylıca inceleyebilmelerine olanak sağladığı için konuları daha iyi anlamalarına yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öte yandan, hiçbir öğrencinin Eğitim 4.0’ın eğitsel amaçlı kullanılmasına dair olumsuz bir görüş bildirmediği belirlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin bu teknolojilerin derste kullanılmasını olumlu bir şekilde değerlendirdiğini göstermektedir. Görüşmede sorulan ikinci soru Eğitim 4.0’ın elektrik konusunu açıklayıp açıklamadığını ortaya çıkarmaya yöneliktir. Öğrencilerin bu soru kapsamında verdikleri yanıtlar Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusunda kullanımına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-------------------|---|----------------------------------|---|----|-----|
| Öğretim materyali | Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusunda kullanımı | Elektirik konusunu açıklayabilme | Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20 | 20 | 100 |
| | | Elektirik konusunu açıklayamama | | 0 | 0 |
| Toplam | | | | 20 | 100 |

Tablo 4 incelendiğinde, öğrencilerin tamamı bu teknolojilerin elektrik konularını oldukça iyi açıkladığını belirtmişlerdir. Çıtçıt devreler ile kolayca devre kurabildiklerini, makey makey kiti ile rahatça iletken ve yalıtkan maddeleri belirlediklerini, arduino ve artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla seri ve paralel bağlı devreler kurabildiklerini, sanal laboratuvarında elektriklenme çeşitlerini, akım-gerilim arasındaki ilişkiyi kolayca görülebildiklerini, DOC robot ile öğrendiklerini pekiştirdiklerini dile getirmişlerdir. Bu konuda bazı öğrencilerin görüşleri ise şöyledir:

“Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusunda gerekli açıklamayı yaptığımı düşünüyorum. Örneğin çıt çıt devrelerle zorlanmadan basit bir elektrik devresi kurabildim, sanal laboratuvarında ampul ve pilin sayısını değiştirdim ve ampulün parlaklığının değiştiğini gözlemledim. Çok eğlenceliydi, keşke tüm derslerimiz bu şekilde olsa. Aaa bir de DOC robotu çok sevdim, tuşlarıyla kodlama yapmak çok zevkliydi (Ö16).”

“Kullandığımız Eğitim 4.0 araçları elektrik devreleri konusunda gerekli açıklamaları yapıyor çünkü bu araçlarla çok iyi devreler kurduk. Arduino etkinliğinde aynı sayıda ampul kullanmamıza rağmen seri ve paralel olarak bağladığımızda ampullerin parlaklığının farklı olduğuna arkadaşlarımla deneyerek ulaştım. Bu etkinlik bizi çok yordu ama seri ve paralel bağlı devreleri çok iyi bir şekilde öğrendik (Ö20).”

“Eğitim 4.0 araçları konuyu daha iyi anlayabilmemiz için bence çok gerekli. Enerji dönüşümlerini deneyerek ve gözlemleyerek yapmamız konuyu daha iyi anlamamızı sağladı. Elektriklenme çeşitlerini biliyordum ancak sanal laboratuvarında elektriklenme sırasındaki elektronların hareketini görünce daha iyi kavradım. Bu sebeple üzerinden zaman geçse bile unutmayacağımı düşünüyorum (Ö2).”

“Bence kullanmış olduğunuz Eğitim 4.0 araçları elektrik devreleri kurma konusunda ciddi çok yararlı oldu, çünkü Eğitim 4.0 araçları sayesinde hem eğlenerek hem de uygulayarak özellikle piyano etkinliğinde hangi maddelerin iletken hangi maddelerin yalıtkan olduğunu eğlenerek öğrendik ve insan vücudunun iletken olduğunu öğrendiğimde çok şaşırđım. Hatta hala şaşkıyım. Eğitim 4.0 araçları ile elektrik konusunu daha iyi anladığımı fark ettim (Ö6).”

Genel olarak, elektrik konusunun Eğitim 4.0 araçlarının sağlamış olduğu görsel öğeler ile daha etkili interaktif ve uygulamalı bir şekilde öğrenildiği görülmüştür. Öte yandan, hiçbir öğrencinin Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konularını açıklayamadığını belirten görüş sunmadığı belirlenmiştir. Görüşme sürecinde üçüncü soru, öğrencilerin fen dersinin diğer konularında Eğitim 4.0 araçlarının kullanılmasını önerip önermediklerine yöneliktir. Bu soru çerçevesinde öğrencilerin verdiği yanıtlara ilişkin bulguların frekans ve yüzde dağılımı Tablo 5'te ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 5. Eğitim 4.0 araçlarının fen dersinin diğer konularında kullanımına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-------------------|---|-------------------|-------------------------------------|----|-----|
| Öğretim materyali | Eğitim 4.0 araçlarının fen dersinin diğer konularında kullanımı | Dünya ve Evren | Ö3, Ö6, Ö8, Ö12, Ö13, Ö16, Ö19 | 7 | 35 |
| | | Canlılar ve Yaşam | Ö1, Ö5, Ö10, Ö7, Ö15, Ö17, Ö18, Ö20 | 7 | 35 |
| | | Fiziksel Olaylar | Ö2, Ö7, Ö9, Ö11 | 4 | 20 |
| | | Madde ve Doğası | Ö4, Ö14 | 2 | 10 |
| | | Toplam | | 20 | 100 |

Tablo 5 incelendiğinde, öğrencilerin tümü Eğitim 4.0 araçlarının fen dersinin diğer konularında kullanılabileceğine yönelik görüş bildirmişlerdir. Bu bağlamda, 7 öğrenci (%35) Dünya ve Evren öğrenme alanında (Güneş Sistemi ve Gezegenler, Dünya-güneş-Ay, Uzay

Teknolojisi, Mevsimler), 7 öğrenci (%35) Canlılar ve yaşam öğrenme alanında (Destek ve Hareket Sistemi, İnsan Vücudu, Organlar, Mitoz ve Mayoz Bölünme, Bitki ve Hayvan Hücreleri, Mikroskopik Canlılar), 4 öğrenci (%20) Fiziksel Olaylar öğrenme alanında (Basit Makineler, Kuvvet, Işık, Ses, Enerji, Hareket, Sürtünme Kuvveti, Basınç), 2 öğrenci (%10) Madde ve Doğası öğrenme alanında (Elementler ve Bileşikler) kullanılabileceğini dile getirmiştir. Bu konuda bazı öğrencilerin görüşleri şöyledir:

“Bence özellikle çok zorlandığım konu olan mitoz ve mayoz bölünmede kullanılabilir. Çünkü fen biraz soyut bir ders olduğu için bazı konuları kafamızda canlandırmakta zorlanıyoruz. Eğitim 4.0 araçlarıyla üç boyutlu şekilde bu konuları görüp inceleyebiliriz. Bu sayede daha iyi anlaşılır (Ö18).”

“Eğitim 4.0 araçları Fen dersinin Gezegenerler, Dünya-Güneş-Ay, Uzay Teknolojisi konularında kullanıldığında daha iyi anlayacağımı düşünüyorum. Örneğin Ay'ın evreleri konusunda scratch programı çok iyi iş görür (Ö13).”

