

FEN EĞİTİMİNDE SANAL LABORATUVAR KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARILARINA ETKİSİ: META- ANALİZ ÇALIŞMASI*

Gülçin ÖZDEMİR**, İbrahim ÜNAL***

Makale Geliş Tarihi: 31.10.2024

Makale Kabul Tarihi: 28.04.2025

Özet

Teknolojik gelişmelerin hızla artış gösterdiği son yıllarda teknolojinin eğitime entegrasyonu ve bunun sonucunda ortaya çıkan bir kavram olan eğitim teknolojileri genelindeki olumlu gelişmeler, araştırmacıları bu alanda araştırma yapmaya yönlendirmiştir. Modern teknolojinin fen bilimleri dersi kapsamındaki eğitim teknolojileri kapsamındaki en belirgin yansıması olan sanal laboratuvarların, öğrencilerin akademik başarı düzeyleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasını amaçlayan bu çalışmada; araştırma yöntemlerinden meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde yayınlanmış yüksek lisans ve doktora tezleri incelenmiştir. Yapılan çalışmaya Aralık-2024 tarihine kadar yayınlanmış tüm yüksek lisans ve doktora tezleri dâhil edilmiştir. Araştırmada, yapılan alanyazın taraması sonucunda ulaşılan tezler arasından, dâhil edilme kriterleri doğrultusunda, fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarısı üzerine etkisinin incelendiği 15 çalışmaya yer verilmiştir. Alanyazın taraması sürecinde sınırlı sayıda çalışmaya ulaşıldığı için yıl kısıtlaması yapılmamıştır. Bu konuda alanyazında daha önceden yapılmış bir meta-analiz çalışması bulunmamaktadır. 15 çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda yapılan meta-analiz sonucunda birleştirilmiş genel etki büyüklüğü, 2.718-10.975 güven aralığında 6.85 olarak hesaplanmıştır. Bu etki büyüklüğü Cohen (1988) sınıflandırmasına göre geniş, Thalheimer ve Cook (2002) sınıflandırmasına göre muazzam bir etkidir. Bu bağlamdan yola çıkarak fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının hali hazırda kullanılan geleneksel laboratuvarlara göre öğrenci akademik başarısı üzerinde pozitif yönde, deney grubu lehine bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma raporlanırken PRISMA protokolü adımları izlenmiştir. Meta-analiz yöntemi kapsamındaki bu çalışmada; heterojenlik istatistikleri, yayın yanlılığı gibi birçok analize yer verilmiştir. Bu analizler sonucunda çalışmanın heterojenliğinin çok yüksek olduğu, yayın yanlılığının olmadığı ve bu sebeplerden dolayı iç geçerlilik ve dış geçerliliğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sanal laboratuvar, meta-analiz, fen eğitimi, akademik başarı, PRISMA protokolü.

THE EFFECT OF VIRTUAL LABORATORY USE IN SCIENCE EDUCATION ON STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT: A META- ANALYSIS STUDY

* Çalışma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

** Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi, gulcinn.oz@gmail.com, ORCID: 0009-0001-3377-6249

*** Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, ibrahim.unal@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8497-4459

Abstract

In recent years, when technological developments have increased rapidly, the integration of technology into education and the positive developments in educational technologies, which is a concept that emerged as a result, have led researchers to conduct research in this field. In this study, which aims to investigate the effects of virtual laboratories, which are the most prominent reflection of modern technology within the scope of educational technologies within the scope of science course, on students' academic achievement levels, meta-analysis method was used. For this purpose, master's and doctoral theses published in YÖK National Thesis Center were examined. All master's and doctoral theses published until December 2024 were included in the study. In the study, among the theses reached as a result of the literature review, 15 studies examining the effect of virtual laboratory use in science education on students' academic achievement were included in line with the inclusion criteria. Since a limited number of studies were reached during the literature review process, no year restriction was made. There is no previous meta-analysis study on this subject in the literature.

As a result of the meta-analysis conducted in line with the data obtained from 15 studies, the combined overall effect size was calculated as 6.85 with a confidence interval of 2.718-10.975. This effect size is a large effect according to Cohen (1988) classification and a huge effect according to Thalheimer and Cook (2002) classification. Based on this context, it was concluded that the use of virtual laboratories in science education has a positive effect on student academic achievement in favor of the experimental group compared to the currently used traditional laboratories. PRISMA protocol steps were followed while reporting the study. In this study within the scope of meta-analysis method; many analyses such as heterogeneity statistics and publication bias were included. As a result of these analyses, it was concluded that the heterogeneity of the study was very high, there was no publication bias, and for these reasons, it had internal reliability and external validity.

Keywords: Virtual laboratory, meta analysis, science education, academic success, PRISMA protocol.

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında bilim ve teknoloji, birbirinden ayrı düşünülemez kavramlardır. 21. yüzyılın bir getirisi olarak; bilim ve teknoloji kavramları, birbirini izleyen ve güçlendiren farklı iki kavram olmasına rağmen adeta bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan dünya düzeninde, bilim ve teknolojiye yeni yaklaşımlar takip edilemez boyutlara ulaşmıştır ve bu yaklaşımlar, farkında olmadan ülkeleri bir yarış içerisine sokmuştur. Bu yarış çağın gereklerine ayak uydurmak isteyen ülkeler için teknolojik yaklaşımlar zorunlu kılınmıştır (Şimşek, vd., 2008). İletişim ve bilişim teknolojilerindeki yaklaşımlar süreci, bilginin hızla üretilmesine ve yayılmasına olanak sağlamıştır (Ünal, 2017). Gelişmeleri yakalama ve ayak uydurma sürecinde eğitim, en önemli görevi üstlenmektedir. Görevinin bir getirisi olarak eğitim-öğretim süreçlerinde teknoloji olabildiğince verimli kullanılmalıdır (Şimşek, vd., 2008).

Eğitim sistemleri çağdaş olan ülkeler; nitelikli, çağa yön veren, insan yetiştirmek için eğitim-öğretim ortamlarına teknolojik gelişmeleri dâhil etme çabasına girmişlerdir (Bozkurt, 2008). Eğitim teknolojisi; bilimsel verileri hedefler doğrultusunda gerekli yöntem ve teknikler kullanılarak araç-gereç geliştirme, ölçme ve değerlendirme gibi eğitimin olmazsa olmaz unsurları ile birleştiren, süreç içerisinde çıkabilecek sorunlara çözüm üretebilen ve eğitim kalitesini yükselten sistemler bütünü olarak tanımlanabilir (Rıza, 2000; Akt. Akpınar, vd., 2005). Bu gelişimi desteklemek için araştırmacılar, teknolojiyi en üst düzeyde kullanma ve bilimin ışığında yaklaşımlar üretme çabasıdadır. Bu alandaki gelişmeler çağdaş eğitim felsefesini benimsemiş olan öğretim programlarının da temelini oluşturmaktadır. Eğitimde

verimliliği hedefleyen, yaparak yaşayarak öğrenimin öneminin vurgulandığı felsefelerin ışığında yeni yöntem ve teknikler ortaya çıkmıştır (Öztürk, 2008).

Eğitim teknolojilerinin ülkemizde yaygın kullanımı; okulların teknolojik alt yapısını geliştirmek için başlatılan “Fırsatları Artırma Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH)” projesi ile başlamıştır (Özer, vd., 2015). FATİH projesi kapsamında bilgisayarlar ve bilgisayar sistemleri, eğitim-öğretim ortamlarında aktif olarak kullanılan bir eğitim materyali haline getirilmiştir. Bu proje ile sınıflarda bulunan akıllı tahtalar ve kullanılmakta olan tabletler sayesinde öğrenciler, zaman ve mekân tanımsızın teknolojinin sunmuş olduğu sanal sınıf ortamlarında, hem bireysel hem işbirlikli öğrenme alanlarından konuyu istedikleri kadar tekrar ederek öğrenim sağlayabilecekler ve performanslarını kayıt altına alarak değerlendirme şansına sahip olabileceklerdir (Çinici, vd., 2013).

Akkâğıt ve Tekin (2012)’e göre; eğitimde bilgisayar kullanımı ve Bilgisayar Destekli Öğretim (BDÖ) yaklaşımı öğrencilerin dikkatlerini çekmektedir ve ders motivasyonunu oldukça artırmaktadır. Fen bilimleri gibi temelinde yaparak yaşayarak öğrenmenin olduğu bir ders için eğitim teknolojileri oldukça büyük önem arz etmektedir. Bilgisayar yazılımlarının eğitim sistemlerine entegrasyonu sonucunda ortaya çıkan eğitsel içerikler, teorik bilginin yazılım üzerinden pratiğe dönüştürüldüğü en önemli eğitim teknolojisi ürünleridir.

