Eğitim ve Bilim

Cilt 44 (2019) Sayı 199 103-126

Fizik Öğretmen Adaylarının Deneysel Kanıtları Değerlendirirken Karşılaştıkları Zorluklar

Olga Gkioka [1]

Öz

Bu çalışma, fizik öğretmen adaylarının deneysel sonuçların niteliğini değerlendirirken karşılaştıkları zorluklar hakkındadır. Çalışmaya, altı dönem boyunca (her dönemde altı katılımcı olmak üzere) toplam otuz altı fizik öğretmen adayı katılmıştır. Katılımcılar deneyleri tasarlamış, uygulamış, sonuçları analiz etmiş, deneysel kanıtların niteliğini değerlendirmiş ve son olarak tüm deneysel prosedürü değerlendirmiştir. Ayrıca, katılımcılardan kendi elde etmedikleri deneysel kanıtların ve yargıların (ikincil veri kaynağı) niteliklerini de değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışmanın veri kaynaklarını, her bir deney için hazırlanan laboratuvar raporları, sınav kağıtları ve bireysel görüşmeler oluşturmaktadır. Nitel ve nicel veri analizleri sonucunda, katılımcılar arasında belirli trend bulgularına rastlanmıştır. Fizik öğretmen adaylarının, deneysel geçerlik, ölçüm güvenirliği, kesinlik ve hassasiyet kavramlarını anlama konusunda zorluk yaşadığı tespit edilmiştir. Öğretmen adayları, bu tip kavramları göz önünde bulundurarak kanıtları değerlendirmede ve yargıda bulunmada zorlanmıştır. Katılımcıların, deneysel hata kaynaklarıyla ilgili de zorluk yaşadığı tespit edilmiş, sistematik ve rastgele hataları birbirinden ayıramadıkları gözlenmiştir. Özellikle, sürekli ölçüm yapmanın neyi "daha iyi hale getirdiği" konusunda öğrencilerde kafa karışıklığı saptanmıştır. Öğretmen adaylarının laboratuvar becerilerini geliştirecek ve liselerde laboratuvar dersi verme konusunda öz güvenlerini arttıracak özel öğretmen eğitimi programlarına ihtiyaç vardır. Öğretmenlik uygulaması, müfredat geliştirme ve ileri araştırmayla ilgili öneriler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Deneysel kanıtları değerlendirme
Geçerlik
Kesinlik
Güvenirlik
Fizik laboratuvarı
Fizik öğretmen eğitimi

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 09.07.2018
Kabul Tarihi: 28.02.2019
Elektronik Yayın Tarihi: 12.07.2019

DOI: 10.15390/EB.2019.8030

[1] Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü, Türkiye, olga.gkioka@boun.edu.tr

Giriş

Pek çok fen müfredatına göre, lise öğrencileri uyguladıkları deneyleri ve deneysel kanıtlarla ilgili ikincil kaynakları değerlendirebilmelidir. Dolayısıyla, öğrenciler bilimsel kanıtların geçerlik ve güvenirliğiyle ilgili doğru bir anlayışa sahip olmalıdır. Ölçüm güvenirliği ve deneysel geçerlik, lise fizik laboratuvarlarında sıklıkla vurgulanan kavramlardandır. Laboratuvar becerileri ve deneysel değerlendirme anlayışı, lise ve lise sonrası fen programlarında doğrulayıcı laboratuvar derslerinin yaygın olması dolayısıyla gelişme alanı bulamamaktadır. Bu da öğrencilerin deneysel kanıtları eleştirel bir şekilde değerlendirmesini zorlaştırmaktadır (Albers, Rollnick ve Lubben, 2008; Leach, 1999).

Bu araştırmanın amacı, öğretmen adaylarının deneysel kanıtların niteliğiyle ilgili anlayışlarını incelemektir. Araştırmanın bulguları, fizik öğretmen yetiştirme programı kapsamındaki bir dersin geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır.

Lisans yılları, bilimsel okur yazarlığı olan bireylerin ve bilim insanlarının yetiştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Lise öğrencilerinin laboratuvarda deneyim ve öz güven kazanması, onların yüksek öğrenimleri ve kariyerleri için hazırlanmalarını sağlayacaktır. Bu bağlamda, fen öğretmenlerinin bilimsel okur yazarlığı olan bireyler ve fen bölümlerine gidecek yetkin öğrenciler yetiştirme gibi sorumlulukları vardır. İyi yetiştirilmiş öğretmenlerin, öğrenci öğrenmesi ve başarısı üzerinde kritik bir yeri vardır (National Research Council, 2001).

Bu çalışma, Gott ve Duggan'ın (1995, 1996) savunduğu bir düşünceye dayanmaktadır. Araştırmacılara göre, öğrenciler deney tasarlarken, uygularken ve elde edilen kanıtları ve yargıları değerlendirirken, bilimsel kanıtların güvenirliği ve geçerliğiyle ilgili birbirinden farklı kavrayışlara sahip olabilir. Daha basit bir ifadeyle, öğrenciler bilimsel kanıtların niteliğini ya da kendi deneylerini değerlendirirken, iki temel meseleyi göz önünde bulundurmalıdır:

- Verilere inanılabilir mi?
- Veriler araştırma sorusunu cevaplayabilir mi?

Gott ve Duggan'a (1995, 1996) göre, deney yapan kişiler bilimsel kanıtları etraflıca inceleyebilmek için gerekli anlayışa sahip olmalıdır. Aynı araştırmacılara göre, laboratuvardaki kararlar "'eylemin arkasındaki düşünce' bakış açısı ve ölçümlerin hangi sayıda, aralıkta ve örneklemle yapılacağı, sonuçlardaki örüntülerin nasıl yorumlanacağı ve tüm deneyin nasıl değerlendirileceği şeklindeki kavramlar" göz önünde bulundurularak alınmalıdır (s.186). Aynı argümanlar, bilimsel uygulamaların, 'eylemin arkasındaki düşünce' bakış açısıyla yapılmasını savunan Roberts ve Johnson (2015) tarafından daha da geliştirilmiştir.

Araştırmanın Kavramsal ve Teorik Çerçevesi

Fizik laboratuvarında deneysel kanıtları değerlendirirken, deney geçerliği ve ölçüm güvenirliği gibi kavramlar göz önünde bulundurulmalıdır. Deney geçerliği, uygun ekipman, değişkenlerin belirlenmesi ve uygun ölçüm prosedürlerini içinde barındırır. Ölçüm güvenirliği ise ölçüm prosedürlerinin tutarlı olması anlamına gelmektedir (Taylor, 1997). Güvenilir bir deney, tutarlı sonuçlar verir. Sonuçların güvenilir olması için, deney tekrarlanmalı ve tutarlı (kabul edilebilir hata aralığı içinde) sonuçlar elde edilmelidir. Lewin ve Goldstein'ın (2012) belirttiği gibi:" Belirsizlikle ilgili bilgi olmadan yapılan ölçümlerin hiçbir anlamı yoktur". Bir deneydeki rastgele belirsizlik küçükse, o deney hassas olarak nitelendirilir. Hassasiyet, ölçümlerin doğru olup olmadığından bağımsız olarak, yapılan ölçümlerden ne kadar emin olunduğuyla ilgilidir (Bevington ve Robinson, 2003; Taylor, 1997). Bir deneydeki sistematik belirsizlik küçükse, o deney kesin olarak nitelendirilir. Kesinlik, bir değerin kabul edilen değere ne kadar yakın olduğunu belirtir.