“Atom altı parçacıkları yani elektron nötron protonu bu uygulamalarla görmek isterdim. Çünkü bu kavramları laboratuvarında görme imkânımız yok. Hatta elementleri tek tek bu uygulamalarla incelemek, mesela incelediğim elementlerden hangi bileşikler oluşuyor bunları kendim keşfetmek isterdim (Ö14).”

“Bence Kuvvet, Sürat gibi konularda kullanılabilir. Bu güzel uygulamalarla daha anlaşılır olabilir. Çünkü bu konular zor konular ve bu teknolojilerle daha iyi kavrayabileceğimi düşünüyorum (Ö7).”

Öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarının mitoz ve mayoz bölünme gibi soyut ve zorlayıcı konularda kullanılabileceğini, Ay'ın evreleri konusunda Scratch programının çok iyi bir iş çıkarabileceğini, laboratuvarında gözleme imkânı olmayan kavramların incelemesinde Eğitim 4.0 araçlarının bu eksikliği gidermeye yönelik bir potansiyele sahip olduğunu, öğrenme sürecini etkileşimli ve keşif odaklı bir deneyime dönüştürerek etkili bir öğrenme deneyimi sunabileceğini düşündükleri belirlenmiştir. Görüşmede dördüncü soru, öğrencilerin bu çalışmadan önce herhangi bir Eğitim 4.0 aracıyla karşılaşmış olup olmadığını belirlemeye yöneliktir. Bu bağlamda, öğrencilerin verdiği yanıtlara ilişkin bulguların frekans ve yüzde dağılımı Tablo 6'da detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Tablo 6. Eğitim 4.0 araçlarıyla araştırma öncesinde karşılaşılmasına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-------------------|---|---------------|---|----|-----|
| Öğretim materyali | Eğitim 4.0 araçlarıyla önceden karşılaşılmaması | Karşılaştım | Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20 | 20 | 100 |
| | | Karşılaşmadım | | 0 | 0 |
| Toplam | | | | 20 | 100 |

Tablo 6 incelendiğinde, öğrencilerin tamamı Eğitim 4.0 araçları kapsamındaki teknolojiler ile araştırma öncesinde karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Araştırma öncesinde bu teknolojilerle ilgili deneyimlerini öğrenciler şu sözleriyle açıklamışlardır:

“Mblok, scratch gibi blok kodlama uygulamalarını kullandım. Çocuk Üniversitesinde arduino eğitimi de aldım. Mobil cihazlara uygulama kodladım. Ayrıca teknofeste katıldım (Ö19).”

“Daha önce arttırılmış gerçeklik kullandım. Mesela bir şeyin üstüne tuttuğumuz da onu üç boyutlu yapıp çok ayrıntılı bir şekilde size gösteriyor. Bir de resim atölyesinde 3D kalem ile bir sürü şey tasarlamıştık (Ö9).”

“Daha önce DOC robot, çıt çıt devre görmüştüm. Robot kardeşime, çıt çıt devre ise bana hediye olarak alınmıştı. Ayrıca eski okulumda mBbot için kodlama yapmışım, çok kolay değil ama öğrendim. Hatta mBot’ı dans bile ettirmiştik (Ö7).”
 “Evet karşılaştım. Bilişim dersimizde Scratch’te kodlama yapmayı öğrenmiştik. Mesela Scratch uygulamasında futbol oyunu tasarlamışım, çok eğlenceliydi (Ö18).”

Öğrencilerin Eğitim 4.0 araçları kapsamında belirlenen teknolojilerden en az biriyle uygulama öncesinde karşılaştığı belirlenmiştir. Bu durum teknolojinin artık hayatımızda çok fazla yer edindiğini ve öğrencilerin bu araçlarla etkileşim halinde olduğunu göstermektedir. Görüşmede beşinci soru, Eğitim 4.0 araçları ile yaşanan deneyimlerin öğrencilerin günlük hayatlarında potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi amacını taşımaktadır. Bu çerçevede, öğrencilerin verdiği yanıtlara dair elde edilen bulgular, frekans ve yüzde dağılımı şeklinde Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Eğitim 4.0 ile deneyimlerin günlük hayatta kullanımına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-------------------|---|--|---|----|-----|
| Öğretim materyali | Eğitim 4.0 araçlarına ilişkin deneyimlerin günlük hayatta kullanımı | Teknoloji kullanma becerilerinin kazanılması | Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö10, Ö13, Ö15, Ö17, Ö20 | 11 | 55 |
| | Kariyer belirleme | Ö2, Ö6, Ö8, Ö11, Ö12, Ö14, Ö16, Ö18, Ö19 | 9 | 45 | |
| | | | Toplam | 20 | 100 |

Tablo 7 incelendiğinde, Eğitim 4.0 araçlarına ilişkin deneyimlerin günlük hayatta kullanımına yönelik 11 öğrenci (%55) teknoloji kullanma becerilerinin kazanılmasına yardımcı olduğunu, 9 öğrenci (%45) meslek seçiminde bu teknolojilerin etkisi olacağını belirtmiştir. Eğitim 4.0 araçlarına ilişkin deneyimlerin öğrencilerin teknolojiyi kullanma becerilerini arttıracak bazı öğrenciler şu şekilde belirtmiştir:

“Derste öğrendiğim bilgiler kodlama yapmama yardımcı olabilir. Mesela bir kodlama yarışmasına girdim diyelim, Eğitim 4.0 araçlarından öğrendiğim şeyleri uygulamam (Ö13).”

“Devre kurmayı, kodlamayı öğrendim. Günlük hayatta elektronik cihazları daha iyi kullanmamda hatta tamirinde yardımcı olabilir. Örneğin scratch’te kodlama yaptığımızda günlük hayatımda kullandığım akıllı cihazların yapısında bu tarz kodlama olduğunu fark ettim. Umarım ileride bende özel kodlar yazabilirim (Ö18).”

“Derste çok farklı teknolojilerin nasıl kullanıldığını öğrendim. Mesela çıtçıt devreleri hiç görmemişim, onunla devreler oluşturmak çok hoşuma gitti. Robotu kullanırken nasıl kodlama yapmam gerektiğini hatta algoritma oluşturmam gerektiğini öğrendim. Günlük hayatımda birçok yerde algoritma oluşturacağım (Ö10).”

Eğitim 4.0 araçlarına ilişkin deneyimlerin öğrencilerin gelecekte meslek seçimlerini etkileyeceğini öğrenciler şöyle ifade etmişlerdir:

“Eğitim 4.0 araçlarını aslında günlük hayatımızda her yerde kullanıyoruz. Her alanda 4.0 araçları var. Örneğin bu öğrendiklerimiz sayesinde ileride iş sahibi olabiliriz ve iyi bir kariyerimiz olur. Hatta bu etkinliklerden sonra teknoloji ile ilgili bir mesleğimin olmasını çok isterim (Ö4).”

“Eğitim 4.0 araçlarından mesela 3D yazıcı kalemle günlük hayatta istediğimiz bir şeyi üç boyutlu bir şekilde ortaya koyabiliriz. Bu teknoloji ile ilgili bir mesleğim olsun isterim. Burada öğrendiğim bilgileri kullanarak daha kolay, zorlanmadan 3D nesnelere”

tasarlayabilirim. Günlük hayatta karşılaştığımız sorunlara çözümler üretmemizi de sağlayabilir (Ö5).”