Teknolojik ilerlemelerin fen bilimleri dersine eğitsel entegrasyonunun en belirgin göstergesi Milli Eğitim Bakanlığının (MEB) 2004-2005 öğretim yılında fen bilimleri öğretim programlarında yapmış olduğu değişikliklerle “Fen Bilgisi” dersinin adının “Fen ve Teknoloji” olarak güncellenmesidir. Fen ve teknolojinin amaçları birbirinden farklı olsa da o dönemlerde bir birini destekleyen unsurlar olduğu anlaşılmıştır (Yaman, 2022). MEB (2005)’e göre içinde bulunduğumuz çevreyi anlayarak açıklamayı hedefleyen fen bilimleri; amacı yaşamımızdaki değişiklikleri insanların istek ve ihtiyaçlarıyla yönlendirerek bu gereksinimleri karşılamayı hedefleyen teknoloji ile ortak bir tabanda birleştirilmiştir. Bu güncellemeden de anlaşılacağı gibi fen ve teknoloji yaşantımızın en önemli parçalarından biri olmuştur (Temizyürek, 2003).

2005 fen bilimleri öğretim programında karşımıza fen-teknoloji-toplum-çevre olarak bariz bir şekilde çıkan teknolojinin öneminin vurgulandığı öğrenme alanı 2013 fen bilimleri öğretim programında da önemini artırarak devam etmiştir.

2013 fen bilimleri öğretim programında fen bilimleri eğitimi, bilimsel süreç becerileri ile birlikte teknolojik okuryazarlığı da içerecek şekilde tasarlanmıştır. Öğrencilerin bilimsel kavramları anlamalarını ve bu kavramları teknolojik araçlarla uygulamalarını teşvik eden bir yaklaşım benimsenmiştir. Teknoloji, fen öğretiminin temel bir unsuru olarak tanımlanmış, öğrencilerin bilimsel okuryazarlığını geliştirmek amacıyla teknoloji ile etkileşimli çalışmaların teşvik edilmesi vurgulanmıştır (Deveci, 2018). Öğretim süreçlerinde öğrenci merkezli yöntemlerin (örneğin, deneyler ve proje tabanlı öğrenme) kullanılması öngörülmüştür. Ancak, teknolojik araçların kullanımı daha sınırlı ve genel ifadelerle yer almıştır (Başar ve Demiral, 2019).

2015 fen bilimleri öğretim programında 2013 programından farklı olarak gelişmiş teknolojik araçlar ve STEM (Science (Fen), Technology (Teknoloji), Engineering

(Mühendislik) ve Mathematics (Matematik)) kavramlarının vurgulandığı görülmüştür (MEB, 2015). Öğretim sürecinde daha fazla teknolojik kaynak ve araç kullanımına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Bu, özellikle laboratuvar deneyleri ve simülasyonların eğitime entegrasyonu açısından önemli bir adımdır. STEM eğitimi ise; fen bilimleri derslerinde teknoloji ile mühendislik pratiklerinin nasıl birleştirilebileceğini göstermektedir. Özellikle, disiplinler arası ilişkinin eğitim sürecindeki önemi vurgulanarak öğrencilerin teknoloji ve mühendislik süreçleriyle tanışması hedeflenmiştir (Başar ve Demiral, 2019).

2018 fen bilimleri öğretim programı, teknoloji kullanımını ve STEM eğitimi odaklı bir yaklaşımı çok daha kapsamlı bir şekilde içermiştir (Deveci, 2018). Öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirmek üzere teknoloji ile ilgili kazanımlara yoğun bir vurgu yapılmıştır. Programda, STEM etkinlikleri, ürün tasarımı ve günlük yaşam problemlerinin çözümüne yönelik teknolojik uygulamalar ön plana çıkarılmıştır. Ayrıca, teknolojinin öğretim sürecinde hem bir araç hem de içerik olarak ele alınması hedeflenmiştir. Dijital becerilerin geliştirilmesi yanı sıra, öğrencilerin bilimsel bilgi ve teknolojiyi birleştiren projeler yapabilmesi teşvik edilmiştir. Eğitimde dijital araçların aktif kullanımı daha fazla ön plana çıkmıştır (Bahar, vd., 2018). Program kapsamında öğrencilere, gerçek yaşam problemlerini çözmeye yönelik projeler ve uygulamalar sunularak teknoloji kullanımı teşvik edilmiştir. Öğrencilerin teknoloji ile ilgili sorunları tanımlayıp çözüm geliştirme becerileri desteklenmiştir. Bu programda teknoloji artık karşımıza; teknolojik yetkinlikler, dijital vatandaş kavramı, fen-mühendislik ve girişimcilik uygulamaları ile çıkmaktadır (MEB, 2018).

2024-2025 eğitim öğretim yılında ilk olarak 1, 5 ve 9. sınıflarda kullanılmaya başlanan “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli”nde ise öğrencilerin derinlemesine öğrenmesini sağlamak amacıyla beceri odaklı ve sadeleştirilmiş bir içerik sunulmuştur. Fen bilimleri dersleri, öğrencilerin bilimsel keşif yapmalarını teşvik edecek şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Yeni model, modern bilim ve teknolojinin gerekliliklerine uygun bir eğitim müfredatı sunarak, öğrencilerin çağın ihtiyaçlarına cevap verebilecek bilgi ve becerilerle donatılmasını hedeflemektedir. 2018 programı, STEM entegrasyonuna odaklanırken, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, daha geniş bir perspektifle beceri odaklı ve bilimsel keşif temelli bir yaklaşımı benimsemektedir. Her iki program teknolojinin eğitimdeki önemini vurgulasa da, yeni model, teknolojiyi sadece bir araç olarak değil, aynı zamanda eğitim sürecinin temel bir bileşeni olarak konumlandırmaktadır (MEB, 2024).

Yeni modele göre teknoloji, öğrencilere etkileşimli ve dinamik bir öğrenme ortamı sunar. Simülasyonlar, sanal laboratuvarlar ve çevrimiçi platformlar, kavramların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. İnternet sayesinde öğrenciler, dünya çapındaki kaynaklara ulaşabilirler. Bu durum, araştırma yapma ve farklı kaynaklardan bilgi edinme becerilerini geliştirir. Fen bilimlerinde soyut kavramların görselleştirilmesi, öğrencilerin bilgileri daha iyi anlamalarına yardımcı olur. 3D modeller ve animasyonlar, karmaşık süreçlerin anlaşılmasını kolaylaştırır. Ayrıca öğrenciler, veri toplama, analiz etme ve sonuç çıkarma becerilerini teknolojik araçlar yardımıyla geliştirebilirler. Teknolojinin sunduğu araçlar, öğrencilere gerçek dünya sorunlarını ele alma ve çözme fırsatları sunar (MEB, 2024).

Sonuç olarak, 2005'ten bu yana fen bilimleri derslerinde kullanılan her öğretim programında, dinamikliğini koruyan ve gittikçe önemini artırmaya devam eden teknoloji kavramı; maarif modeli çerçevesinde de öğrencilerin öğrenme süreçlerini zenginleştiren, etkinleştiren ve daha modern bir eğitim anlayışı sunan kritik bir bileşendir. Tekniğin ve bilimin birleşmesi, geleceğin bilim insanlarını daha iyi hazırlamak için elzemdir (Yardımcı, 2022). Fen bilimleri öğretim programlarında da görüldüğü üzere teknoloji kavramı dinamik olan programlara entegre edilerek devam edilmiştir.

Özellikle 21. yüzyılda teknolojik araçların kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Her ne kadar teknolojinin olumsuz sonuçları göz ardı edilemese de doğru yönlendirmeler ile teknolojik araçların eğitim-öğretim amacı ile kullanımı yaygınlaştırılarak olumlu sonuçların artırılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir. Bu gibi, teknolojiden olumlu yönde faydalanma çalışmaları hem öğrencilerin ilgisini daha çok çekecek hem de daha ulaşılabilir olduğu için öğrencilerin merak duygularını geliştirecektir (Alpar, vd., 2007).

Fen bilimleri dersinde anlamlı öğrenmeler elde etmek için yaparak yaşayarak öğrenme oldukça önemlidir. Fen kavramları, zihinde somutlaştırılması oldukça zor olan kavramlardır. Bu sebeple özellikle fen bilimlerinde laboratuvar kullanımı ön plana çıkmıştır (Seven ve Engin, 2018). Ancak fen eğitiminde hem anlamlı öğrenmeye hem de kalıcılığa etkisi bu kadar yüksek olan yaparak yaşayarak öğrenme ne yazık ki gerekli ilgiyi görememiştir (Baş, 2022). Öğretmenlerin görüşleri alındığında; ders sürelerinin yeterli olmadığı, sınıf mevcutlarının fen bilimlerinde aktif olarak kullanılması gerekli olan laboratuvar kullanımına uygun olmadığı, deney hazırlıklarının uzun sürdüğü öne sürülerek laboratuvar kullanımından kaçındıkları belirlenmiştir (Uluçınar, vd., 2004). Ancak yürürlükte olan 2018 fen bilimleri dersi öğretim programı kapsamında öğrencilerin kendilerinin aktif bir şekilde yaparak yaşayarak özellikle laboratuvar ortamlarında deneyimler kazanması hedeflenmektedir (Akgün, 2005). Öğrenme-öğretme sürecinde çıkabilecek sorunların çözümüne yönelik yapılan eğitim teknolojileri çalışmaları, tam da bu noktada devreye girmektedir. Eğitim teknolojileri uygulamalarının en güzel örnekleri fen bilimleri dersinde gözlemlenmektedir. Soyut fen kavramlarının somutlaştırılması ve fırsat eşitliği sağlayarak anlamlı öğrenmelerin artırılmasını hedefleyen sanal laboratuvarlar, eğitsel etkileşimli videolar, animasyonlar ve simülasyonlar, infografikler, dijital hikâyeler, vs. gibi eğitim teknolojileri, sistem içerisindeki problemlere bir çözüm yolu olarak geliştirilmiştir. Öğrenme ortamları ne kadar yaşamın içine entegre edilebilirse ve materyal olarak çeşitlilik gösterebilirse öğrencilerin öğrendiklerini özümsemeleri bir o kadar kolay olacaktır (Demirhan, 2012).