Değerlendirme, takip edilen deneysel prosedürün geçerlik ve güvenirliğinin eleştirel bir bakış açısıyla incelenmesidir. Deneysel kanıt ve prosedürlerin değerlendirilmesi, kanıt olarak neyin 'kabul edilebileceği' bilgisine dayanmalıdır. Bilimde, neyin kanıt olarak 'kabul edilebileceği' ile ilgili 'kurallar'

vardır ve bu kurallar iyi nitelikli değerlendirmelerin temelini oluştururlar. Bir fizik laboratuvar raporunun değerlendirme kısmında olması ve göz önünde bulundurulması gereken noktalar şu şekildedir:

- Sonuçları eleştirel bir şekilde incelemek ve yargıda bulunmak için kanıtların güvenilir olup olmadığına karar vermek.
- Sonuçların kesin olup olmadığını, yüzde hata hesaplamaları gibi verileri kullanarak yorumlamak.
- Sonuçların geçerli ve güvenilir olup olmadığını yorumlamak- sonuçları başka faktörler etkilemiş olabilir mi, bu etki anlamlı mı, bununla ilgili herhangi bir kanıt var mı?
- Uygun olmayan (prosedürdeki ve/veya ölçümlerdeki hatalardan kaynaklanan) sonuçları belirlemek ve açıklamak.
- Deneyin sınırlamalarından bahsetmek ve olası iyileştirmeler önermek (açık detaylar içermeli).
- Gelecek çalışmalar için iyileştirici ya da kanıtları arttıracak önerilerde bulunmak.

Bu araştırma, laboratuvar eğitimiyle ile ilgili Amerika'da yayınlanmış üç ana raporun önerilerine dayanarak geliştirilmiştir. İlk olarak, Amerika Laboratuvar Raporu'nun "Lise Fen Eğitiminde İncelemeler" kısmında, "Fen öğretmenleri için aday eğitimi, direkt olarak laboratuvar deneyimlerine hitap etmiyor ve öğretmenlere laboratuvar deneyimlerini yönlendirecek bilgi ve becerileri kazandırmıyor" şeklinde bir ifade vardır (Singer, Hilton ve Schweingruber, 2005, s.1). Ayrıca, "gelecekteki lise fen öğretmenlerinin aldığı güncel lisans eğitimi, onlara bu tarz öğretim stratejilerini uygulayacak pedagoji ve alan bilgisini yeterince sağlamamaktadır" (Singer vd., 2005, s. 5-6). Aynı raporda, "Lise fen öğretmenlerinin laboratuvar deneyimlerini etkili bir şekilde yönlendirme becerilerinin arttırılması, bu deneyimlerin eğitimle ilgili hedeflerinin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu durum, lisans fen eğitiminde, gelecekteki fen öğretmenlerine bir dizi laboratuvar deneyimi sunmak ve öğretmenleri desteklemek için daha kapsamlı sistemler oluşturmak gibi birtakım ana değişiklikler yapılmasını gerektirebilir" (Singer vd., 2005), s.216).

İkinci olarak, "Bilimi Okula Götürmek" raporunda, "Öğretim, aşamalı olarak çok yönlü bir anlayışla ve bilimsel uygulamalarla temellendirilmelidir, (…) Uygulamalar, anlaşılır bir sistemle ya da çalışmayı yönlendirecek kriterlerle desteklenmelidir." vurgusu yapılmıştır (Duschl, Schweingruber ve Shouse, 2007, s. 251).

Üçüncü olarak, Amerikalı Fizik Öğretmenleri Topluluğu'nun (AAPT) (2014, 2017) lisans fizik laboratuvarlarıyla ilgili raporuna göre, lise ve lisans öğrencileri için amaç deney tasarlayabilmek, teknik ve pratik beceriler geliştirmek, verileri analiz edip gözünde canlandırabilmek ve fizik hakkında iletişim kurabilmek olmalıdır. Ayrıca, lisans düzeyindeki fizik öğrencileri, farklı ölçüm prosedürlerinin farklı belirsizliklere sebep olabileceğini bilmeli, ölçümleri iyileştirecek şekilde tasarım yapabilmeli, deneysel tasarımı bileşenlerine ayırmayı öğrenmeli, varsayımları test etmek ve ölçüm araçlarının sınırlamalarını anlamak için deneyler tasarlamalıdır. Ek olarak, öğrenciler kullandıkları yöntemleri, sonuçları ve bulguları "neden?" sorusu üzerinde durarak aktarmayı öğrenmelidir. Amerikalı Fizik Öğretmenleri Topluluğu'na göre, öğrencilerin bilimsel kanıtlar üzerinde düşünüp yorum yapmalarına yardımcı olacak açık bir öğretim anlayışı benimsenmelidir.

Halbuki, McDermott'ın (1990) da belirttiği gibi, fizik öğrencilerinin lisans düzeyindeki fizik laboratuvar derslerine düzenli katılmalarının, onlara laboratuvar dersi verecek bilgi ve becerileri kazandırdığı varsayılmaktadır. Bu varsayım, lisans düzeyinde yoğun ve zor dersler almanın, öğretmenleri daha iyi yetiştireceği düşüncesiyle paralellik göstermektedir (McDermott, 2014).

Yine de fizik öğretmen adaylarının deneysel kanıt anlayışlarıyla ilgili az şey bilinmektedir. Fizik öğretmen adaylarının hangi kriterleri kullanarak deney sonuçlarını ve kanıtları değerlendirildiğiyle ilgili çalışmalar yapılmalıdır çünkü bu konu araştırmalarda fazla ilgi görmemiştir.

Öğrencilerin Deneysel Kanıtları Değerlendirirken Karşılaştıkları Zorluklar

Birçok lisans düzeyindeki fizik ve lise öğrencisi laboratuvarda zorluk yaşamaktadır. Alan yazında, fizik laboratuvarında karşılaşılan bir dizi zorluklar ve yapılan sık hatalar belirtilmektedir. Bu bağlamda, Boudreaux, Shaffer, Heron ve McDermott (2008), lisans düzeyindeki öğrencilerin değişkenlerin kontrolü konusundaki akıl yürütme becerilerini incelemiştir. Çalışmanın katılımcıları lisans düzeyindeki fizik öğrencileridir ve onlardan verilen bir değişkenin bir sistem davranışı üzerinde etkisi olup olmadığını bulmaları istenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, birçok öğrenci değişkenlerin kontrol edilmesi gerektiğini söylemiştir fakat bu durumun altında yatan sebepleri açıklamakta zorlanmıştır. Başka birtakım çalışmalar, öğrencilerin deneysel geçerlikle ilgili bir dizi kavram yanılgısına sahip olduğunu ve kontrollü deneyle ilgili anlayışlarının doğru olmadığını ortaya koymuştur. Araştırmaların sonuçlarına göre, lise ve lisans düzeyindeki öğrenciler, bilimsel kanıtların deneysel geçerliği ile ilgili sınırlı bir anlayışa sahiptir.

Lubben ve Millar (1996), çocukların deneysel verilerin güvenirliği, hata hesaplaması ve ölçüm hatasıyla ilgili anlayışlarını, yazılı bir araştırma anketi kullanarak incelemiştir. Çalışmaya 11, 14 ve 16 yaşında, 1000'den fazla öğrenci katılmıştır ve öğrencilerden deneyleri tekrarlamanın önemi ve veri çeşitliliğini yorumlamayla ilgili değerlendirme yapmaları istenmiştir. Deneyleri tekrarlamanın fonksiyonu, tekrarlanan deneyleri ve uygun olmayan sonuçları nasıl yorumlamak gerektiği ve deney tekrarlamanın yaygınlaştırılmasıyla ilgili bir dizi fikir ortaya çıkmıştır.