“İleride mimar olmak istediğim için 3D kaleme çok ilğim var, bu yüzden bunun ileride çok faydalı olabileceğini düşünüyorum. Çünkü 3D bir şekilde tasarımımın nasıl olduğunu görebileceğim (Ö7).”

“Günlük hayatımızda teknoloji çok fazla kullanılmaktadır. İleride sahip olacağımız neredeyse her meslekte yazılım, kodlama gibi teknolojiler kullanacaktır. Yani bizim erken yaşımızda Eğitim 4.0 araçlarını kullanmamız ileride bize çok fazla katkı sağlayacaktır (Ö1).”

Öğrencilerin, Eğitim 4.0 araçlarıyla edindikleri deneyimlerin, günlük hayatta teknoloji kullanma becerilerinin kazanılmasına önemli katkı sağladığına inandıkları ve ayrıca, bu deneyimlerin meslek seçim süreçlerinde etkili bir faktör olabileceğini düşündükleri belirlenmiştir. Görüşmede son soru ile öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarını kullanırken karşılaştıkları güçlüklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin verdiği yanıtlara dair elde edilen bulgular, frekans ve yüzde dağılımı şeklinde Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Eğitim 4.0 araçlarının teknik açıdan kullanımına ilişkin öğrenci görüşleri

| Tema | Kategori | Kod | Öğrenci | f | % |
|-----------------|--|--------------------|---|----|-----|
| Teknik Materyal | Eğitim 4.0 araçlarının teknik açıdan kullanımı | Kullanım kolaylığı | Ö14, Ö19 | 2 | 10 |
| | | Kullanım zorluğu | Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö20 | 18 | 90 |
| | | Toplam | | 20 | 100 |

Tablo 8 incelendiğinde, öğrencilerin büyük çoğunluğunun Eğitim 4.0 araçlarının kullanımını sırasında donanım ve yazılım gibi teknik konularda destek talep ettiği, teknolojik hassasiyetin oldukça önemli olduğu ve bu araçların etkili bir şekilde kullanılması için deneyimin gerekli olduğu belirlenmiştir. 18 öğrenci (%90) bu teknolojilerin kullanımını sırasında teknik açıdan destek istediğini, 2 öğrenci (%10) ise süreçte herhangi bir yardım istemediğini dile getirmiştir. Öğrenciler Eğitim 4.0 araçlarının kullanımını sırasında donanım ve yazılım gibi teknik konularda destek istediklerine, teknolojileri kullanırken oldukça dikkatli olmaları gerektiğine yönelik deneyimlerini şu şekilde belirtmişlerdir:

“Süreç gayet güzel ilerledi. Ama teknik bir destek olsa daha iyi olurdu. Daha fazla bilgi sahibi olmak Eğitim 4.0 araçlarını daha iyi kullanmamızı sağlar bence (Ö5).”

“Evet bir zorlukla karşılaştım, kodlarda ufacık bile hata yapsak ampul yanmıyordu bu yüzden Arduino’da zorlandık ancak öğretmenimizden aldığımız yardımlarla hallettik. Ayrıca çit çit devrelerde bir bağlantıda bile hata olduğunda devre çalışmıyordu, o yüzden çok dikkatli bir şekilde kullanmak gerekiyor (Ö18).”

“Robotun yön tuşlarını kodlarken biraz zorlandım. Çünkü ilk başlarda kullanmayı bilmediğim için zorlanıyordum ama kullana kullana kolaylaştı. Öğretmenimin bana güzel bir şekilde anlatmasıyla öğrendim. Zorlansak bile çok eğlendik, güzel geçti (Ö15)”

Eğitim 4.0 araçlarını kullanırken herhangi bir zorlukla karşılaşmadıklarını iki öğrenci şu sözleriyle dile getirmişlerdir:

“Ben herhangi bir sıkıntı yaşamadım. Babam biliyordu bana öğretmişti, bir de bilgisayarım olunca deneye deneye öğrendim (Ö14)”

“Öncesinde bu uygulamaları bildiğim için hiç zorlanmadım. Hatta zorlanan arkadaşlarıma da yardım ettim, böylece bilgilerimin daha kalıcı hale geldiğini düşünüyorum (Ö19).”

Genel olarak öğrenciler teknik destek sağlanması durumunda daha iyi bir deneyim elde edebileceklerini, bu teknolojilerin kullanımı sırasında küçük hataların sonuca ulaşmasını engellediği ancak öğretmenin rehberliği sayesinde bu sorunları çözebildiklerini, öğrencilerin başlangıçta zorlandıkları ancak zaman içinde kullanmayı öğrendikçe sürecin kolaylaştığını düşünmektedirler. Ayrıca Eğitim 4.0 araçları kullanımı sırasında herhangi bir sıkıntı yaşamayan öğrencilerin aile desteğiyle ya da aldıkları eğitim ile bu araçları etkili bir şekilde kullanmayı başardıkları görülmüştür.

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada, soyut fen konularının öğretiminde karşılaşılan zorluklara çözüm üretmek ve öğretim faaliyetlerinin kalitesini artırmak amacıyla, Eğitim 4.0 kavramının öğretim ortamlarındaki uygulanabilirliği incelenmiş ve derste teknoloji kullanımına yönelik öğrenci görüşlerini ortaya çıkaran bir eylem araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, araştırma sürecinde ortaokul düzeyinde çeşitli Eğitim 4.0 araçlarını içeren 16 etkinlik gerçekleştirilmiş ve etkinliklerin ardından öğrenci görüşlerini belirlemek için yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler ile öğrencilerin uygulama sürecinde kullanılan teknolojik araçlara yönelik deneyimleri ve düşüncelerinin anlaşılması amaçlanmıştır. Öğrencilere Eğitim 4.0 araçlarının öğretim ortamlarındaki kullanımı ve öğrenme süreçlerine etkileri hakkında sorular yöneltilmiş; elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Bu analizle, öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarının derslerdeki kullanımı ve teknolojinin eğitimdeki rolüne dair görüşlerinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Araştırma sonucunda, öğrencilerin Fen dersinde Eğitim 4.0 araçlarının kullanımının öğrenme sürecine önemli katkılar sağladığına yönelik olumlu görüşler ifade ettikleri belirlenmiştir. Öğrenciler, canlı gösterimlerin fen konularını daha anlaşılır hale getirdiğini, bu teknolojiler aracılığıyla öğrenilen bilgilerin daha kalıcı olduğunu ve soyut konuların detaylı bir şekilde incelenebildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, görsel uygulamaların konuların daha etkili bir şekilde öğrenilmesine yardımcı olduğu, laboratuvar ortamında gözlemlenmesi mümkün olmayan kavramların görselleştirilebildiği ve öğrenme sürecinin etkileşimli, keşif odaklı bir deneyime dönüştüğü vurgulanmıştır. Öğrenciler, Eğitim 4.0 araçlarının derslere olan ilgilerini artırdığını ve genellikle pasif kalan arkadaşlarının bile bu etkinlikler sırasında daha aktif rol oynadıklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte Eğitim 4.0 araçlarının öğrencilerde derse karşı olumlu bir ilgi ve merak uyandırdığı, ders deneyimini daha çekici ve etkileyici hale getirdiği, etkinlikler sırasında öğrencilerin mutlu oldukları ve heyecanlandıkları da belirlenmiştir. Bu bulgular, Eğitim 4.0 araçlarının fen eğitiminde öğrenme süreçlerini desteklemede ve öğrenci katılımını artırmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Alan yazında da benzer çalışmalar mevcuttur. Koray ve Bilgin (2023), fen öğretiminde Scratch tabanlı kodlama uygulamalarının, öğrencilerin BİD becerilerini ve blok tabanlı programlamaya yönelik öz-yeterlik algılarını anlamlı bir şekilde artırdığını, ayrıca öğrencilerin bu etkinliklere karşı olumlu tutum sergileyerek, etkinliklerin ardından ders süreciyle ilgili olumlu görüşler bildirdiklerini ortaya koymuştur. Kozcu Çakır ve Güven (2019) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, Arduino destekli robotik ve kodlama etkinlikleri 6. sınıf öğrencilerine fen öğretiminde uygulanmış ve öğrencilerin teknolojiye yönelik tutumlarının geliştirilmesi ile BİD becerilerinin artırılması hedeflenmiştir. Araştırmada, öğrencilerin etkinlikler hakkında olumlu geri bildirimlerde buldukları, etkinliklerin eğlenceli ve öğretici olduğunu, ayrıca etkinliklerin günlük yaşamla bağlantılı olduğunu ve teknoloji kullanımının önemini fark ettiklerini belirtmişlerdir. Yıldırım (2020)