2020-2021 eğitim-öğretim yılında tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgını; eğitim-öğretimin dijital ortamlara taşınmasını zorunlu kılmış ve e-öğrenme etkinlikleri ile çevrimiçi kaynakların gelişimini hızla artırmıştır (Mulenga ve Marbán, 2020). Pandemi döneminin getirdiği etkilerden en çok zarar gören alanlardan birisi olan eğitim, derslerin çevrimiçi ortamlara geçmesiyle devam ettirilmeye çalışılmıştır. MEB'in 2012 yılında kurmuş olduğu Eğitsel Bilişim Ağı (EBA)'nın kullanımı bu döneme kadar yaygın olmamakla birlikte, bu dönemin bir getirisi olarak zorunlu kullanım platformu haline gelmiştir. Bu sebeple daha önceki yıllarda içerik açısından yeterli donanıma sahip olmayan EBA, kısa zamanda birçok eğitim materyalini içerir duruma getirilmiştir. Pandemi sürecinde bireyler; zaman ve mekân

sınırlaması olmadan, kişisel deneyimleri ile araştırarak ve sorgulayarak ulaştığı bilgileri kendi yaşantısıyla ilişkilendirebileceği ortamlara olan ihtiyacını eğitsel teknolojik içerikler sayesinde karşılayabilmişlerdir (Kardaş, vd., 2014). Bu süreçte fen bilimleri eğitiminin önemli bir bileşeni olan laboratuvar eğitimi de göz ardı edilmeyerek sanal laboratuvarlar donanım ve içerik olarak geliştirilerek kullanımı yaygınlaşmıştır (Baş, 2022).

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırmanın amacı, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezinde yayınlanmış olan yüksek lisans ve doktora tezlerinde yer alan fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarısına olan etkilerinin geniş kapsamlı değerlendirilmesinin yapılmasıdır. Elde edilen verilerden yola çıkılarak ortak etki büyüklüğü hesaplaması yapabilmek için nicel veri analiz yöntemlerinden olan meta-analiz yöntemi kullanılarak gerekli yorumlamaların yapılması amaçlanmıştır.

Teknolojinin eğitime entegrasyonu sonucunda önemi artan eğitim teknolojilerinin öğrenciler üzerinde birçok farklı etkisi bulunmaktadır. Teknolojinin olumlu etkileri göz önüne alındığında bilgisayar ortamlarının kullanıldığı öğretim yöntemlerinin kullanımı zaman içerisinde yaygınlaşmıştır. Fen bilimleri gibi yaparak yaşayarak öğrenmenin temelini oluşturduğu bir bilim dalı için, öğrenme ortamlarının sanal ortamlara taşınması önemli bir gerekliliktir. Özellikle pandemi sürecinden sonra sanal eğitim ortamları içerik ve donanım açısından geliştirilmiştir. Bu gelişimin sonucunda sanal ortamların eğitim materyali olarak kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Bu sebeple bu alanda araştırmacıların çalışmalar yapması yaygınlaşmıştır. Alanyazın incelemesinde sanal laboratuvarlar hakkında çalışmalar yapmış birçok araştırmacıya rastlanmıştır. Bu araştırmalar hem konu alanı hem de örneklemeleri açısından farklılık göstermektedir. Sanal laboratuvarların etkisinin ortak bir değerlendirmesinin yapılması içerisinde bulunduğumuz teknoloji çağı için ve bu teknolojinin fen bilimleri dersi ile bütünleştirilebilmesi için büyük önem arz etmektedir.

Araştırmanın problem cümlesi “Fen bilimlerinde kullanılan sanal laboratuvarların öğrenci akademik başarısı üzerinde etkisi var mıdır?” olarak belirlenmiştir. Bu problem çerçevesinde “Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına olumlu bir etkisi var mıdır?” alt problemine de cevap aranacaktır.

Türkiye’de bu konuda yapılmış bir meta-analiz çalışması bulunmamaktadır. Yapılan çalışma hem alandaki bu boşluğu tamamlama açısından hem de önceki çalışmaların sonuçlarını bir araya getirip genel bir bakış açısı oluşturma konusunda olanak sağlayacağı için büyük önem arz etmektedir. Ayrıca meta-analiz yöntemi eğitim alanında yeni yeni kullanılmaya başlayan bir yöntemdir. Bu sebeple eğitimde meta-analiz çalışmalarına çok sık rastlanmamaktadır. Yapılan bu çalışma, eğitim alanında meta-analiz yöntemi kullanılarak bir araştırma yapmak isteyen araştırmacılara da yol gösterici niteliktedir. Ayrıca olası sonuçlar doğrultusunda eğitim teknolojilerinin içerik olarak geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması konusunda da alana önemli farkındalıklar sağlayabilecektir. Çalışmalardan elde edilen istatistiksel sonuçlar alana yön verebilecek nitelikte olduğu için, bu imkânlar doğrultusunda yapılan çalışma, alan gelişimine katkı açısından da önemli olacaktır.

2. YÖNTEM

Bu araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Borenstein vd. (2009)'a göre meta-analiz; çalışılacak olan veri setindeki sonuçların istatistiksel olarak derlenip ortak bir etki büyüklüğünün ifade edilmesi olarak tanımlanmıştır. Bu genel etki büyüklüğünün hesaplanması tek bir çalışmadan elde edilen etki büyüklüğüne göre daha anlamlı sonuçlar sunacaktır ve araştırmanın evrene genelleme yapabilmesine olanak sağlayacaktır. Meta-analizin amacı, genellikle bir uygulama yapıldıktan sonra diğer bir uygulamayla ya da normal şartlar altında etkisinin karşılaştırılabilmesidir (Borenstein vd. 2009). Bu yöntem sayesinde araştırmacı çalışmak istediği konu hakkında yapmış olduğu geleneksel alanyazın taramasına bir alternatif olarak birçok çalışmada bulunan nicel sonuçları derleyerek bu çalışmalar kapsamında konu hakkında analizler yaparak genel etki üzerine, nicel sonuçlar doğrultusunda, geniş bir yorum yapabilme imkânı bulmaktadır. Meta-analizi etkin kılan en önemli özelliği araştırmaya dâhil edilen çalışmaların katılımcı sayılarına göre etkililiğinin artmış olduğu ağırlıklı ortalamalarının kullanılmasıdır (Şen ve Yıldırım, 2020). Asıl amacı eldeki çalışmaların örneklemelerini tüm çalışmaların oluşturduğu evrene genellemek olan meta-analiz, çalışmalarda farklılıkların oluşumunda şans faktörünün varlığının test edilmesi ve olası durumlarda yorum yapılabilmesi açısından tercih edilen en yararlı yöntemlerdendir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Bilimsel araştırma yöntemlerinden meta-analiz yoluyla genel amaç doğrultusunda etki büyüklüğünün genel tahmini hesaplamasını yapmak, çalışmaların genele etkisindeki farklılıklarının nedenlerini araştırmak ve oluşan alt gruplarda müdahalenin etkilerindeki (veya analizdeki farklılıkları) heterojenliği belirlemek için araştırmacılar belirli adımları takip etmelidir. Şen ve Yıldırım (2020)'a göre bir meta-analizi gerçekleştirmek için gerekli olan adımlar Şekil 1'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 1. Meta-analizin adımları

Yapılan meta-analiz çalışmalarının raporlanmasını standartlaştırma için uzmanlar tarafından bazı protokoller geliştirilmiştir (Aşık ve Özen, 2019). Bu çalışmada <https://www.prisma-statement.org/> web sitesinde detaylı olarak bulunan PRISMA-2020 protokolü takip edilmiştir (Page M.J. vd., 2021). Bu protokole bir meta-analiz çalışmasının nasıl raporlanması gerektiği aşama aşama belirtilmiştir. Bu aşamalar takip edilerek çalışma raporlanmıştır.