Laboratuvar çalışmalarıyla ilgili yapılan araştırmalar, lisans öğrencilerinin ölçüm ve deney yapmanın doğasını kavradığı varsayımını sorgulamaktadır (Lubben, Campbell, Buffler ve Allie, 2001; Séré, Journeaux ve Larcher, 1993). Birçok lisans öğrencisi, geleneksel bir laboratuvar dersini tamamladığında, genelgeçer kabul gören bilimsel modellerle çatışan bir ölçüm anlayışına sahip olmaktadır. Örneğin, Séré ve diğerlerine (1993) göre, lisans öğrencilerinin büyük bir çoğunluğu, bir ölçümün ideal sonucunu "kesin" ya da "nokta atışı" olarak görmektedir. Veri okumayla ilgili Fransız fizik lisans öğrencileriyle (birinci sınıf) yapılan bir çalışmada (Séré vd., 1993), öğrencilerin çoğunluğunun bir ölçüm için tek bir "doğru" değer olduğuna inandıkları ve bu yüzden ölçümdeki farklılıkları hata olarak gördükleri bulunmuştur. Séré ve diğerlerine (1993) göre, istatistiksel prosedürleri doğru kullanmış olmak bile, prosedürleri kullanma amaçlarını anlamayı ya da verilerin güvenirliğini değerlendirmeyi nadiren göstermektedir. Yalnızca bir ölçüm gerçekten "kötü" olarak düşünüldüğünde, bir aralık olarak raporlanmaktadır (Lubben vd., 2001).

Öğrencilerin laboratuvarda verdikleri cevapları sınıflandırırken, iki farklı akıl yürütme şekli ortaya atılmış ve kullanılmıştır. Bunlar noktasal ve kümesel akıl yürütmedir. Noktasal akıl yürütme, her bir ölçümün prensipte gerçek değeri vereceği düşüncesine dayanmaktadır. Sonuç olarak, ölçümlerin bir aralıktan ziyade tek bir "nokta atışı" sonuç vereceği algısı oluşmaktadır. Bu tip bir düşünce şekli, Séré ve diğerlerinin (1993) çalışmasında belirttiği üzere, doğru bir değer bulmak için tek bir ölçüm yapmak gerektiğini göstermektedir. Kümesel akıl yürütme ise, her bir ölçümün sadece gerçek değerin ortalamasını verdiği düşüncesine dayanmaktadır. Sonuç olarak, birçok ölçüm yapılmalı ve belirli bir değer etrafında toplanan bir dağılım elde edilmelidir.

Deneysel çalışmalarda ölçüm belirsizliklerini tahmin etmek çok önemlidir. Bununla birlikte, bu durum okul müfredatlarında ve öğretmenlik uygulamasında çoğunlukla ihmal edilmektedir (Priemer ve Hellwig, 2018). Araştırma sonuçlarına göre, lisans fizik ve lise öğrencilerinin, ölçümleri tekrarlamanın neden gerekli olduğuyla ilgili doğru bir anlayışları bulunmamaktadır (Grant, 2011; Lubben ve Millar, 1996**)**. Öğrenciler herhangi bir sebeple bir dizi ölçüm yaptıklarında ya da bir dizi ölçüm değeri incelediklerinde, tekrarlanan değeri ya da değerlerin birebir karşılaştırmasını seçmektedir. Öğrencilerin deneylerin tekrarlanmasıyla ilgili farklı kavram yanılgıları vardır.

Lise öğrencileri ve lisans düzeyindeki fizik öğrencileri, deneysel veri toplama ve değerlendirme konusunda farklı anlayışlara sahiptir. Örneğin, Allie, Buffler, Kaunda, Campbell ve Lubben (1998), lisans düzeyindeki fizik öğrencilerinin uygun olmayan bir veri noktasıyla uğraşırken farklı stratejiler kullandığını söylemiştir. Allie ve diğerleri (1998), lisans düzeyindeki fizik öğrencilerinin yaklaşık yarısının verilerin güvenirliğini değerlendirirken varyansı göz önünde bulundurduğunu belirtmiştir. Diğer araştırmacılar öğrencilerin, ortalamanın birçok ölçüm sonucunu temsil ettiği düşüncesiyle ilgili zorluk yaşadığını bulmuştur (Leach, 1999). Lise ve lisans öğrencileri, çoğunlukla deneyleri tekrarlamanın gerekçeleri, uygun olmayan durumlarda izlenecek adımlar ve varyansın güvenirliği sağlamadaki rolü hakkında naif bir anlayışa sahiptir. Bulgular ilkokul (Varelas, 1997), orta okul ve lise (Foulds, Gott ve Feasey, 1992) ile üniversite seviyesindeki öğrencilerde gözlemlenmiştir (Allie vd., 1998). Birçok lisans düzeyindeki fizik öğrencisinin, deneysel verileri toplama ve değerlendirme noktasında benzer kavram yanılgılarına sahip olması ise daha endişe vericidir (Gott ve Duggan, 1995). "Öğrencilerin veri değerlendirmesi ile ilgili anlayışları oldukça zayıf" (Gott ve Duggan, 1995, p 84).

Üniversite görevlilerinin, öğrenime yeni başlayan Russell Grubu Üniversiteleri (Birleşik Krallık'taki en iyi 24 araştırma üniversitesi) öğrencilerinin laboratuvar becerilerini değerlendirdiği küçük ölçekli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın raporuna göre, öğrenciler üniversiteye hem uygun laboratuvar becerilerinden yoksun hem de laboratuvardaki pratik uygulamaları yapacak özgüven konusunda eksik olarak başlamaktadır (Grant, 2011). Hem Grant'ın (2011) hem de Gatsby'nin bulgularına göre, pratik beceriler son yıllarda düşüşe geçmektedir ve bunda etkili olan bir faktör de 'okullarda pratik becerileri sınırlı bir şekilde deneyimlemektir' (Gatsby, 2012, s. 7).

Caussarieu ve Tiberghien (2017), Fransa'da birinci sınıf lisans düzeyindeki fizik öğrencilerinin aldıkları bir derste, ölçüm belirsizlikleriyle nasıl uğraşıldığını, ölçüm kavramının epistemolojik analizi ışığında incelemiştir. Araştırmacıların bulgularına göre, eğitmenlerin beklentileri, öğrencilerin belirsizlikleri sistematik bir şekilde tahmin etmesi ve böylece ölçümlerin ve hesaplamaların hiçbir zaman kesin olmadığının farkına varmalarıdır. Halbuki, laboratuvar el kitaplarında verilen değerlerin belirsizlikleri belirtilmediği için, öğrencilerin hesaplamalarında da belirsizlik değerlerine rastlanmamaktadır. İspanya'da yapılan başka bir çalışmada, Crujeiras-Pérez ve Jiménez-Aleixandre (2017) öğrencilerin deney sırasında uygun olmayan verileri nasıl değerlendirdiğini ve kontrol ettiğini araştırmıştır. Böyle bir çalışma, öğrencilerin uygun olmayan veri noktalarını belirlemeleri ve hata kaynaklarını açıklama noktasındaki anlayışlarını açığa çıkarmaktadır. Alanyazın, birçok öğrencinin hataları anlama konusunda zorluk yaşadığını göstermiştir (Lippmann Kung, 2005; Lubben ve Millar, 1996; Séré vd., 1993).

Eshach ve Kukliansky (2018) tarafından Duisburg-Essen Üniversitesi'nde yapılmış çok yeni bir çalışmaya göre, laboratuvar deneyimi az olan öğrenciler, laboratuvar deneyimi fazla olan öğrencilere göre sezgisel kuralları daha sık kullanmaktadır. Araştırmacılar, sezgisel kuralların öğrencilerin deneysel verileri inceleme performansına olan etkisini anlamanın, söz konusu bilimsel uygulamaları içeren daha iyi öğrenme ortamları dizayn etmek için önemli olduğunu aktarmıştır. Kalthoff, Theyssen ve Schreiber (2018) gibi birçok araştırmacı, açık öğretim yaklaşımlarının, öğretmen adaylarının deneysel becerilerini arttırmada etken olduğunu belirtmiştir.