ise, artırılmış gerçeklik (AG) tabanlı öğretim materyali (bilim kartları) ile yapılan fen öğretiminin, geleneksel yöntemlere göre öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını ve soyut konuları daha anlamlı öğrenmelerini sağladığını göstermiştir. Öğrenciler, AG uygulamalarının fen dersine olan ilgilerini artırdığını ve dersin daha eğlenceli hale geldiğini ifade etmiş, ayrıca AG tabanlı öğretimin motivasyonlarını yükselttiğini belirtmişlerdir. Son olarak, Seufert ve diğerleri (2021), öğretmenlerin teknolojiye yönelik bilgi, beceri, tutum ve görüşlerini ele aldıkları çalışmalarında, öğretmenler eğitime teknoloji entegrasyonunun gerekliliğini vurgulamışlardır.

Araştırmada öğrenciler, Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusu ile ilgili kavramları açıklamada oldukça başarılı olduğunu düşünmektedirler. Günümüzdeki teknolojik araçların iç mekanizması ve çalışma prensiplerinin anlaşılması için elektrik konusundaki kavramların öğrenilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, elektrik konularının öğretiminde Eğitim 4.0 araçları gibi yenilikçi teknolojilerin kullanılması, öğrencilerin ders sürecine etkili bir şekilde katılımlarını artırarak olumlu bir görüş geliştirmelerine katkıda bulunmuştur. Beşinci sınıf öğrencileri, “Elektrik Devre Elemanları” ünitesinde Çıtçıt Devreler Kiti, AG, Sanal Laboratuvar ve DOC Robot ile basit bir elektrik devresindeki elemanları tanıma, devredeki ampul ve pil sayısı değiştirildiğinde ampulün parlaklığının nasıl değiştiğini keşfetme; altıncı sınıf öğrencileri, “Elektriğin İletimi” ünitesinde Makey Makey Kiti, Çıtçıt Devreler Kiti, Wordwall Tasarım Aracı, 3D Yazıcı Kalem ile elektrik akımının iletiminde iletken telin önemini algılama, elektrik enerjisinin iletiminin hangi maddelerle sağlanacağını ve günlük yaşamda hangi amaçlar için kullanılacağını keşfetme, elektriksel direncin bağlı olduğu faktörleri öğrenme; yedinci sınıf öğrencileri, “Elektrik Devreleri” ünitesinde Arduino, Sanal Laboratuvar, Çıtçıt Devreler Kiti, AG ile seri ve paralel bağlama şeklinin ampul parlaklığını nasıl etkilediğini pratik bir şekilde gözlemlenme, süreçte edindikleri bilgileri kullanarak özgün aydınlatma sistemleri tasarlama; sekizinci sınıf öğrencileri, “Elektrik Yükleri ve Elektrik Enerjisi” ünitesinde Çıtçıt Devreler Kiti, Sanal Laboratuvar, 3D Yazıcı Kalem, DOC Robot ile elektrikleme çeşitlerini tanıma, topraklama olayını kavrama, elektrik enerjisinin başka enerji türlerine dönüşebileceğini görme imkânı bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen bulgular, etkileşimli ve eğlenceli Eğitim 4.0 araçlarını içeren etkinliklerin öğrenci görüşleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Elektrik konusuna yönelik teknoloji kullanımını içeren literatürdeki çalışmalar, benzer sonuçlara ulaşmıştır. Astra ve diğerleri (2023), basit elektrik devreleri konusunda dijital fen öğretim materyallerinin geliştirilmesini ve uygulanabilirliğini inceledikleri çalışmalarında, öğretmenlerin materyalin içeriğini, sunumunu oldukça uygun bulduklarını, öğrencilerin ise materyali "mükemmel" olarak değerlendirdiklerini belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada Büyükkol Köse ve Çetin (2024), QR kodlarla zenginleştirilmiş bir broşür kullanarak lise öğrencilerinin bilim merkezine yapılan saha gezisi hakkındaki görüşlerini incelemiş ve QR kodlu broşürün öğrencilerin ilgisini artırdığını göstermiştir. Son olarak Srivani ve diğerleri (2022) tarafından İngilizce öğreniminde Eğitim 4.0 araçlarının kullanımı üzerine yapılan çalışmada, öğrencilerin Eğitim 4.0 uygulamalarına yönelik olumlu tutumlara sahip oldukları ve Eğitim 4.0'ın daha ilgi çekici ve etkili bir öğrenme deneyimi sunduğunu düşündükleri belirlenmiştir.

Öğrenciler, fen dersinde güneş sistemi, gezegenler, uzay teknolojisi, organlar, vücudumuzdaki sistemler, hücre, mitoz ve mayoz bölünme, basit makineler, kuvvet, ışık, ses, enerji, hareket, sürtünme kuvveti, basınç, element ve bileşikler gibi konularda Eğitim 4.0 araçlarının kullanılmasını istediklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırma öncesinde öğrencilerin Eğitim 4.0 araçları kapsamında kullanılan teknolojilerden bazılarıyla deneyimlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Günümüzdeki öğrencilerin bu teknolojilere geniş bir erişime sahip olmaları ve bu teknolojilere sıkça maruz kalmaları, bu bulguyu destekler niteliktedir. Öğrencilerin teknolojiye bu kadar yakın olmaları, eğitimde teknoloji kullanımına zemin hazırlamakta ve Eğitim 4.0 araçlarının öğretim ortamlarına kolayca entegre edilebileceğini