Meta-analiz uygulamaları konunun belirlenmesiyle başlamaktadır. Bu araştırmanın konusu, fen bilimleri eğitiminde sanal laboratuvar kullanımı olarak belirlenmiştir. Konunun belirlenmesinden sonraki aşama problem durumunun belirlenmesidir. Bu araştırmanın problem durumu, fen bilimleri eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi olarak belirlenmiştir. Bir sonraki aşama olan alanyazın taraması meta-analiz çalışmalarının en önemli aşamasıdır (Eser, vd., 2022). Bu çalışmada alanyazın taraması YÖK Ulusal Tez Merkezinden yapılmıştır. Bakioğlu ve Özcan (2016)’a göre, alanyazın taramasından sonra ulaşılan çalışmalar arasından meta-analize dâhil edilen çalışmaların belirlenmesi için bazı ölçütler belirlenmekte ve bu ölçütleri sağlamayan çalışmalar analiz dışı tutulmaktadır. Dâhil edilme ve hariç tutulma kriterleri, meta-analize dâhil edilecek ve hariç tutulacak çalışmaların özellikleri hakkında bir dizi bilgi sunan ölçütlerdir ve güvenilir bir meta-analiz çalışması için kriterlerin tamamının kaydedilmesi ve raporlanması önemlidir (Card, 2015). Bu çalışmada tek bir tema seçilerek, akademik başarı değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın araştırma sorusu “Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımıyla ilgili yapılmış araştırmaların akademik başarı üzerine etkisi ne düzeydedir?” şeklinde belirlenmiştir. Alanyazın taraması YÖK Ulusal Tez Merkezi kapsamında “sanal laboratuvar” anahtar kelimesi ile yapılmış ve araştırma sonucunda ulaşılan çalışmaların her biri için dâhil edilme kriterlerine göre kodlama formu kullanılmış ve gerekli betimsel ve istatistiksel bilgiler kodlama güvenilirliğini sağlamak amacıyla iki kodlayıcı tarafından kodlanmıştır. Analizler Jamovi (2.6.13) paket programı kullanılarak yapılmış ve etki büyüklüğü hesaplanmıştır.

Şekil 1’de gösterilen meta-analiz adımları takip edilerek heterojenlik testi yapılmış ve I^2 istatistiği referans alınmıştır. Şen (2017)’e göre, I^2 istatistiği, çalışmalar arasındaki farklılığın heterojenlikten kaynaklandığını gösteren yüzdelik değerdir. İstatistiksel sonuçlara göre I^2 , %50’den büyükse heterojenlik yüksek; I^2 , %75’ten büyükse heterojenlik çok yüksek düzeydedir.

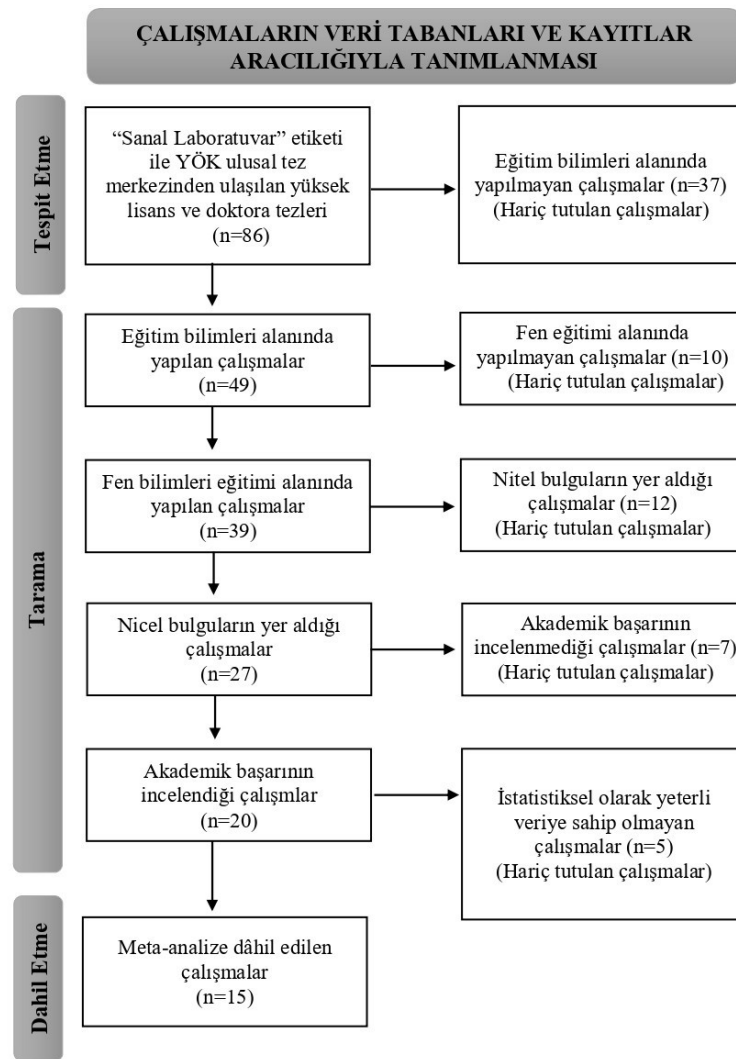
Analizlerin sonuçlanması, hesaplanması ve yorumlanması için model seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada rasgele etkiler modeli tercih edilmiştir. Şen ve Yıldırım, (2020)’a göre insan üzerine olan etkilerin incelendiği çalışmalarda hataların sistematik olmaması sebebiyle ve genellikle sosyal bilimlerde heterojenlik testine bakılmaksızın rastgele etkiler modeli tercih edilir. Daha sonra genel etki hesaplanarak yorumlamalar yapılmıştır.

2.1. Veri Toplama Araçları

Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrenci akademik başarıları üzerine etkisi konusu ile ilgili ulusal alanda yapılan yüksek lisans ve doktora tezleri değerlendirilerek,

istatistiksel açıdan uygun olanlar çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışmada kullanılacak tezlere ulaşmak için YÖK Ulusal Tez Merkezinden yararlanılmıştır.

Arama yapılırken “sanal laboratuvar” anahtar kelimesi kullanılmış ve aranılacak alan sınıflaması tümü olarak belirlenmiştir. Alanyazın taraması sonucunda çok sayıda veriye ulaşılamadığı ve bu konu alanında başka bir meta-analiz çalışması bulunmadığı için araştırmaya dâhil edilen çalışmalar için yıl kısıtlaması yapılmamıştır. Ulaşılabilen tüm çalışmalar değerlendirilmeye alınmıştır. Araştırma sanal laboratuvarların fen eğitiminde kullanımı üzerine olduğundan araştırmaya sadece fen eğitimi alanındaki çalışmalar dâhil edilmiştir. Araştırmanın yöntemi meta-analiz olduğundan bu yöntemin sınırlılıkları olarak sadece nicel verilerin bulunduğu ve ön test son test deney kontrol grubu kullanılan çalışmalar araştırmaya dâhil edilmiştir. Belirtilen bu aşamalar Şekil 2’de akış diyagramı ile sunulmuştur.



Şekil 2. Araştırmaya dâhil edilecek çalışmalar için akış diyagramı (Aşık ve Özen, 2019)

Şekil 2 incelendiğinde alanyazın taraması sonucunda ulaşılabilen 86 tane çalışma olduğu görülmektedir. Araştırma konusunda çok fazla çalışma yer almaması sebebiyle çalışmada yıl kısıtlaması yapılmamıştır. Bu çalışmaların meta-analize dâhil edilip edilmeyeceğine karar verilirken öncelikle türüne bakılmıştır. 37 çalışma eğitim alanında

olmayıp genellikle sanal laboratuvarların mühendislik açısından geliştirilmesi üzerine yapılmış çalışmalardır. Eğitim alanında yapılmış olan 49 çalışmadan 39 tanesi fen bilimleri eğitimi üzerine yapılmıştır. Meta-analiz yönteminin kullanılması sebebiyle 12 nitel çalışmalar hariç tutulmuş ve bu sebeple 27 çalışmada nicel yöntemler kullanıldığından araştırmaya dâhil edilebilmiştir. Nicel bulguların yer aldığı çalışmalar incelendiğinde 7 çalışmada akademik başarı ölçülmediği için hariç tutulmuştur. Akademik başarının değerlendirildiği 20 çalışma ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda 5 tanesi istenilen tema olan akademik başarı hakkında araştırılan konuya yönelik alt grup analizleri yaptığı için ve net bir istatistiksel analiz sonucu vermemesinden dolayı (Bozkurt 2008; Büyükkara, 2011; Erdan, 2014; Mutlu, 2015) veya örneklem büyüklüğü ve çalışmanın tercih etmiş olduğu istatistiksel yöntem etki büyüklüğü hesaplanmasına olanak vermediği için (Yıldırım, 2022) araştırmaya dâhil edilmemiştir.