Yöntem

Bu çalışmada kullanılan araştırma sorusu şu şekildedir: *"Öğretmen adaylarının deneysel sonuçları ve bütün deneysel yöntemi değerlendirirken karşılaştıkları zorluklar nelerdir?"*

Çalışmanın bağlamı

Bu çalışmanın bağlamını, bir öğretmen adayı yetiştirme programının Fizik Eğitimi Bölümü'nde verilen "Ortaöğretim Fizik Laboratuvar Uygulamaları" dersi oluşturmaktadır. Bu ders, bir dönem boyunca her hafta beş saat olmak üzere, toplam on üç (13) hafta verilmiştir. Altı dönem boyunca (her dönemde altı öğrenci olmak üzere), toplam otuz altı (36) öğrenci bu çalışmaya katılmıştır. Buna göre çalışmanın katılımcılarını, lisans düzeyindeki bir derse kayıt olan öğrenciler oluşturmaktadır. Derse kayıt olan öğrenciler seçilmemiş ya da değiştirilmemiştir. Yani, çalışmada uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Tüm katılımcılar, lisans düzeyindeki fizik bölümünün dört zorunlu laboratuvar dersini tamamlamıştır.

Katılımcılar, ders boyunca hassasiyet, kesinlik, geçerlik ve kanıt güvenirliğiyle ilgili anlayışlarını gözden geçirmiştir. Ayrıca, çok fazla yönlendirme olmadan fizik deneyleri uygulamıştır. Aslında, sürece ilgili teorileri gözden geçirerek ve deneyin amacını belirleyerek başlamışlardır. Sonrasında, veri toplama ve deneyi uygulama konusunda planlar yapmışlardır (Görev 1). Birinci görevde, öğrenciler hangi yalıtkan maddenin (diğer üç yalıtkan madde arasından) suyun sıcaklığını daha iyi koruduğunu test eden kontrollü deneyler tasarlamıştır. Öğretmen adaylarına, eğitmen tarafından detaylı yönergeler ya da basılı bir metin (laboratuvar kılavuzu) verilmemiştir. Bu ders, deneyi yaptıktan sonra birtakım soruların cevaplandığı fizik laboratuvarına giriş derslerinden farklıdır. Öğrenciler fizik laboratuvar derslerinde, adım adım yönergelerin olduğu ve ölçümler, hesaplamalar ve belirsizlikleri belirlemek için yönlendirici soruların sorulduğu bir kılavuz takip etmektedir. Deneyi uyguladıktan sonra, bir rapor hazırlayıp teslim etmektedirler.

Yalıtkanlık deneyi

Üç farklı yalıtkan maddeyle kaplanmış, üç teneke kutudaki sıcak suyun sıcaklığının nasıl düştüğünü inceleme.

1. Hangi değişkenlerin, yalıtkan bir maddeyle kaplanmış teneke kutudaki suyun sıcaklığını etkileyeceğini düşünüyorsunuz?
2. Her bir değişken soğuyan suyun sıcaklığını ve soğuma hızını nasıl etkilemektedir?

Sizden, bu üç maddeden hangisinin daha yalıtkan olduğunu bulmanızı sağlayacak bir deney tasarlamanızı istiyorum. Deneyi bitirdikten sonra, deney planlama, kanıt elde etme, verileri analiz edip açıklama ve deneyi değerlendirme süreçlerini nasıl gerçekleştirdiğinizi açıklamanız gerekiyor.

Görev 1. Yalıtkanlık Deneyi

Yapılan deneyler çoğu fen müfredatında olan "kontrollü" deneylerdir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1) deneylerin listesi sunulmuştur.

Tablo 1. Deneylerin Listesi

Deneylerin Listesi	
Hooke kanunu	Deney 1
Serbest düşme	Deney 2
Basit sarkaç hareketi	Deney 3
Yalıtkanlık deneyi	Deney 4
Direncin ölçülmesi-Ohm kanunu	Deney 5
Kırılma ve yansıma	Deney 6
Sürtünme	Deney 7
Elektromanyetik endüksiyon	Deney 8

Araştırmanın yapıldığı üniversite, bir devlet ve araştırma üniversitesidir ve resmi dili İngilizcedir. Tüm öğretim ve sınıf çalışmaları İngilizce dilinde yapılmıştır.

Raporlanan bu çalışma, öğretmen adaylarının deneysel prosedürle ilgili anlayışlarını hedef alan görevler geliştirmeyi amaçlayan, daha büyük bir araştırma projesinin (Gkioka, 2019) parçasıdır. Bu çalışma, öğretmen adaylarının sadece deneysel sonuçları değerlendirmesine odaklanmaktadır. Katılımcılar, iyi bir laboratuvar raporunu oluşturan kriterler ve her bölümde (örneğin değerlendirme bölümü) olması gerekenler konusunda bilgilendirilmiştir. Tablo 2, değerlendirme bölümünde olması gereken ana noktaları göstermektedir.

Tablo 2. Laboratuvar Raporunun Değerlendirme Bölümünün İçeriği

Bir laboratuvar raporunun değerlendirme kısmında neler olmalı?
sonuçları eleştirel bir şekilde incelemek ve yargıda bulunmak için kanıtların güvenilir olup olmadığına karar vermek (D1),
sonuçların kesin olup olmadığını, yüzde hata hesaplamaları gibi verileri kullanarak yorumlamak (D2),
sonuçların geçerli ve güvenilir olup olmadığını yorumlamak- sonuçları başka faktörler etkilemiş olabilir mi, bu etki anlamlı mı, bununla ilgili herhangi bir kanıt var mı? (D3),
uygun olmayan (prosedürdeki ve/veya ölçümlerdeki hatalardan kaynaklanan) sonuçları belirlemek ve açıklamak (D4),
deneyin sınırlamalarından bahsetmek ve olası iyileştirmeler önermek (açık detaylar içermeli) (D5),
gelecek çalışmalar için iyileştirici ya da kanıtları arttıracak önerilerde bulunmak (D6).

Araştırma Yöntemleri ve Veri Kaynakları

Bu çalışmada, katılımcıların bilimsel kanıtla ilgili anlayışlarını detaylı ve kapsamlı incelemek için, nitel bir örnek olay inceleme yöntemi (Stake, 1995; Yin, 2017) kullanılmıştır. Stake (1995) örnek olayın, fenomen, zaman ve yer açısından belirli sınırları olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmanın amacına uygun olarak araştırmanın sınırlarını, çalışmanın geçtiği ders bağlamı oluşturmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın sonuçları, gerçekleştiği üniversitenin bağlamına ve Türkiye'nin öğretmen eğitimi sistemine sınırlandırılabilir. Bununla beraber fizik eğitimi alanında yapılan araştırmalara göre, lisans düzeyindeki fizik öğrencileri, eğitim sistemi ve ülkelerden bağımsız olarak benzer zorluklar yaşamaktadır (McDermott, 2014). Bu çalışmanın temel veri kaynakları şunlardır:

1. Uygulanan deneyler için hazırlanan laboratuvar raporları. Amaç, fizik öğretmen adaylarının bilimsel kanıtları değerlendirme ve laboratuvar raporunun değerlendirme bölümünü yazma konusunda yaşadıkları zorlukları araştırmaktır. Katılımcılar aynı deneyleri uygulamış ve deney sonrası rapor hazırlamıştır.

2. Katılımcıların, bir dizi veri setinin niteliğini, başka araştırmacıların kullandıkları prosedürleri ve veri inceleme şekillerini değerlendirdikleri yazılı çalışmaların derlemesi. Bu çalışmalarda sorulan temel soru şudur: "Bu verilere ve varılan yargılara güvenebilir misin?" Katılımcılardan akıl yürütme süreçlerini açık bir şekilde ifade etmeleri beklenmiştir. Bu tip yazılı çalışmalar, araştırmacı tarafından katılımcıların dikkatini, alanyazında belirtilmiş sık yapılan hatalara ve yanlış anlamalara çekmek için geliştirilmiştir.