göstermektedir. Araştırmanın bir diğer sonucu, öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarına dayalı etkinliklerde edindikleri yetkinlikleri günlük yaşamlarıyla ilişkilendirmeleridir. Son olarak araştırma kapsamında, Eğitim 4.0 araçlarının kullanımı sırasında yaşanabilecek sorunlara ilişkin öğrenci görüşleri, yapılacak en küçük hataların etkinliği sekteye uğrattığını ve bu yüzden, öğrencilerin devre kurma ve kodlama süreçlerini son derece hassas bir şekilde yönetmeleri gerektiğini, öğretmen rehberliğinin bu aşamada önemli bir rol oynadığını, bazı uygulamalarda donanım ve yazılım kaynaklı teknik aksaklıklar yaşanabileceği ancak böyle bir durumda öğrencinin çözüm odaklı düşünerek sorunları aşabileceklerini ortaya koymuştur. Aynı zamanda, öğrencilerin Eğitim 4.0 araçlarını etkili bir şekilde kullanabilmeleri için öncesinde deneyim sahibi olmalarının önemi de araştırmada ortaya çıkan sonuçlardandır. Literatürde, öğretim ortamlarında teknoloji kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel sorunları belirten çalışmalar mevcut (Marchenko vd., 2021; Sırakaya ve Alsancak Sırakaya, 2022) olmakla birlikte Eğitim 4.0'ın yüksek maliyetler, yetersiz teknik altyapı, dijital araçlardaki hızlı değişimler, veri koruma düzenlemelerinin eksikliği, eğitimcilerin bilgi eksiklikleri gibi sınırlılıkları da bulunmaktadır (Adesina, 2023; Kotsis, 2024). Gelecekteki araştırmalar, bu teknik zorlukları ele almak için çözüm odaklı stratejiler geliştirmeye odaklanmalıdır.

Öğrenci yetkinliklerini geliştirmek için Eğitim 4.0 araçlarının nasıl kullanılacağı literatürde sıklıkla tartışılrsa da, bu çalışmaya benzer deneysel çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu nedenle, öğrencilerin fen bilimleri ve diğer disiplinlerde Eğitim 4.0 araçlarını kullanmaya hazır olup olmadıklarını değerlendirmek ve Eğitim 4.0'ın eğitim üzerindeki etkisini eleştirel bir şekilde incelemek için daha fazla deneysel araştırmaya ihtiyaç vardır. Literatürde Arduino, Scratch, M-Block, eğitsel robotlar, sanal laboratuvarlar ve AG gibi Eğitim 4.0 kapsamındaki teknolojilerin her birine yönelik çalışmalar bulunurken, birden fazla teknolojiyi içeren araştırma sayısı yok denecek kadar azdır. Tek bir teknoloji ile bir ünitenin hedeflerini planlamanın zorluğu göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmanın eğitimcilere daha geniş bir bakış açısı sunacağına inanılmaktadır. Ayrıca bu çalışmada önerilen Eğitim 4.0 araçlarının eğitimcilere modern dersler tasarlama ve yenilikçi materyaller oluşturma konusunda yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, algoritmik düşünme, dijital okuryazarlık ve kodlama gibi becerilerin müfredata eklenmesi ve aynı zamanda müfredatın teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli olarak güncellenmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak müfredatın sadece teknolojik gelişmelere göre güncellenmesi yeterli değildir; eğitimcilerin de bu araçları etkin bir şekilde kullanabilmek için gerekli bilgiye sahip olması gerekmektedir.

Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayanarak, öğretim ortamlarına Eğitim 4.0 araçlarını dâhil etmeye ilişkin öneriler "uygulamaya dayalı öneriler" ve "araştırmaya dayalı öneriler" olarak sıralanmıştır.

Uygulamaya dayalı öneriler

•Araştırma kapsamında önerilen Eğitim 4.0 araçlarının, eğitimcilerin modern dersler tasarlamasına ve yenilikçi materyaller oluşturmaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, algoritmik düşünme, dijital yeterlilik, kodlama gibi yetkinliklerin eğitim müfredatlarında yer alması ve müfredatların teknolojik gelişmelerle tutarlı bir şekilde sürekli güncellenmesi gerekmektedir.

•Eğitimciler, Eğitim 4.0'ın uygulayıcılarıdır ve Eğitim 4.0 araçlarının kullanımı konusunda yeterince bilgi sahibi olmaları sağlanmalıdır. Bu nedenle, öğretmenlerin teknolojik yetkinliklerini arttırmak için eğitsel çalışmalar düzenlenmelidir.

•İlgili literatürde, Eğitim 4.0'ın birçok avantajının yanı sıra Eğitim 4.0 araçlarının maliyetinin yüksek olması (pahalı ekipmanları, özel yazılımlar gerektirmesi), Eğitim 4.0 vizyonunu gerçekleştirmek için teknolojik altyapının ve teknik desteğin yetersiz olması, dijital

araçların içeriğinin hızlı gelişmeler nedeniyle sürekli değişmesi ve geçerliliğini yitirmesi, müfredatın yeniden revize edilmesi konusunda tereddütlerin yaşanması, Eğitim 4.0 araçları ile neler yapılabileceği konusunda eğitimcilerin bilgi eksikliği, eğitimcilerin değişim konusunda isteksiz olmaları gibi dezavantajlarından da bahsedilmiştir (Costa vd., 2022; Goldin vd., 2022). Bu bağlamda, gelecekteki araştırmaların bu teknik zorluklara yönelik çözüm odaklı stratejiler geliştirmeye odaklanması önerilmektedir.

Araştırmaya dayalı öneriler

•Eğitim 4.0, henüz gelişmekte olan bir alan olarak kabul edildiğinden, gelecekteki araştırmaların bu kavram kapsamındaki dijital araçların detaylı bir analizini gerçekleştirmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu çerçevede, Eğitim 4.0 için olanak sağlayan teknolojilerin sayısının artırılabilmesi için yapılan detaylı incelemeler, alana yönelik yeni bakış açıları sunabilir. Eğitim 4.0 ortamında görselleştirilmiş öğretim araçlarının yaygın bir şekilde kullanıldığı göz önüne alındığında, özellikle fen derslerinde bu teknolojilerin kullanımının artırılması tavsiye edilmektedir.

•Çalışmada, yalnızca fen alanında veri toplandığı için, gelecek araştırmalarda farklı disiplin ve eğitim düzeylerine yönelik bu araçların kullanılabilirliğinin daha geniş bir perspektifle incelenmesi, bu kavram ile ilgili daha kapsamlı bir anlayışın oluşmasına katkı sağlayacaktır.

•Çalışma kapsamında geliştirilen görüşme formu aracılığıyla farklı demografik özelliklere sahip öğrencilerin, derste kullanılan teknolojilere yönelik görüşlerinin belirlenmesi ve elde edilen bulguların, bu araştırmadan elde edilen bulgularla ilişkilendirilmesi önerilmektedir.

Çıkar Çatışması: Bu makale yayınlanmamıştır ve başka bir yerde yayınlanmak üzere değerlendirilmemektedir. Son olarak, açıklayabileceğimiz herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Beyanı:Tüm yazarlar çalışmanın konsept ve tasarımına katkıda bulunmuştur. Materyal hazırlama, veri toplama ve analizi Melek BAŞGÜL tarafından gerçekleştirilmiştir. Makalenin ilk taslağı Melek BAŞGÜL tarafından yazıldı ve tüm yazarlar makalenin önceki versiyonları hakkında yorum yaptı. Tüm yazarlar nihai makaleyi okumuş ve onaylamıştır.