Meta-analiz yapabilmek için en az iki çalışma olması gerekmektedir fakat meta-analiz için önerilen çalışma sayısı en az ondur (Şen ve Yıldırım, 2020). Bu bilgiler doğrultusunda 15 çalışma meta-analize dâhil edilerek detaylı incelemeler yapılmıştır.

Çalışmanın bağımlı değişkeni akademik başarı iken bağımsız değişkeni sanal laboratuvar ortamıdır.

2.2. Çalışma Grubu

Bu araştırmaya dâhil edilecek çalışmalar yurt içinde yapılmış olması göz önüne alınarak, Türkçe ya da İngilizce dillerinden herhangi birinde yayınlanmış olması farketmeksizin, fen bilimleri eğitimi ile ilgili ve akademik başarı üzerine etkinin çalışılmış olduğu, YÖK Ulusal Tez Merkezinden erişime açık olan yüksek lisans ve doktora tezleridir. Aynı zamanda dâhil edilecek olan çalışmalarda meta-analizin ön koşullarından olan; ön test-son test, kontrol grup modeli kullanan deneysel çalışmalar içermesi ve etki büyüklüğünün hesaplaması için yeterli verilere (aritmetik ortalama, standart sapma, deney grubu ve kontrol grubu örneklem sayıları) sahip olması gibi istatistiksel yeterlilikler de dikkate alınmıştır. Çalışmaların meta-analize uygunluğu ve dâhil edilecek çalışmalarda yanlılık olmaması için çalışmalar iki ayrı araştırmacı tarafından incelenmiş ve istatistiksel veriler ayrı ayrı kodlama formuna farklı araştırmacılar tarafından kodlanmıştır. Ayrıca yine yanlılık faktörünün en aza indirilmesi için ve elde edilecek olan genel etki büyüklüğünün güvenilirliğinin ve geçerliliğinin artması için farklı araştırmacılar tarafından; dâhil edilen çalışmaların, iç güvenilirlik ve dış geçerlilik durumları değerlendirilmiştir.

Çalışmada YÖK Ulusal Tez Merkezinde bulunmayan tezler, konuya ilişkin yayınlanmış makale, bildiri ve konferanslar, eğitim alanında yapılmamış çalışmalar, eğitim alanı olsa bile fen eğitimi konusunda araştırma yapılmamış çalışmalar, nicel bulguları içermeyen çalışmalar, akademik başarının incelenmediği çalışmalar ve yeterli istatistiksel veri bulundurmayan çalışmalar hariç tutulmuştur.

2.3. Verilerin Analizi

Çalışmada elde edilen veriler, işlem etkililiği meta-analiz yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışmanın analizinde Jamovi (2.6.13) yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda, deney ve kontrol

gruplarının; örneklem büyüklüklerinin, ortalamalarının ve standart sapma değerlerinin girilebildiği format seçilmiştir. Analizler gerçekleştirilirken anlamlılık düzeyi $p=0.05$ olarak seçilmiştir.

Eğitim ile ilgili uygulamaların incelendiği çalışmalarda etki büyüklüğü birçok farklı sebepten kaynaklı değişiklik gösterebilmektedir. Bu değişikliklerin sebepleri çoğu zaman bilinmemekle birlikte müdahale de edilememektedir. Bu değişikliklerin genel etki büyüklüğü üzerindeki etkilerini göstermenin yolu olarak meta-analiz yapılırken rastgele etkiler modeli kullanılmalıdır (Borenstein, 2009).

Seçilmiş çalışmalar için, örneklem büyüklüğü 20’den küçük ($n=15$) olduğundan etki büyüklüklerinin hesaplanmasında “Sidik-Jonkman Modeli” kullanılmıştır (Eser vd., 2022). Araştırmanın yayın yanlılığına sahip olup olmadığı incelenirken; huni grafiği, Rosenthal Korumalı N değeri, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Egger’ın regresyonu, kırılan ve eklenen çalışma sayısı analizlerinden yararlanılmıştır. Etki büyüklüğü değerleri incelenirken orman grafiği kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen istatistiksel veriler tablolar halinde sunulmuştur.

İstatistiksel hesaplamalar sonucunda elde edilen etki büyüklükleri yorumlanırken Cohen (1988) ve Thalheimer ve Cook (2002) tarafından yapılan sınıflandırmalar dikkate alınmıştır.

Cohen (1988)’e göre etki büyüklüğü aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Etki büyüklüğü değeri 0.20 ise küçük düzeyde,
- Etki büyüklüğü değeri 0.50 ise orta düzeyde,
- Etki büyüklüğü değeri 0.80 ise geniş düzeyde etkilidir (Akt. Özdemirli Çapar, 2011).

Thalheimer ve Cook (2002) tarafından geliştirilen sınıflandırmaya göre;

- $-0,15 < \text{Etki büyüklüğü değeri} < 0,15$ önemsiz (negligible) düzeyde,
- $0,15 < \text{Etki büyüklüğü değeri} < 0,40$ küçük (small) düzeyde,
- $0,40 < \text{Etki büyüklüğü değeri} < 0,75$ orta (medium) düzeyde,
- $0,75 < \text{Etki büyüklüğü değeri} < 1,10$ geniş (large) düzeyde,
- $1,10 < \text{Etki büyüklüğü değeri} < 1,45$ çok geniş (very large) düzeyde,
- $1,45 < \text{Etki büyüklüğü değeri}$ muazzam (huge) düzeyde etkilidir (Akt. Acar, 2011)

3. BULGULAR

Araştırma kapsamında “Fen bilimlerinde kullanılan sanal laboratuvarların öğrenci akademik başarısı üzerinde etkisi var mıdır?” problem cümlesine cevap aranmak için belirtilen çalışmalara meta-analiz uygulanmıştır ve “Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının

öğrencilerin akademik başarılarına olumlu bir etkisi var mıdır?” alt problemine de cevap aranmıştır. Bu uygulama, Jamovi (2.6.13) programıyla yapılarak seçilen model kapsamında elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Genel etki büyüklüğü istatistikleri

Rastgele Etkiler Modeli (k=15)						
	Tahmin	se	z	p	GA alt sınır	GA üst sınır
Değerler	6.85	1.92	3.56	0.003	2.718	10.975
*Tau ² Tahmincisi: Sidik-Jonkman. Knapp ve Hartung (2003) düzeltmesi kullanıldı.						

Tablo 1 incelendiğinde yapılan analizin örnekleminin 15 çalışmadan meydana geldiği (k=15); iki gruba ait ortalama farkın %95 güven aralığında (GA) olduğu ve alt sınır değerinin 2.718, üst sınır değerinin ise 10.975 olduğu göze çarpmaktadır. Meta-analiz sonucunda bulunan birleştirilmiş etki büyüklüğünün ise 6.85 olduğu görülmektedir.

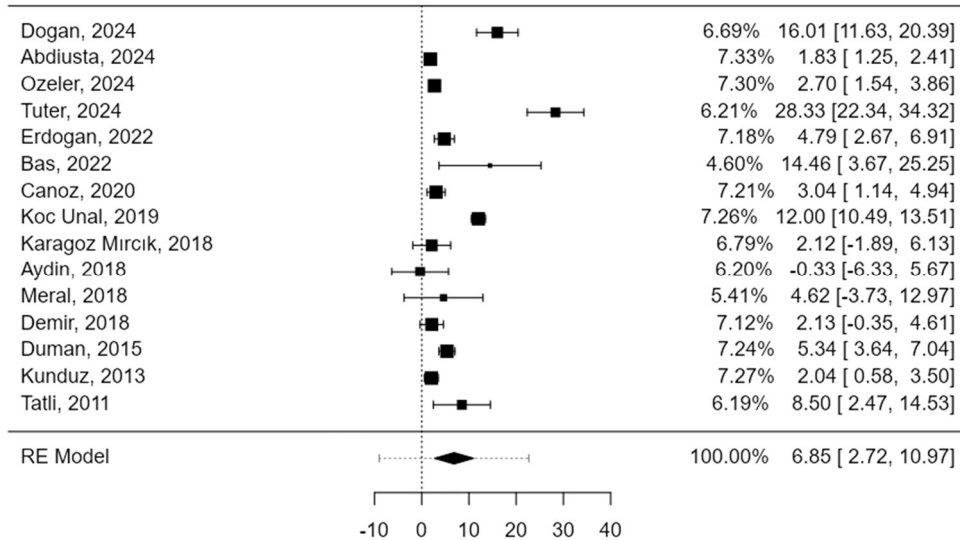
Tablo 2’de çalışmaya ait heterojenlik istatistiklerine ait bulgular sunulmuştur.

Tablo 2. Heterojenlik istatistikleri

Tau	Tau ²	I ²	H ²	R ²	df	Q	p
7.134	50.8997 (SE=19.3614)	98.3%	58.963		14.000	273.222	<.001

Heterojenlik istatistiklerine göre; Cochran’ın Q testi sonucunun istatistiksel olarak manidar olduğu görülmektedir. (Q (df=14) = 273.222, p= <.001). I² istatistiğine bakıldığında I²=%98.3’tür.