3. Sınav (vize ve final) kağıtları ve son olarak,

4. Açıklık gerektiren durumlarda, katılımcılarla odaklanmış görüşmeler gerçekleştirilerek daha fazla veri toplanmıştır. Farklı zamanlarda, laboratuvar raporları ve sınıf çalışmalarına dayanan kısa bireysel görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görev temelli kısa görüşmelerin, öğrencilerin bilimsel kanıtlarla ilgili anlayışlarını ortaya çıkarma konusunda etkili olduğu belirtilmiştir. Literatür taramasında bahsedilen birçok çalışmada, farklı görüşme teknikleri kullanılmıştır (Allie vd., 1998;

Varelas, 1997; Séré, 1999). Birçok fizik eğitimi araştırmacısı, görev temelli görüşme protokolü kullanılmasını tavsiye etmiştir. Bu durum, önceki araştırmacıların bir görevin tamamlanmasına dayanan detaylı görüşmeleri desteklemesiyle tutarlıdır (McDermott, 2014). Dolayısıyla, bu tip görüşmeler yarı yapılandırılmıştır. Bütün görüşmeler ses kaydıyla kaydedilmiş ve yazıya çevrilmiştir. Örnek görüşme soruları Ek'te verilmiştir.

Bu çalışmanın ana yürütücüsü aynı zamanda dersi veren eğitmendir. Araştırmacının ve proje asistanının rolü katılımcılara açıklanmıştır. Görüşmeler, bilgilendirilmiş onam ve Üniversite Araştırmaları Etik Kurulu'nun protokolü dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma etiğine (Gregory, 2003) ve ilgili konulara (katılımcıların anonimliği ve araştırmacının rolü) dikkat edilmiştir.

Veri Analizi

Nitel veri analizi sonucunda, katılımcılar arasında belirli eğilimler elde edilmiştir. Analizlerin güvenirliği, kullanılan metotların üçgenlemesine dayandırılmıştır (Creswell, 1998). Katılımcılar arasında ortak özellikleri belirlemek için, nitel (Creswell, 1998; Miles ve Huberman, 1994) ve nicel veri analizi yapılmıştır. Analizler iki farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, her bir aday öğretmenin laboratuvar raporlarına, maddelere verdikleri yanıtlara ve görüşmelere dayanan birincil kategoriler oluşturulmuştur. Laboratuvar raporları ve sınav sorularından (vize ve final) elde edilen yeni veriler, güncel verilerle sürekli olarak karşılaştırılmış ve düzenlenmiştir. Açıklık gerektiren durumlarda, katılımcılarla odaklanmış görüşmeler yapılarak daha fazla veri toplanmıştır. Veriler, anahtar kategorileri oluşturmak için görüşülen kişilerin her bir soruya verdikleri yanıtları karşılaştırarak incelenmiştir.

İkinci aşamada, yazarın önceki çalışmalarına dayanan (Gkioka, 2019) değerlendirme bölümünde olması gereken ana noktaları (Tablo 2) göz önünde bulundurarak, laboratuvar raporlarının analizi yapılmış ve kategoriler geliştirilmiştir. Aynı çerçeve, dersi işlerken de kullanılmıştır.

Sonuçlar kısmında, katılımcıların üzerinde çalıştığı görevlerle ilgili örnekler verilmiştir. Ayrıca, özellikle değerlendirme bölümünden olmak üzere, öğrencilerin laboratuvar raporlarından alıntılar sunulmuştur. Alıntılarda, katılımcıların dili raporlarda sundukları şekildedir (araştırmacılar tarafından İngilizce gramer ve yazım konusunda herhangi bir düzeltme yapılmamıştır).

Bulgular

Analiz sonuçları, fizik öğretmen adaylarının ikincil kanıt kaynaklarını değerlendirme ve laboratuvar raporlarının değerlendirme bölümünü yazma konusunda zorluklar yaşadığını göstermektedir. Çalışmanın temel sonuçları, aşağıdaki başlıklar altında tartışılarak sunulacaktır:

1. Kontrollü deney ve ilgili akıl yürütmeyi anlama: Bu başlık altında, deneyin yapıldığı benzer koşullarla ilgili birtakım yanlış anlayışlar sunulmuştur. Örneğin, öğrenciler yalıtkanlık deneyini tasarlayıp planlarken, hiçbir teneke kutunun üzerini kapatmamaları gerektiğini, bu yolla termometre ölçümlerini hatasız yapmanın daha kolay olduğunu savunmuşlardır. Böylece, tüm yalıtılmış teneke kutular ve materyaller için aynı koşulları sağladıklarında, (öğrencilerin sözleriyle) "hiçbir sorun kalmayacaktır". Onların önceliği, deneyin kontrollü olmasından ziyade üç teneke kutunun da aynı koşulda olmasıdır. Fakat böyle bir karar, üç materyalden hangisinin daha yalıtkan olduğunu bulmayı hedefleyen bir araştırmanın amacıyla tutarlı değildir. Öğrencilerin benimsediği bu tip bir öncelik, onları geçerli bir deney tasarlamaktan alıkoymaktadır.

Aşağıda, başarılı bir öğrenciyle yapılan görüşmeden bir alıntı sunulmuştur:

Görüşmeci (G): Deneyi tasarlamaya nasıl karar verdin?

Öğretmen Adayı (ÖA): Üç teneke kutunun üst kısmı hariç tüm yüzeylerini kaplayacağım.

G: Neden?

ÖA: Üçünü de kaplamamak sorun olmaz. Üst yüzeyi kaplamaya gerek yok.

G: Biz yalıtkanlıkla ilgileniyoruz.

ÖA: Ama en yalıtkan maddeyle ilgileniyoruz. Yüzeyi kaplayıp kaplamamanın, çok büyük bir değişikliğe sebep olacağını düşünmüyorum.

G: Evet, ama biz yalıtkanlığı inceliyoruz.

ÖA: Yüzeyi kapatmamız gerektiğini düşünmüyorum.

G: Neden? Bu kararını bana açıklayabilir misin?

ÖA: Eğer üst yüzeyi kapatırsak, ölçüm almak zorlaşır ve bu durum rastgele hatalara sebep olur.

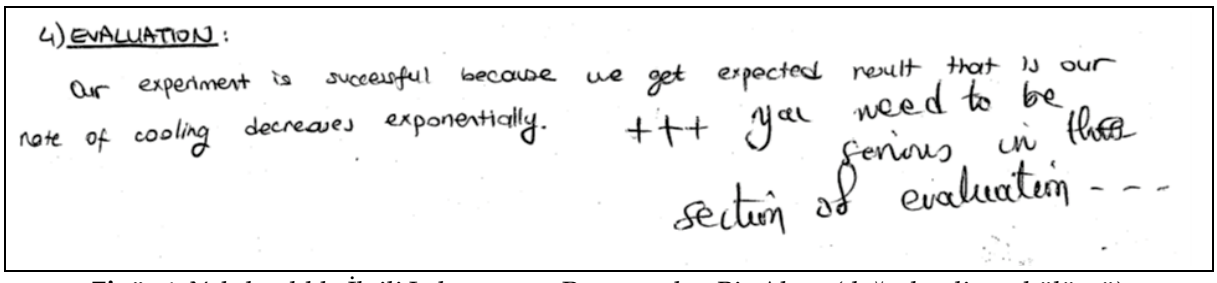
G: Yalıtkan madde kutunun etrafında ve altında olmalı.

ÖA: Eğer üçünün de üstünü kapatmazsak, bence deney geçerli olur çünkü (kapatılan yerlerden dolayı) yalıtım olacak, üstü kapatmak zorunda değiliz.