Araştırma Yayın Etiği:İnsan katılımcıları içeren bu çalışmada gerçekleştirilen tüm prosedürler kurumsal ve ulusal araştırma etik standartlarına uygundur. Çalışmada uygulanacak süreç ve tüm dokümanlar için Yıldız Teknik Üniversitesi etik kurulundan onay alınmıştır.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Adesina, A. E. (2023). Enhancing science education with learning management system for effective learning outcomes, *Qeios*, 1-14. DOI:10.32388/VURDU1
- Alebous, T. M. (2021). The extent to which teachers of science subjects use virtual scientific laboratories during corona virus pandemic: the reality & hope. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 9(3), 193-206. <https://doi.org/10.17478/jegys.972540>
- Aliyu, F., ve Talib, C.A. (2020). Integration of augmented reality in learning chemistry: a pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals. *Journal of Critical Reviews*, 7(7), 854-859. <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.07.155>
- Aljuhani, K., Sonbul, M., Alhabiti, M., ve Meccawy, M. (2018). Creating a Virtual Science Lab (VSL): the adoption of virtual labs in Saudi schools. *Smart Learning Environments*, 5. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0067-9>
- Astra, I. M., Tumijan, P., Uskenat, K., ve Henukh, A. (2023). The development of stem-based science teaching materials on simple electrical circuit materials. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 9(1), 127-138. DOI: doi.org/10.21009/1.09112
- Badaru, K. A., ve Adu, E. O. (2022). Platformisation of Education: An Analysis of South African Universities' Learning Management Systems. *Research in Social Sciences and Technology*, 7(2), 66-86. <https://doi.org/10.46303/ressat.2022.10>
- Bonfield, C.A., Salter, M., Longmuir, A., Benson, M., ve Adachi, C. (2020). Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age. *Higher Education Pedagogies*, 5(1), 223-246. <https://doi.org/10.1080/23752696.2020.1816847>
- Butt, R., Siddiqui, H., Soomro, R.A., ve Asad, M.M. (2020). Integration of Industrial Revolution 4.0 and IOTs in academia: a state-of-the-art review on the concept of Education 4.0 in Pakistan. *Interactive Technology and Smart Education*, 17(4), 337-354. <https://doi.org/10.1108/ITSE-02-2020-0022>
- Büyükkol Köse, E., & Çetin, G. (2024). Using QR codes in the science and technology center. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 7(2), 177-193. <https://doi.org/10.31681/jetol.1336996>
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., ve Svasta, P. M. (2018, 25-28 Ekim). *Education 4.0 - Artificial Intelligence assisted Higher Education: Early recognition System with Machine Learning to support Students' Success*. 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Iasi, Romania. DOI: 10.1109/SIITME.2018.8599203
- Costa, A. C. F., Santos, V.H. M., ve Oliveira, O. J. (2022). Towards the revolution and democratization of education: A framework to overcome challenges and explore opportunities through Industry 4.0. *Informatics in Education* 21(1), 1-32. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.01>
- Darayseh, A. A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science: Science teachers' perspective. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 4(8),100132. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100132>
- Ferdinand J., Soller S., Hahn J. U., Parong J., ve Göllner R. (2023). Enhancing the effectiveness of virtual reality in science education through an experimental intervention involving students' perceived usefulness of virtual reality. *Technology Mind and Behavior*, 4(1). DOI: 10.1037/tmb0000084

- Fernandes, J. M., ve Afonso, P. (2021). Engineering education in a context of VUCA. *4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)* 21-23 Haziran 2021 içinde (s. 1-8). Lisbon, Portugal. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9507229>
- Fernández-Cerero, J., Montenegro-Rueda, M., ve Fernández-Batanero, J.M. (2023). Impact of university teachers' technological training on educational inclusion and quality of life of students with disabilities: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2576. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032576>
- Gaolyan, T., Kysh, L., Lulejian, A., Dickhoner, J., Sikder, A., ve Lee, M. (2022). Lessons learned from organizing and evaluating international virtual training for healthcare professionals. *International Journal of Medical Education*, 13, 88-89. DOI: 10.5116/ijme.6238.459f
- Goldin, T., Rauch, E., Pacher, C., ve Woschank, M. (2022). Reference Architecture for an Integrated and Synergetic Use of Digital Tools in Education 4.0. *Procedia Computer Science*, 200, 407-417. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.239>
- Grodzki, J., Ortelt, T.R., ve Tekkaya, A.E. (2018). Remote and virtual labs for engineering education 4.0: achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia Manufacturing*, 26, 1349-1360. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.126>
- Hooshyar, D., Pedaste, M., Saks, K., Leijen, A., Bardone, E., ve Wang, M. (2020). Open learner models in supporting self-regulated learning in higher education: a systematic literature review. *Computers & Education*, 154, 103878. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103878>
- Ishak, R., ve Mansor, M. (2020). The relationship between knowledge management and organizational learning with academic staff readiness for education 4.0. *Eurasian Journal of Educational Research*, 20(85), 169-184.
- Janković, A., Maričić, M., ve Cvjetičanin, S. (2023). Comparing science success of primary school students in the gamified learning environment via Kahoot and Quizizz. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00266-y>
- Janković, A., ve Lambić, A. (2022). The effect of game-based learning via kahoot and quizizz on the academic achievement of third grade primary school students. *Journal of Baltic Science Education*, 21(2), 224-231. DOI: 10.33225/jbse/22.21.224
- Jin, L. (2019). Investigation on potential application of artificial intelligence in preschool children's education. *Journal of Physics: Conference Series* 19-20 Nisan 2019. Wuhan, China. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1288/1/012072>
- Joshi, N. (2022, March, 31). *Understanding Education 4.0: The Machine Learning-Driven Future of Learning*. Forbes. Retrieved Feb. 4, 2023, from: <https://www.forbes.com/sites/naveenjoshi/2022/03/31/understanding-education-40-the-machine-learning-driven-future-of-learning/>
- Kalogiannakis, M., Papadakis, S., ve Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in science education. A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Kannan, S., ve Garad, A. (2021). Competencies of quality professionals in the era of industry 4.0: a case study of electronics manufacturer from Malaysia. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38(3), 839-871. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2019-0124>