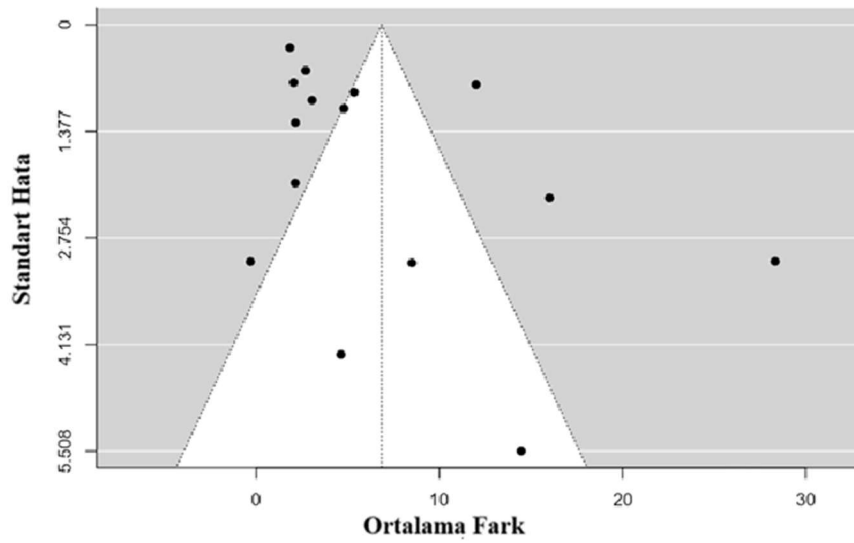
Çalışmalar hakkında genel bir etki büyüklüğü yorumlaması yapabilmek için Grafik 1’de sunulan orman grafiği incelenmiştir.



Grafik 1. Orman grafiği

Orman grafiğine bakıldığında genel etki büyüklüğü kapsamında meta-analiz sonucunda elde edilen birleştirilmiş etki büyüklüğü ve grafikten çıkarılan genel sonuçlar doğrultusunda, fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının akademik başarı üzerine etkisinin büyük olduğu söylenebilir. Çalışmaların genel etki büyüklüğü üzerindeki etkileri tartışma ve sonuç kısmında detaylı olarak ele alınacaktır. Araştırmanın etki büyüklüğünün etkilendiği çalışmaların incelenmesi için ve analiz sonucunda elde edilen etki büyüklüğünün geçerli olup olmadığını anlamlandırabilmek için araştırmanın yayın yanlılığına bakılmıştır.

Yayın yanlılığı yorumlamasının yapılabilmesi için öncelikle Grafik 2’de sunulan huni grafiği incelenmiştir.



Grafik 2. Huni grafiği

Huni grafiği incelemesi doğrultusunda çalışmaların büyük çoğunluğunun %95 güven aralığının dışında olduğu göze çarpmaktadır. %95 güven aralığının dışındaki çalışma sayısının çok fazla olması ve örneklem büyüklüğünün küçük olması sebebiyle muhtemel bir heterojenliğin olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve bu aşamadan sonra huni grafiğine ilişkin istatistiksel testler sunulmuştur.

Tablo 3. Yayın yanlılığı istatistikleri

Test Adı	Değer	p
Güvenli N değeri (Hata koruma sayısı)	1714.000	<.001
Begg ve Mazumdar Sıra Korelasyonu	0.276	0.169
Egger’in Regrasyonu	1.579	0.138
Kırılan ve Eklenen Çalışma Sayısı (Trim and Fill Number of Studies)	0.000	
*Rosenthal yaklaşımı kullanılarak hata koruma sayısı (Fail-Safe N) hesaplanmıştır.		

Tablo 3’te sunulan istatistikler ve huni grafiği kapsamında istatistiksel olarak manidar çıkan sonuçların yayın yanlılığından kaynaklanma ihtimali olmadığına ulaşılmıştır. Yani, yayın yanlılığının olduğuna dair herhangi bir kanıtımızın olmadığı söylenebilir. Kırılan ve eklenen

çalışma sayısına (Trim and Fill Number of Studies) bakıldığında sonucun sıfır olduğu görülmektedir. Bu da yayın yanlılığının olmadığını destekler niteliktedir. Ayrıca Tablo 3 kapsamında yer alan Güvenli N değeri (Hata koruma sayısı) meta-analiz sonucunda elde edilen p değerini tanımlamanın bir başka yoludur. Güvenli N analizine göre örnekleminde 15 çalışma bulunan bu araştırmanın ve bu araştırmadan elde edilen sonuçların geçersiz kılınabilmesi için bu çalışmalara karşılık olarak 1714 tane karşıt çalışma yapılmalıdır.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Meta-analiz çalışmasının bu bölümünde fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının akademik başarıya etkisini belirlemek için gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen verilere dayanarak bazı sonuçlara ulaşılmış, elde edilen bulgular tartışılmış ve son olarak gelecekte bu konu bağlamında yapılabilecekler hakkında önerilerde bulunulmuştur.

“Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarısına olumlu yönde etkisi var mıdır?” sorusuna cevap aramak amacıyla meta-analizi yapılan 15 çalışmanın ortak etki büyüklüğü değerine bakılmıştır. Tablo 1’e bakıldığında birleştirilmiş etki büyüklüğü 6.85 bulunmuş ve bu birleştirilmiş etki büyüklüğüne ait güven aralığı (2.218; 10.975) içerisinde sıfır değeri içermemesi açısından istatistiksel olarak anlamlıdır yani herhangi bir etkiye ilişkin kanıt vardır yorumlaması yapılabilir.

Yapılan meta-analiz sonucunda elde edilen Grafik 1’de sunulan orman grafiğine bakıldığında, bireysel çalışmaların genel etki büyüklüğü değerleri üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, birleştirilmiş genel etki üzerine en küçük oranda etkiye sahip olan çalışmanın % 4.60 oranı ile Baş (2022), en büyük oranda etkiye sahip olan çalışmanın ise % 7.33 oranı ile Abdiusta (2024)’e ait olduğu görülmektedir. Bu oransal etkinin, belirtilen çalışmaların örneklem büyüklükleri sebebiyle meta-analizde de ağırlıklı ortalamaların temel alınmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çalışmaların etki büyüklükleri ayrı ayrı ele alındığında ise en düşük etki büyüklüğünün Aydın (2018)’e ait olduğu, en yüksek etki büyüklüğünün ise Tüter (2024)’e ait olduğu görülmektedir. Yapılan meta-analizin kapsadığı çalışmalara bir bütün olarak bakıldığında Aydın (2018) haricinde çalışmaların neredeyse tamamı pozitif yönde etki göstermektedir. Ulaşılan bu sonuçlara bakıldığında çalışmaların çoğunluğunun pozitif yönde etki göstermesi; fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının, programda kullanılan geleneksel öğretim yöntemine yani geleneksel laboratuvarlara göre akademik başarı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu söyleyebilmemize olanak sağlar. 15 çalışmayı kapsayan genel etki büyüklüğü hesaplanmış (6.85) ve bu değer Cohen (1988) sınıflandırmasına göre geniş, Thalheimer ve Cook (2002) sınıflamasına göre de muazzam düzeydedir.

Grafik 1’de sunulan orman grafiğine bakılarak çıkarılan sonuçlar doğrultusunda siyah kareler nokta tahminine; siyah karelerin ortalarından sağa ve sola uzayacak şekilde geçmiş olan siyah çizgilerin sağ ve sol uçları ise çalışmaların etki büyüklüklerine ilişkin güven aralıklarına işaret etmektedir. Eser vd., (2022)’e göre bir çalışmaya ait siyah karenin ya da herhangi iki çizgi ucundan bir tanesinin sıfır noktasından geçen dikey çizgiden (etkisizlik çizgisi/line of no effect) geçmesi o çalışmanın ilgili güven aralıkları dâhilindeki etki büyüklüğünün istatistiksel olarak

manidar olmadığı anlamına gelmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda Grafik 1 incelendiğinde Karagöz Mırçık (2019), Aydın (2018), Meral (2018) ve kısmen de olsa Demir (2018)'in istatistiksel olarak manidar olmadığı göze çarpmaktadır.