2. Katılımcıların çoğu, tahminleri ile grafikten elde ettikleri bulguların karşılaştırmasına dayanarak şunları yazmıştır: "*Deneyimiz başarılıydı çünkü … arasında doğrusal bir ilişki bulduk*". "*Sonuç olarak, voltaj ve akım arasında doğrusal bir ilişki bulduğumuz deney başarılıydı. Neyse, voltaj ve akım arasında doğrusal bir ilişki bularak, deneyimizin başarılı olduğunu tekrar söyleyebiliriz*". "*Deneysel sonuçlarımıza göre, deneyimiz başarılıydı. Kontrollü bir deney yaptığımız için, sonuçlarımıza güvenebiliriz*" (Laboratuvar raporlarından alıntılar). Fakat bu öğretmen deneyin neden kontrollü olduğunu açıklamamıştır.

Doğrusal grafikle ilgili olarak, "iyi" bir doğrusal grafiği neyin oluşturduğu konusunda belirli yanlış anlaşılmalara rastlanmıştır. Öğrencilerin akıl yürütüşü, çoğunlukla çizginin orijinden (0,0) geçip geçmediğiyle ilgilidir. "*Grafiğimizin doğrusal bir eğilimi olduğunu bulduk. Çizgi orijinden geçiyor*". Birçok öğrenci, grafiğin orijinden geçmesinin önemli olduğuna inanmakta ve bunu deneyin başarısı için bir ölçüt olarak kabul etmektedir. Aynı düşünce, şu ifadede de görülebilir: "*Çizgi orijinden geçmediği için, deneyin başarısız olduğunu söyleyebilirim*".

Grafik, şu değerlendirme ifadesinde de görüldüğü üzere, üstel olabilir: "*Deneyimiz başarılıydı çünkü soğuma hızının azaldığını gösteren sonuçlar elde ettik*".



Figür 1. Yalıtkanlıkla İlgili Laboratuvar Raporundan Bir Alıntı (değerlendirme bölümü)

Böyle bir değerlendirme oldukça kısadır. Öğretmen adayı sadece grafiğin eğilimini tanımlayan bir cümle yazmıştır. Eğitmenin yorumu ise şu şekildedir: "*Değerlendirme kısmında daha ciddi olmalısın*".

3. Bazı öğrenciler, değerlendirme aşamasında temel kriter olarak teoriyle karşılaştırma yoluna gitmişlerdir. Kendi buldukları sonuçları teoriyle karşılaştırmışlardır. Deneysel sonuçlar, teorik olarak tahmin edilen değerlerle uyumlu ise güvenilirdir. Bir katılımcının değerlendirme kısmında yazdığı gibi: "*Sonuçlar teorimi ve tahminlerimi destekliyor. Dolayısıyla sonuçların kesin olduğu söylenebilir*". "*Deneysel veriler, teori ve tahminlerimle uyumlu*". "*Bence bu deney amaca ulaşmak için başarılı bir şekilde tasarlandı. Deneyin sonunda, akım ve voltaj arasında direkt bir oran olduğunu anladım. Benim tahminlerim de bu durumu vurguladığı için, deneyimin tahmin ve amaç noktasında başarılı olduğunu söyleyebilirim*". Ve "*Verilerim teoriyi destekliyor. Beklediğim şekilde bir grafik elde ettim. Tahminlerim, elde ettiğim grafikle örtüşüyor. Bu, sonuçlarımın doğru olduğunu gösteriyor*".

"Hata" teriminin, açıklama yapılmadan kullanıldığı durumlarda, öğrenciler şu yargılarda bulunmuştur: "*Deneyde hatalar olmasına rağmen, tahmin ettiğim sonuçların doğru olduğunu görmek oldukça kolay. Çünkü uzunluk ve sarkacın periyodunun karesi arasında doğrusal bir ilişki var".* Başlangıçta, öğrenciler "hatalardan", sistematik ve rastgele hata ayrımı yapmadan, genel bir şekilde bahsetmiştir. Onlar, "hataları", yanlış yapılan ölçümler ya da yanlışlık olarak algılamaktadır ve bu durumun düzeltilmesi gerekmektedir.

4. Deneysel sonuçlar, birçok denemede benzer sonuçlar elde edilirse güvenilirdir. Öğrenciler, sonuçlarını savunurken tekrarlanabilirlik kriterine değinmiştir. "*Verilerin nasıl olacağıyla ilgili fikir sahibi olmak ve verilerin tekrar elde edilebilir olması önemli*". Öğrenciler, iki veri seti için yapılan farklı ölçümleri karşılaştırarak bir sonuca ulaşmaya çalışmıştır: "*İki grup için de değerler neredeyse aynı*". Dolayısıyla, ölçümlerinde belirsizlik kavramını göz önünde bulundurmamışlardır. Standart sapmayı iyi bir şekilde hesaplayabilmişler fakat ortalama değer ve aralığı (tüm dağılım) göz önünde bulundurmamışlardır. Katılımcılar dağılım, aralık ve sonuçların belirsizliği gibi kavramlara değinmemiştir. Veri setlerini karşılaştırırken, öğrenciler "uygun olmayan" sonuçları belirlemiştir. Bu sonuçları, yanlış ölçüm, aykırılık ya da yanlışlık olarak adlandırmışlardır.

5. Öğretmen adayları, hataları- sistematik ve rastgele hatalar- göz önünde bulundurmaya çalışmıştır. Bununla birlikte, sistematik ve rastgele hata arasında ayrım yapmamışlardır. Hataların nasıl belirleneceği ve elimine edileceği konusunda başarılı değillerdir.

> *"Deneylerde her zaman hatalar vardır". "… Bununla beraber, insanların hata yapmaları kaçınılmaz". "Uygun olmayan veri bir hata, insan hatası. Her deney yapan kişi hata yapar".*
>
> *"Grafik, T^2 ve l arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde gösterse de g değerlerini tüm durumlarda teorik değerlerden daha yüksek buldum. Bu, deneyde birtakım hatalar yaptığımı gösteriyor. Deneyimde, sistematik ve rastgele olmak üzere iki tip hata olduğunu düşünüyorum*" (Bir sarkaç laboratuvar raporunun değerlendirme bölümünden alıntı).

Öğrenciler, sistematik hataların rastgele hatalardan değer olarak daha büyük olduğunu düşünmektedir: *"Deneyi tasarlama kısmı başarılıydı, fakat deneyde bazı hatalar vardı. Öncelikle, A ve B'nin dirençleri kabul edilebilir çünkü direncin teorik değerleriyle uyumlular. Fakat, C'nin deneysel ve teorik değeri birbirinden tamamen farklı ve bu da deneyde yapılan bir hata olduğunu gösteriyor. C'nin teorik değeri 56 Ohm ve deneysel değeri 70 Ohm. Bence böyle büyük bir fark, rastgele bir hataya örnek olamaz. Bu bir sistematik hata…"* (Ohm kanunu laboratuvar raporundan).

Öğrenciler, rastgele hataları nasıl ele alır? Burada, iki farklı düşünce ortaya çıkıyor: Öğrencilerin bir kısmı, rastgele hataların sürekli ölçüm alarak düzeltilebileceğini savunmaktadır: "*Bununla birlikte, bu uygun olmayan noktalar, rastgele hatalara örnektir. Onlar için deneyi tekrarlarsam, uygun olmayan noktalar… O noktalar için deneyi tekrarlarsam, rastgele hataları dahil etmemiş olurum".*

Öğrenciler birçok kez, deneyleri tekrarlayarak sistematik hatalar da dahil olmak üzere hatalardan kurtulabileceklerini açıklamıştır. "*Benim grafiğimde de en uygun doğrudan uzak olan iki nokta var. Bu noktalar için sistematik hata en fazla çünkü g değerleri 10.20 ve 10.80 arasında değişiyor. Daha kesin sonuçlar için, bu noktaların ölçümünü tekrarlayabilirim. Böylece, bu noktalar en uygun doğruya yaklaşır ve sistematik hata da azalır."* Burada, öğrencilerin %45'i yanılmıştır çünkü ölçümleri tekrarlayarak sistematik hatanın azalacağını söylemişlerdir. Fakat sistematik hatalar, ölçümleri tekrarlayarak azalmaz.