- Koray, A., ve Bilgin, E. (2023). The effect of block coding (scratch) activities integrated into the 5E learning model in science teaching on students' computational thinking skills and programming self-efficacy. *Science Insights Education Frontiers*, 18(1), 2825-2845.
- Kotsis, K.T. (2024). Integration of artificial intelligence in science teaching in primary education: Applications for teachers. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(3), 27-43. DOI: 10.59324/ejceel.2024.2(3).04
- Kozcu Cakir, N. ve Guven, G. (2019). Arduino-Assisted robotic and coding applications in science teaching: Pulsimeter activity in compliance with the 5E learning model. *Science Activities*, 56 (2), 42–51. <https://doi.org/10.1080/00368121.2019.1675574>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Marchenko, G., Murzina, S., Timofeev, S., ve Vodopyanova, K. (2021). Digitalization of education: advantages and problems. In *E3S Web of Conferences*, 273, 12058.
- Matos, J.F., Piedade, J., Freitas, A., Pedro, N., Dorotea, N., Pedro, A., ve Galego, C. (2023). Teaching and learning research methodologies in education: A systematic literature review. *Education Science*, 13(2), 173. <https://doi.org/10.3390/educsci13020173>
- McNiff, B. ve Lomax, P. (2003). *You and Your Action Research Project* (2. bs.). London: Routledge.
- Mdlalose, N., Ramaila, S., ve Ramnarain, U. (2022). Using Kahoot! As A Formative Assessment Tool in Science Teacher Education. *International Journal of Higher Education*, 11(2), 43-51. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v11n2p43>
- Miranda J., Navarrete C., Noguez J. M., Molina-Espinosa J., Ramírez-Montoya M. S., Navarro-Tuch S.A., Bustamante-Bello M. R., Rosas-Fernández J. B., ve Molina A. (2021). The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers & Electrical Engineering*, 93, 107278. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
- Miorandi, D., Sicari, S., Pellegrini, F.D., ve Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Mukan, N., ve Lavrysh, Y. (2020). Video Conferencing Integration: Challenges and Opportunities at Universities. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12, 108-114. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.1sup2/253>
- Mukul, E., ve Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*, 194, 122664. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664>
- Nair, D. (2021). Online Laboratory course using low tech supplies to introduce digital logic design concepts. *2021 International e-Engineering Education Services Conference (e-Engineering)*, 121-126. <https://doi.org/10.1109/e-Engineering47629.2021.9470699>.
- Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., ve Sgouropoulou, C. (2021). Exploration of augmented reality in spatial abilities training: A Systematic literature review for the last decade. *Informatics in Education*, 20(1), 107-130. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.06>
- Pregowska, A., Masztalerz, K., Garlinska, M., ve Osial, M. (2021). A Worldwide Journey through distance education—from the post office to virtual, augmented and mixed realities, and education during the COVID-19 pandemic, *Education Sciences*, 11(3), 118. <https://doi.org/10.3390/educsci11030118>

- Quezada, L. R., Talbot, C., ve Quezada-Parker, B. K. (2020). From bricks and mortar to remote teaching: A teacher education program's response to COVID-19. *Journal of Education for Teaching*, 46(4), 472-483. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1801330>
- Roqobih, F. D., ve Yuliani Rahayu, Y. S. (2019). Improving student's creative thinking skill through blended learning using schoology. *Journal of Physics: Conference Series*, 28 Eylül 2018, Surabaya, Indonesia. DOI 10.1088/1742-6596/1417/1/012094
- Rossano, V., Roselli, T., ve Quercia, G. (2020). Coding and computational thinking: Using arduino to acquire problem-solving skills. *Technology Supported Innovations in School Education*, 91-114. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48194-0_6
- Sarıtaş, S., ve Badavan, Y. (2023). Dördüncü sanayi devrimi karşısında akademisyenler ve öğrenciler. *Journal of Computer and Education Research*, 11(21), 129-161. <https://doi.org/10.18009/jcer.1218275>
- Scalfani, V. F., ve Vaid, T. P. (2014). 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1174-1180. <https://doi.org/10.1021/ed400887t>
- Seufert, S., Guggemos, J., ve Sailer, M. (2021). Technology-related knowledge, skills, and attitudes of pre- and in-service teachers: The current situation and emerging trends. *Computers in Human Behavior*, 115, 106552. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106552>
- Shenkoya, T., ve Kim, E. (2023). Sustainability in higher education: Digital transformation of the fourth industrial revolution and its impact on open knowledge. *Sustainability*, 15(3), 2473. <https://doi.org/10.3390/su15032473>
- Sırakaya, M., ve Alsancak Sırakaya, D. (2022). Augmented reality in STEM education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1556-1569.
- Srivani, V., Hariharasudan, A., Nawaz, N., & Ratajczak, S. (2022). Impact of Education 4.0 among engineering students for learning English language. *PLoS ONE* 17(2). e0261717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261717>
- Strange, R., ve Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international busines. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184. <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>
- Stylos G., ve Kotsis K. T. (2021). The effect of 3D Printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Journal of Educational Innovation*, 3(1), 38-50.
- Thorne, T. (2016). Augmenting classroom practices with QR codes. *TESOL Journal*, 7(3), 746-754. <https://doi.org/10.1002/tesj.257>
- Türkel, S., ve Yeşilkuş, F. (2020). The paradigm of digital transformation: Industry 4.0. *Eurasian Journal of Researches in Social and Economics*, 7(5), 332-346. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asead/issue/54658/726985>
- Van Popta, E., Kral, M., Camp, G., Martens, R.L., ve Simons, P.R.J. (2017). Exploring the value of peer feedback in online learning for the provider. *Educational Research Review*, 20, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.10.003>

- Verner, I.M., Cuperman, D., ve Reitman, M. (2021). Exploring robot connectivity and collaborative sensing in a high-school enrichment program. *Robotics*, 10(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/robotics10010013>
- Villa, J. L., Bruno, O., ve Jiménez, T. (2018). Experiences with the use of Snap Circuits and Arduino boards as tools for human development with students in an insular Colombian community. *16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*, 19-21 Temmuz 2018, Lima, Peru. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.46>
- Wood, J. M. (2007). Understanding and computing Cohen's kappa: A tutorial. *Web Psych Empiricist*, October 3.
- Yakob, M., Sari, R.P., Hasibuan, M.P., Nahadi, N., Anwar, S., ve El Islami, R. A. Z. (2023). THE feasibility of authentic assessment instrument through virtual laboratory learning and its effect on increasing students' scientific performance. *Journal of Baltic Science Education*, 22(4), 631-640. <https://oaji.net/articles/2023/987-1693763628.pdf>
- Yan, S., Sun, D., Zhou, Q., Yang, Y., ve Tian, P. (2023). Exploring the impact of virtual laboratory with KWL reflective thinking approach on students' science learning in higher education, *Journal of Computing in Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09385-y>
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. (11. bs). Ankara: Seçkin.
- Yıldırım, F. S. (2020). The effect of the augmented reality applications in science class on students' cognitive and affective learning. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 6(4), 259-267. <https://doi.org/10.21891/jeseh.751023>

Ek 1.

Fen Öğretiminde Eğitim 4.0 Araçlarının Kullanılmasına Yönelik Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Görüşme yeri/ Okul:

Tarih ve saat (başlangıç ve bitiş):

Görüşülen kişi:

Araştırma Sorusu: Fen Bilimleri dersi Elektrik konulu ünitelerdeki etkinliklerin Eğitim 4.0 araçları ile gerçekleştirilmesine yönelik ortaokul öğrencilerinin görüşleri nelerdir?

Merhaba, Eğitim 4.0 araçları kullanılarak tasarlanan öğretim materyallerinin Fen dersinde kullanılması üzerine bir araştırma yapıyorum ve sizinle yaptığımız etkinlik ile ilgili konuşmak istiyorum. Bu görüşmedeki amacım ortaokul Fen Bilimleri dersi elektrik konulu ünitelerinin öğretiminde Eğitim 4.0 araçlarının kullanılmasına yönelik öğrencilerin ne düşündüklerini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda yaptığım araştırmaya veri toplamak için siz değerli öğrencilerimizin görüşlerine ihtiyaç duymaktayım.

Görüşme süresinde ifade ettiğiniz bilgilerin tümü gizli tutulacak, isimler, kişiye ait bilgiler araştırma kapsamı dışında kullanılmayacaktır. Görüşmenin on dakika süreceğini tahmin ediyorum. İzin verirseniz görüşmeyi kaydetmek istiyorum. Bu şekilde hem zamanı daha iyi kullanabiliriz hem de sorulara vereceğiniz yanıtların kaydını daha ayrıntılı tutma fırsatı elde edebilirim. Eğer sizin bana görüşmeye başlamadan önce sormak istediğiniz bir soru varsa önce bunu yanıtlamak istiyorum. İzin verirseniz sorularla başlamak istiyorum.