Eser, vd. (2022)'e göre dikey siyah çizginin yani etkisizlik çizgisinin solunda bulunan kareler ilgili çalışmaların kontrol grubu lehine sonuç bildirdiğini; sağında bulunan kareler ise ilgili çalışmaların deney grubu lehine sonuç bildirdiğini ifade etmektedir. Grafik 1'de yer alan orman grafiği siyah karelerin etkisizlik çizgisinin sağında ve solunda olma durumuna göre bütüncül bir şekilde incelendiğinde, etkisizlik çizgisinin solunda olan yani kontrol grubu lehine sonuç bildiren çalışma sayısının deney grubu lehine sonuç bildiren çalışmaya sayısından daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elmas şeklinde olan görsel çalışmalara ilişkin birleştirilmiş sonucu yani genel etki büyüklüğünü ve genel etki büyüklüğüne ilişkin güven aralığını temsil etmektedir. 15 çalışmaya ilişkin birleştirilmiş sonuç %95 güven aralığında ve sıfır değerini içermediğinden deney grubu lehine anlamlı bir farklılık söz konusu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan yayın yanlılığı istatistikleri sonucunda ilk olarak Grafik 2'de sunulan huni grafiği incelendiğinde büyük çoğunluğunun %95 güven aralığının dışında olduğu göze çarpmaktadır. %95 güven aralığının dışındaki çalışma sayısının çok fazla olması ve örneklem büyüklüğünün küçük olması sebebiyle muhtemel bir heterojenliğin olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve bu aşamadan sonra diğer yayın yanlılığı testleri yapılmıştır.

Tablo 3'te sunulan bu testlerin sonuçları doğrultusunda, Rosenthal (1979) yöntemine göre güvenli N değeri (hata koruma sayısı/fail-safe N) 1714 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, araştırma sonuçlarını çürütmek için 1714 çalışmaya ihtiyaç olduğunu görülmektedir. Şen ve Yıldırım (2020)'a göre bu sayı oldukça fazla olduğu için güvenli N analizlerine bakıldığında, alanyazın taraması sonucunda da bu sayıda çalışmaya ulaşmak mümkün olmadığından, çalışma geçerlidir ve yayın yanlılığı yoktur denilebilir.

Yine Begg ve Mazumdar sıra korelasyon değerine bakıldığında $p=0.169$; Egger'in regresyonunda ise $p=0.138$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir korelasyon bulunduğunun ($p>0.05$) göstergesi olup yayın yanlılığının olmadığını kanıtlamıştır. Ayrıca Duval ve Tweedie (2000)'nin olası bir yayın yanlılığı durumunda yapılması gereken bir çözüm olarak ortaya koyduğu kırılan ve eklenen çalışma sayısı Tablo 3'te 0 olarak sunulmuştur. Bu değerle de yapılan meta-analiz çalışmasında yayın yanlılığının olmadığı kanıtlanmıştır.

İncelemeler sonucunda, fen bilimleri eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının akademik başarıya olan etkisinin geleneksel laboratuvar kullanımının etkisine oranla daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal laboratuvar destekli öğretime dayalı öğrenmenin akademik başarı üzerindeki olumlu etkisini gösterecek bireysel çalışmalar mevcuttur (Abdiusta, 2024; Açıslı ve Turgut, 2011; Aydın, 2018; Baş, 2022; Canöz, 2020; Demir, 2018; Doğan, 2024; Duman, 2015; Erdoğan, 2022; Karagöz Mırçık, 2018; Koç Ünal, 2019; Kunduz, 2013; Meral, 2018; Özeler 2024; Tatlı, 2011; Tüter 2024). Ancak yapılan alanyazın taraması sonucunda görülmüştür ki

fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımı ile ilgili yapılmış çalışmaların derlendiği bir meta-analiz çalışması bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmanın örneklem büyüklüğü ($k=15$) sonuçların yorumlanabilmesi açısından yeteri düzeydedir. Araştırma sürecinde analize alınacak veya alınmayacak çalışmalar nedenleri ile açıklanmıştır. Analizler sonucu güvenilirlik yüksek çıkmıştır ve bu unsurlardan dolayı çalışma iç geçerliğe sahiptir (Şen ve Yıldırım, 2020). Bunlarla birlikte bu meta-analiz çalışması, konuyla ilgili olan ve dâhil etme kriterlerini karşılayan her çalışmayı içerisinde barındırmaktadır. Çalışmalar, içerik olarak teorik açıdan mantıklı olup olmadığına bakılarak değerlendirilmiştir. Yayınlanmış çalışmaları taramak için uygun anahtar kelime kullanılmış ve alanyazın taraması yapılmıştır. Geçerlik ve güvenilirliği sağlamak için atılan adımlar çalışma süresince ayrıntılarıyla belirtilmiştir. Bu unsurlardan dolayı, bu çalışma Şen ve Yıldırım (2020)'e göre dış geçerliğe de sahiptir.

Yapılan bu çalışmada sanal laboratuvar etkinliklerinin geleneksel laboratuvar etkinliklerine kıyasla öğrencinin akademik başarısını artırmada daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle fen eğitiminde kullanılabilecek sanal laboratuvarların sayısı artırılabilir veya mevcut olan sanal laboratuvarlar içerik olarak geliştirilebilir.

Yaygın olarak kullanılmakta olan sanal laboratuvar uygulamaları yürürlükte olan fen bilimleri öğretim programında yer alan kazanım ve konular kapsamında incelendiği zaman yetersiz bulunmuştur. Akademik başarı üzerine olumlu etkisinin sunulduğu bu çalışma sonucunda, kullanılmakta olan uygulamaların içerik açısından geliştirilmesi ve öğretim materyali olarak daha fazla kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

2024 yılında yürürlüğe giren Maarif Model, eğitimde teknoloji entegrasyonunu teşvik eden yenilikçi bir yaklaşım sunar. Bu model kapsamında fen bilimleri derslerinde sanal laboratuvar kullanımı, öğrencilere deney yapma fırsatı tanıyarak onların bilimsel kavramları daha iyi anlamalarına yardımcı olur. Sanal laboratuvarlar, fiziksel sınırlamaları ortadan kaldırarak öğrencilere çeşitli deneyleri güvenli bir şekilde yapma imkânı sağlar. Öğrenciler, sanal ortamda malzemeleri seçip deneyleri gerçekleştirebilir, sonuçları gözlemleyebilir ve hatta farklı senaryoları test edebilirler. Maarif modele göre bu durum, öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirir ve öğrencilerin merakını artırır. Ayrıca, sanal laboratuvarlar analiz, problem çözme ve takım çalışması gibi becerilerin geliştirilmesine de olanak tanır. Öğretmenler, bu süreçte öğrencilere rehberlik ederek, deneylerin teorik arka planını ve analiz yöntemlerini öğretirler. Bu şekilde, öğrenci merkezli bir öğrenme ortamı oluşturulmuş olur.

Sonuç olarak, Maarif Modeli içerisinde sanal laboratuvarlar, fen bilimleri eğitimini zenginleştiren, doğruluk ve güvenilirlik sağlayan, interaktif ve ilgi çekici bir araç olarak yer alır. Yapılan bu çalışmada da model kapsamında sunulan bu bilgileri destekleyecek sonuçlara ulaşılmıştır.

Yapılan bu çalışmada sanal laboratuvar etkinliklerinin geleneksel laboratuvar etkinliklerine kıyasla öğrencinin akademik başarısını artırmada daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle fen eğitiminde kullanılabilecek sanal laboratuvarların sayısı artırılabilir veya mevcut olan sanal laboratuvarlar içerik olarak geliştirilebilir.

Yapılan çalışmanın sonucu göz önüne alındığında yüksek bir etkinin varlığı görüldüğünden öğretim yöntemi olarak sanal laboratuvar kullanımının arttırılması önerilmektedir. Öğretmenler ve öğrenciler bu konuda yetkinliklerini arttırmalıdır.

Yapılan bu meta-analiz çalışmasında sanal laboratuvar kullanımının fen eğitiminde öğrencilerin akademik başarısına etkisi genel olarak değerlendirilmiştir. Aynı konu üzerinde çalışma yapacak diğer araştırmacılara, farklı temalar ve bu temalara etki eden değişkenler üzerine çalışma yapmaları önerilmektedir.

Öğrenme-öğretme süreçlerinde sanal laboratuvarların kullanımının yaygınlaşmasının hem öğretmenlere kolaylık sağlayacağı hem de öğrencilerin ilgi ve motivasyonlarını artıracığı düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada yurt içinde yapılan ve sadece YÖK Ulusal Tez Merkezi üzerinden erişim sağlanabilen çalışmalar incelenmiştir. Zaman problemi olmayan araştırmacılar, makaleleri ve yayınlanmamış kaynakları araştırabilirler ve ayrıca uluslararası karşılaştırmalar da yapılabilirler.

KAYNAKLAR

*Meta-analize dâhil edilen çalışmaları belirtmektedir.

*Abdiusta, E. (2024). *İlkokul 4. sınıf Fen Bilimleri dersinde uygulanan sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına ve öğrenmenin kalıcılığına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.

Acar, S. (2011). *Bilgisayar destekli öğretimin öğrencinin fizik kimya biyoloji ve matematik alanlarındaki tutumlarına olan etkisinin meta-analiz yöntemi ile incelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Açıslı, S., ve Turgut, Ü. (2011). The Examination of the Influence of the Materials Generated In Compliance With 5E Learning Model on Physics Laboratory Applications. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 562-593.