Öğrenciler çoğunlukla hata hesaplamalarına yoğunlaşmıştır ve değerlendirme konusunda büyük resmi kaçırmıştır. Örneğin, hata hesaplamaları yapsalar bile, sonuçlara gerekçe göstermemişlerdir. Gerekçeler, rastgele kriterlere göre verilmiştir:

> *"Hata yüzdem sadece %5, o yüzden deney teoriyi kanıtlıyor".*
>
> *"Bulduğum sonuçlar kesin çünkü hata %10'dan az".*

"Teoriye göre orijinden geçmesi gerekse de hiçbir grafik orijinden geçmiyor. Bu insan hatası gibi rastgele hatalardan kaynaklanıyor". Oldukça başarılı bir son sınıf öğrencisi, değerlendirme bölümünde şöyle bir açıklama yapmıştır: "*Bulduğumuz grafiğe göre, en uygun doğru orijinden geçmiyor, fakat* $T= 2\pi\sqrt{l/g}$ *formülüne göre, grafik orijinden geçmeli. Çünkü doğrusal bir ilişki var… Bu hatalardan kaynaklanıyor*." Öğrenciler, en uygun doğrunun, T^2 ve l arasında doğrusal bir ilişki olduğu için orijinden geçmesi gerektiğini düşündükleri için yanılmıştır.

6. Öğrenciler geçerlik, kesinlik ve güvenirlik arasında bir ayrım yapmamıştır. "*Bulduğumuz sonuçlara göre, deney geçerli değildir fakat veriler kesin ve güvenilirdir*" (sarkaç hareketi deneyi). Öğrenci bu düşüncesinde yanılmıştır çünkü öncelikle deneyin geçerli olup olmadığını test etmesi gerekmektedir. Ancak o zaman, deneysel verilerin teorik verilere ne kadar yakın olduğunu incelemek için *g* değerlerini hesaplamalı ve deneyin kesinliğini incelemelidir. Bu bağlamda, başka bir öğrenci de şu sözleriyle yanılmıştır: "*Deneyin geçerliğini kontrol etmek için, veri setini kullanarak g değerlerini hesaplayacağım".*

Öğrenciler, "farklı" bir veriyle karşılaştıklarında, o veriyi uygun olmayan veri olarak nitelendirmektedir. Veri setinin, aynı değerleri vermediği için iyi olmadığını söylemişlerdir. Bu yüzden, ölçümleri tekrarlayarak aynı değerleri elde etmeyi önermektedirler. Dolayısıyla, tekrarlanan ölçümler konusunda iki eğilim ortaya çıkmaktadır: Öğrencilerin bir kısmı, uygun olmayan noktaları dahil etmemiş ve "gerçek" değere yakın bir ortalama değer hesaplamıştır. "*… Uygun olmayan noktalar için deneyi tekrarlayabilirim. Böylece, o değerleri düzeltebilirim. Belki de uygun olmayan noktalar, voltmetre ve ampermetrenin yaptığı yanlış ölçümlerden kaynaklanıyordur. Eğer bu noktalara dikkat edersem, ölçümlerim iyileşir ve deneyim daha iyi bir hale gelir".*

Öğrencilerin diğer bir kısmı ise, ortalama değeri hesaplarken uygun olmayan noktaları da kullanmıştır. Yapılan görüşmelerde, matematik derslerinde öyle öğrendikleri için ortalama değeri bulurken tüm ölçümleri kullanıldıklarını açıklamışlardır.

7. Öğrencilerin kesinlik ve hassasiyet kavramlarıyla ilgili zorlukları vardır. Öğrenciler, kesinlik ve hassasiyet kavramlarını ayırt edememektedir. Örneğin, bir öğrencinin argümanı, kesinlik ve hassasiyet kavramlarını karıştırdığını göstermiştir: "*Sonuçların ortalamasını almak önemli çünkü bu şekilde uygun olmayan değerler elimine edilebilir. Ortalama değeri hesaplarken, aslında daha kesin sonuçlar elde ediyoruz".* Bu noktada, 'her deney tekrarlanmalıdır' düşüncesinin kanıksanmaması gerektiğini vurgulamalıyız. Bunun yerine, en iyi ortalama değeri elde etme amacıyla deneylerin birkaç kez daha tekrarlanması için gerçek bir sebebe ihtiyaç vardır.

Aşağıda, eğitmenin dönütü sonrasında geliştirilmiş, Hooke kanunuyla ilgili bir laboratuvar raporundan alıntı paylaşılmıştır. Aslında, öğretmen adayı kesinlik ve hassasiyet kavramlarıyla ilgili doğru bir anlayış geliştirmiştir ve bu iki kavramı uygun bir şekilde ayırt etmiştir.

*"Tablodaki ve grafikteki sonuçları karşılaştırdığımda, bulduğum k değerleri 1.4 ve 1,6 N/m arasında değişmekte. Deneydeki ortalama k değeri 1.5 N/m. Dolayısıyla, deneyin sonuçlarına göre yayın k sabitinin değeri 1,5 ± 0,1 N/m'e eşit. Başka bir deyişle, k değerlerini birbirine yakın bulduğumu söyleyebilirim. Bu, bulduğum değerlerin hassas olduğunu gösteriyor fakat değerlerin kesin olup olmadığına karar veremem. Bunun sebebi, yayın gerçek k değeriyle ilgili bilgiye sahip olmamamız" (*Hooke kanunu laboratuvar raporu).

Figür 2. Hooke Kanunuyla İlgili Laboratuvar Raporunun Değerlendirme Bölümünden Bir Alıntı

Öğrencilerin kesinlik ve hassasiyetle ilgili anlayışlarını araştırmak için, öğrencilerden vize sınavında aşağıdaki görevi yapmaları (Görev 2) istenmiştir.

Lisans öğrencilerinden oluşan dört öğrenci, Ohm kanunu ile ilgili bir deney yapmıştır ve direnç değerini bulmuştur. Direncin teorik değeri 3 Ohm'dur. Öğrenciler tarafından aşağıda verilen dört veri seti oluşturulmuştur. Deney setlerini, neden sorusunu açıklayarak, kesinlik ve hassasiyet açısından inceleyiniz.

1. Veri seti	2. Veri seti	3. Veri seti	4. Veri seti
2.1 ohm	2.2 ohm	3.0 ohm	3.2 ohm
1.9 ohm	4.9 ohm	3.0 ohm	1.2 ohm
1.7 ohm	2.8 ohm	3.1 ohm	2.4 ohm
2.0 ohm	3.4 ohm	3.0 ohm	3.1 ohm
1.8 ohm	4.1 ohm	2.9 ohm	0.6 ohm

1) Ölçümler kesin ve hassas mıdır? Cevabınızı analitik olarak açıklayınız.
2) Dört öğrenciye, ölçümlerini iyileştirmek için ne yapmaları gerektiğini söyleyiniz.

Görev 2. Kesinlik ve Hassasiyet Kavramlarıyla İlgili Görev

Bu görevde, 36 öğrenci arasından 32 öğrenci, değerlerin aralığını göz önünde bulundurmadan, her bir veri setinin ortalama değeriyle teorik değer olan 3 Ohm'u karşılaştırmıştır. Tam tersine, sadece dört (4) öğrenci verilerin aralığını göz önünde bulundurmuştur.