GÖRÜŞME SORULARI

1. Eğitim 4.0 araçlarının Fen Bilimleri dersinde kullanılması ile ilgili neler düşündüğünü merak ediyorum. Düşüncelerinden biraz söz eder misin?

Sonda: Eğitim 4.0 araçları kullanılarak gerçekleştirilen fen etkinliklerini dikkate aldığımızda bu teknolojilerin konuyu anlamayı, derse katılımını, dersin eğlenceli geçme durumunu, derse karşı ilgini nasıl etkilediğini benimle paylaşır mısın.

2. Süreçte kullanmış olduğumuz Eğitim 4.0 araçlarının elektrik konusunda gerekli açıklamaları yapıp yapmadığı hakkında ne düşünüyorsun?

Sonda: Sence Eğitim 4.0 araçlarını içeren etkinlikler elektrik konusunun öğretiminde ne derece etkili oldu ve neden?

3. Fen Bilimleri dersinin elektrik ile ilgili konuları dışında başka hangi konularında Eğitim 4.0 araçlarının kullanılmasını önerirsin? Neden?

Sonda: Sence bu teknolojik uygulamalar Fen Bilimleri dersinin diğer hangi konularında daha etkili öğrenme sağlar?

4. Eğitim 4.0 araçları kullanılarak gerçekleştirilen fen etkinliklerini yaparken kodlama yapma, akıllı telefon/tablet, robot ve bilgisayar teknolojilerini kullanabilme, sanal ortamda deney yapabilme gibi konularda herhangi bir zorlukla karşılaştın mı? Karşılaştıysan lütfen belirtir misin.

Sonda: Eğitim 4.0 araçlarını kullanma sürecini nasıl yürüttün? Eğitim 4.0 araçlarının daha etkili kullanılması için teknik bir desteğe ihtiyacın olduğunu düşünüyor musun?

5. Bu çalışmadan önce, etkinlikte kullandığımız Eğitim 4.0 araçlarından hangisi ile deneyim yaşadın? Bu deneyimini benimle paylaşır mısın.

Sonda: Daha önce bir ders kapsamında herhangi bir Eğitim 4.0 aracını kullandın mı? Kullandıysan neler yaptığını anlatır mısın?

6. Çalışmada kullandığımız Eğitim 4.0 araçları hakkında öğrendiklerini dikkate aldığımızda, bu deneyimlerin günlük hayatında nerelerde işe yarayabileceği hakkında ne düşünüyorsun? Açıklar mısın.

Sonda: Eğitim 4.0 araçları temelli etkinliklerin sana sağladığı katkıları günlük hayat açısından değerlendirir misin.

Extended Summary

Purpose

This study aims to explore middle school students' perspectives on the use of Education 4.0 tools in science classes, specifically in the context of teaching electrical circuits. Education 4.0 represents an approach that brings innovations from Industry 4.0 into education, with the goal of enhancing students' technological competencies and making learning processes more interactive. Within this framework, the study seeks to assess the impact of Education 4.0 tools from the students' viewpoint, examining whether these tools make abstract concepts like electrical circuits more comprehensible, influence the classroom experience, and contribute to students' cognitive, affective, and behavioral development. By examining the role of digital tools in science education, this study aims to provide insights into how these tools could be used more broadly across educational contexts. The effective integration of Education 4.0 tools is expected to develop students' technology skills, facilitate their understanding of scientific concepts, and help prepare them for future careers.

Method

This study employed a qualitative approach using an action research design, wherein the researcher actively participated in the teaching process to investigate the use of Education 4.0 tools in middle school science classes. Action research is a method in which the researcher acts as both investigator and practitioner, aiming to address a specific problem or improve current practices. The study was conducted at a public school in Başiskele, Kocaeli, Turkey, with 20 students from grades 5., 6., 7. and 8., selected through convenience sampling. Data were collected using semi-structured interviews developed and validated by experts to gauge students' opinions on Education 4.0 tools. Interview questions focused on the contributions of Education 4.0 tools to science lessons, their effect on understanding abstract topics, applicability to other science subjects, and any challenges encountered. Interviews were recorded in a comfortable setting to allow students to freely express their experiences, and data analysis was conducted via content analysis. Over a three-week data collection period, various Education 4.0 activities were conducted in science classes, including augmented reality applications, 3D printer pen projects, virtual labs, and coding sets. Students' experiences with these technologies and their attitudes towards them were thoroughly examined through interviews.

Results

Content analysis of the semi-structured interviews indicated that students view the use of Education 4.0 tools in science classes positively. Participants reported that these tools made abstract topics easier to understand, improved knowledge retention, and made lessons more engaging. Students noted that Education 4.0 tools increased interactivity in the classroom, encouraging them to take an active role in the learning process and boosting their interest in learning. For instance, augmented reality activities allowed them to examine components of electrical circuits in 3D, improving their understanding of circuit functionality. Virtual labs provided students with simulated experimental environments that helped them grasp abstract concepts through direct observation. Additionally, using coding sets and 3D printer pens fostered students' interest in STEM fields, guiding them towards becoming not just consumers but also creators of technology. From students' responses, several key themes emerged regarding the cognitive, affective, and behavioral benefits of Education 4.0 tools:

- **Cognitive Dimension:** Students found Education 4.0 tools helpful in understanding content and retaining information. Using these tools improved their comprehension of electrical circuits and facilitated the mental construction of abstract concepts.
- **Affective Dimension:** The tools made classes more engaging and enjoyable, leading to increased student participation and heightened interest in electrical topics.
- **Behavioral Dimension:** Education 4.0 tools helped students familiarize themselves with new technologies and acquire skills like coding. Students began to view technology as an integral part of learning, developing ideas on how these tools might be used in their daily lives.

Conclusion and implications

The study's findings indicate that using Education 4.0 tools in science classes positively impacts students' learning experiences. Students reported heightened interest in science topics and more active engagement in lessons due to these tools. The improved accessibility of abstract concepts contributed to their development of positive attitudes toward learning. These findings suggest that Education 4.0 tools could be effectively used not only in science classes but also in other subjects. Integrating technology into education fosters students' scientific process skills and enhances their problem-solving abilities for real-world challenges. Tools like augmented reality, virtual labs, coding sets, and 3D printers offer students hands-on learning experiences, encouraging them to use technology as a tool for active learning.

This study offers valuable insights into the digital transformation of education, particularly in science education, where Education 4.0 tools help overcome difficulties in teaching abstract concepts and improve students' learning quality. Researchers recommend broadening the integration of Education 4.0 tools in education and providing training to help teachers effectively incorporate these technologies into their curriculum. Further research should investigate the use of Education 4.0 tools across various subjects and grade levels to expand understanding of their applicability in different educational contexts. In summary, this study highlights the potential benefits of Education 4.0 tools in education and students' positive attitudes toward these technologies, suggesting a promising future for the expanded use of digital tools in teaching. With the acceleration of digital transformation in education, enhancing teachers' ability to integrate these tools into lessons is a crucial step toward successful Education 4.0 implementation.