Akgün, Ö. E. (2005). Bilgisayar destekli ve fen bilgisi laboratuvarında yapılan gösterim deneylerinin öğrencilerin fen bilgisi başarısı ve tutumları üzerindeki etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 1-20.

Akkâğıt, Ş. F. ve Tekin, A. (2012). Simülasyon tabanlı öğrenmenin ortaöğretim öğrencilerinin temel elektronik ve ölçme dersindeki başarılarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, 13(2), 1-12.

Akpınar, E., Aktamış, H. ve Ergin, Ö. (2005). Fen Bilgisi dersinde eğitim teknolojisi kullanılmasına ilişkin öğrenci görüşleri. *Turkish Online*, 4(1), 93-100.

Alpar, D., Batdal, G. ve Avcı, Y. (2007). Öğrenci merkezli eğitimde eğitim teknolojileri uygulamaları. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 19-31.

Aşık, Z., ve Özen, M. (2019). Meta-analysis steps and reporting. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 13(2), 232-240.

- *Aydın, Ş. Z. N. (2018). *Fen bilgisi dersi öğretiminde sanal laboratuvar uygulamasının kullanılması ve değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bahar, M., Yener, D., Yılmaz M. ve Emen, H., Güner, F. (2018). 2018 Fen bilimleri öğretim programı kazanımlarındaki değişimler ve fen teknoloji matematik mühendislik (STEM) entegrasyonu. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 702-735.
- Bakioğlu, A. ve Özcan, Ş. (2016). *Meta-analiz* (1.Baskı). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- *Baş, K. (2022). *Fen eğitiminde sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına ve fen tutumlarına etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Başar, T. ve Demiral Ü. (2019). “2013, 2017 ve 2018 fen bilimleri dersi öğretim programlarının karşılaştırılması”. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi*, 33(1), 261-292.
- Bozkurt, E. (2008). *Fizik eğitiminde hazırlanan bir sanal laboratuvar uygulamasının öğrenci başarısına etkisi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Borenstein, M., Hedges L., Higgins J. & Rothstein H. (2009). *Introduction to meta-analysis* (1th Ed.). A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.
- Büyükkara, S. (2011). *İlköğretim 8. sınıf fen ve teknoloji dersi ses ünitesinin bilgisayar simülasyonları ve animasyonları ile öğretiminin öğrenci başarısı ve tutumu üzerine etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- *Canöz, G. M. (2020). *Argüman tabanlı sanal laboratuvar uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarı argümantasyon seviyeleri ve girişimcilik becerileri üzerine etkisinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Card, N. A. (2015). *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford Publications.
- Çinici, A., Özden, M., Akgün, A., Ekici, M. ve Yalçın, H. (2013). Sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin ışık ve ses ünitesiyle ilgili başarıları üzerine etkisinin karşılaştırılması. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 92-106.
- *Demir, A. (2018). Kuvvet ve hareket konusunda sanal fen laboratuvarı kullanımının öğrenci başarısına etkisi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Demirhan, S. (2012). *Fen ve teknoloji öğretmenlerinin bilgi ve iletişim teknolojilerine ilişkin özyeterlik algıları ve bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanım durumları (Denizli ili örneği)*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Deveci, İ. (2018). Türkiye’de 2013 ve 2018 yılı fen bilimleri dersi öğretim programlarının temel öğeler açısından karşılaştırılması. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 799-825.
- *Doğan, E. (2024). *6. sınıf yoğunluk konusu üzerine sanal laboratuvar uygulamalarının akademik başarıya, tutuma ve kalıcılığa etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

- *Duman, M.Ş. (2015). *8.sınıf öğrencilerinin 'Maddenin Halleri ve Isı' ünitesinde karşılaşılan kavram yanlışlarının belirlenmesi ve giderilmesine, başarı düzeylerine ve öğrenilenlerin kalıcılığına sanal laboratuvar uygulamalarının etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Erdoğan, S. (2014). *Sanal laboratuvarın, öğrenenlerin akademik başarılarına ve algılanan öğrenmelerine etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Osman Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- *Erdoğan, Ş. (2022). *Geometrik optik konularında hazırlanmış bir sanal laboratuvar uygulamasının öğrencilerin kavramsal anlamaları ve başarıları üzerine etkisi.* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Eser, M. T., Yurtçu M. ve Aksu G. (2022). *R programa dili ve jamovi ile meta-analiz uygulamaları* (3.baskı).Ankara: Pegem Yayıncılık.
- *Karagöz Mırçık, Ö. (2018). *Basit elektrik devreleri konusu ile ilgili kavramların öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7e öğretim modelinin öğrencilerin zihinsel modelleri üzerindeki etkileri.* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kardaş, N., Anagün, Ş. S, ve Yalçınoglu, P. (2014). Problem çözme envanterini ilköğretim öğrencilerine uyarlama çalışması: doğrulayıcı faktör analizi sonuçları. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(51), 182-194.
- *Koç Ünal, İ. (2019). *Sanal ve gerçek laboratuvar uygulamalarının, 5. sınıf fen dersi elektrik ünitesi öğretiminde öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisinin incelenmesi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- *Kunduz, N. (2013). *Animasyonlarla öğretimin ve eğitsel oyunların çöktürme titrimetrisi konusunda akademik başarı üzerine etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- MEB, (2005). Fen Bilimleri Öğretim Programı
- MEB, (2013). Fen Bilimleri Öğretim Programı
- MEB, (2015). Fen Bilimleri Öğretim Programı
- MEB, (2018). Fen Bilimleri Öğretim Programı
- MEB, (2024). Fen Bilimleri Öğretim Programı
- *Meral, A. (2018). *Web tabanlı sanal fen ve teknoloji laboratuvar etkinliklerinin öğrencilerin başarısına ve motivasyonuna etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Mulenga, E. M. ve Marbán, J. M. (2020). Is COVID-19 The gateway for digital learning in mathematics education. *Contemporary Educational Technology*, 12(2), 269.
- Mutlu, A. (2015). *Genel kimya düzeyinde gerçek ve sanal laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilen rehberli sorgulamaya dayalı etkinliklerin öğrenme sürecine etkisi.* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemirli Çapar, G. (2011). *İşbirlikçi öğrenme yönteminin öğrencinin matematik başarısı ve matematiğe ilişkin tutumu üzerindeki etkililiği: Bir meta-analiz çalışması.*

- (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- *Özeler, E. (2024). *Maddenin tanecikli yapısı konusunun öğretiminde sanal laboratuvar uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin başarılarına*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özer, İ. , Canbazoglu Bilici, S. ve Karahan, E. (2015). Fen bilimleri dersinde algodoo kullanımına yönelik öğrenci görüşleri. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 28-40.
- Öztürk, M. (2008). *John Dewey'in eğitim felsefesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *Thebmj*, 160, 372.
- Seven, A. ve Engin, A. (2018). Fen bilimleri eğitiminde laboratuvarın önemi. *Turan: Stratejik Araştırmalar Merkezi*, 10(38), 256-265.
- Şen, Z. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and applied climatology*, 127, 939-947.
- Şen, S. ve Yıldırım, İ. (2020). *CMA ile meta-analiz uygulamaları* (1. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Şimşek, A., Özdamar, N., Becit, G., Kılıçer, K., Akbulut, Y. ve Yıldırım, Y. (2008). Türkiye'deki eğitim teknolojisi araştırmalarında güncel eğilimler. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19, 439-458.
- *Tatlı, Z. (2011). *Ortaöğretim 9. sınıf kimyasal değişimler ünitesine yönelik sanal kimya laboratuvarı deneylerinin geliştirilmesi uygulanması ve değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temizyürek, F. (2003). Türkçe öğretiminde çocuk edebiyatının önemi. *Türklük Bilimi Araştırmaları*, (13), 161.
- *Tüter, A. (2024). *Fizik dersinde sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci akademik başarısına ve derse yönelik tutumuna etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Uluçınar, Ş., Cansaran, A. ve Karaca, A. (2004). Fen bilimleri laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(4), 465-475.
- Ünal, B. B. (2017). Web tabanlı uzaktan eğitimin fen bilimleri konularında öğrenci başarısına etkisi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(9), 481-490.
- Yaman, E. (2022). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının 21.yy öğrenen becerileri ile eğitim teknolojilerine yönelik öz-yeterlilik düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yardımcı, A. B. (2022). Thomas Kuhn ve Bilimin Doğası: Fen Eğitimi ve Bilim Felsefesi Açısından Bir İnceleme. *Tabula Rasa: Felsefe ve Teoloji*, 39, 30-42.

Yıldırım, E. A. (2022). *Fizik öğretiminde akıllı telefon kullanımı geometrik optik örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Etik Kurul Belgesi: Bu bilimsel araştırma, meta analiz yöntemi ile hazırlandığı için Etik Kurul İzin Belgesi alınmasına gerek kalmamıştır.

Atıf için/ For Citation: Özdemir, G. ve Ünal, İ. (2025). Fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi: Meta-analiz çalışması. *Uluslararası Eğitim Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(1), 66-86.