Tablo 3. Öğrencilerin Görev 2 İçin Yanıtları

Kategoriler	Öğrenci Sayısı
Dört veri kümesinin sadece ortalamasını göz önünde bulundurmak ve hesaplamak	32
Hem ortalama değeri hem de aralığı göz önünde bulundurmak	4
2. ve 4. veri seti için tekrarlamak	29
1. veri seti için tekrarlamak	31
1. veri seti için tekrarlamak ve 1.7'yi hesaba katmamak	5
Sadece 3. veri setindeki ölçümler kesin ve hassastır	7

Öğrenciler birçok kez ölçümlerin tekrarlanması ve ortalama değerin hesaplanması gerektiğini söylemiştir fakat bu yolla neyin "daha iyi hale geldiğini" açıklayamamıştır. Ölçümleri tekrarlamanın rastgele hataları azalttığı için daha hassas sonuçlar verdiğini anlamak, altıncı haftadan itibaren epey zaman almıştır.

Başarılı olanlar da dahil olmak üzere, tüm öğretmen adayları yanlış ölçümlerle belirsizliği ayıramamaktadır. Otuz iki (32) öğrenci verilerin aralığını göz önünde bulundurmadan, sadece ortalama değeri ve teorik değeri dikkate almıştır. Sadece beş öğrenci, ölçümler birbirine ve teorik değere yakın olduğu için, üçüncü veri setinin iyi olduğunu söylemiştir.

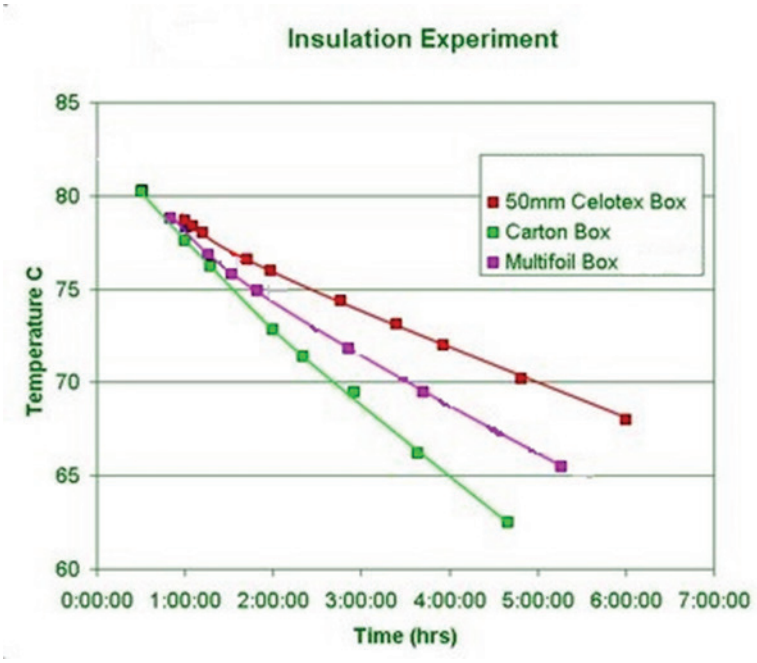
Öğrencilere görüşmelerde, "Ölçümleri tekrarladığınızda veriyi nasıl işlersiniz?" sorusu sorulmuştur. Öğrenciler, bu soruya ölçümlerin ortalama değerlerini hesaplayacakları, bu ortalama değerleri grafik üzerinde gösterecekleri ve en uygun doğruyu oluşturacakları cevabını vermiştir. Fakat bu yolla sonuçlar "hasar görür"; onun yerine tüm noktaları grafik üzerinde göstermeleri gerekmektedir. Bu şekilde, verilerin eğilimini daha net bir şekilde göreceklerdir.

Öğrencilerin deneysel kanıt ve prosedürü nasıl değerlendirdiğini araştırmak için, (final sınavında sorulan) bir başka görev (Görev 3) daha tasarlanmıştır. Bu görevle, öğrencilerin yalıtkanlıkla ilgili teorileri kullanarak, deneyin amacını yazıp yazamadıkları incelenmek istenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin deney tasarımını ve kanıtların niteliğini değerlendirip değerlendiremediği ve deneyin kesin olup olmadığı yargısına varma süreçleri incelenmiştir. Üç yalıtkan maddeden hangisinin daha iyi olduğunu belirlerken, verileri inceleme şekilleri ve teoriyi kullanarak açıklama yapma süreçleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, bu görevde, öğretmen adaylarına ikincil kanıt kaynakları sunulmuş ve onlardan tüm prosedürü değerlendirmeleri ve iyileştirmeler için öneride bulunmaları istenmiştir.

Aynı ilk sıcaklıktaki çayla dolu üç farklı şişe, üç farklı yalıtkan madde tarafından tamamen kaplanmıştır.

Her şişede açılmış küçük bir deliğe konulan uzun bir termometre yardımıyla, altı saat boyunca şişeler için sıcaklık verileri alınmıştır. Alınan ölçümlerin aktarıldığı grafik aşağıdaki figürde gösterilmiştir.

1) Verilere inanılabilir mi?
2) Bu deneyi kendiniz yapıyor olsaydınız, nasıl daha iyi bir hale getirirdiniz?



Görev 3. Yalıtkanlık Deneyi – Deneysel Kanıtların İkincil Kaynaklarını Kullanma

Kesinliğin yapılan ölçümlerle ilişkili olduğuna dair öğrencilerin sahip olduğu yanlış anlayış, elde edilen en temel bulgu olmuştur. Öğrencilerin kendi sözleriyle: "*Ölçümlerin sayısı ne kadar fazlaysa, deneyin kesinliği o oranda sağlanmış olur*". Doğru olmayan başka ifadeler ise şunlardır: *"Ne kadar çok ölçüm alırsan, sonuçlar o kadar kesin olur", "Tekrarlanan ölçümler, sonuçların kesinliğini arttırır"*. Öğrenciler, daha fazla ölçüm yapılması gerektiğini savunmuştur. Görüşmelerde, ne kadar ölçümün gerekli olduğunu belirtmeleri istendiğinde, 33 (otuz üç) tane öğrenci "*Alabildiğiniz kadar fazla ölçüm*" demiştir.

Tablo 4. Öğretmen Adaylarının Deneyin İyileştirilmesi İçin Yaptığı Öneriler

İyileştirme için yapılan öneriler	**Öğrenci Sayısı**
Daha fazla ölçüm alınmalı	36
Daha sık ölçüm alınmalı	32
Uzun bir süre ölçüm alınmalı	36
Alınabilecek en fazla sayıda ölçüm alınmalı	33

Öğrenciler daha fazla sayıda ve daha düzenli ölçümlerin uzun süreler boyunca alınması gerektiğini savunmuştur. Fakat bunun, neyi daha iyi hale getirdiğini açıklamamışlardır. Bir başka deyişle, verilerin niteliğinin nasıl artacağını açıklamamışlardır. Halbuki bu görevde, deneylerin aynı oda sıcaklığında sistematik hataları azaltmak için, sonrasında ise insan hatalarını azaltmak tekrarlanması gerektiğini açıklamaları gerekirdi.

8. İstisnasız bütün öğrenciler, değerlendirme yaparken önceliği deneysel prosedüre vermiştir. Örneğin, yalıtkanlık deneyinde termometreye dokunmamaları gerekirken dokunmuşlardır. Ayrıca, termometre ölçümlerinde anlamlı bir figür daha olması gerekmektedir. Fakat, öğrenciler tüm bunların

toplanan kanıtların niteliğini nasıl etkilediği hakkında yargıda bulunmamıştır. Laboratuvar raporlarında, toplanan verilerin sınırlılığını ve sonuçları etkileyebilecek değişkenleri (24 saat boyunca oda sıcaklığında gerçekleşebilecek değişim) tartışmışlar fakat bunların kontrol edilmesinin zor olduğunu açıklamışlardır. Dolayısıyla, takip ettikleri sürecin iyileştirilmesini ve daha fazla çalışma yapılmasını tavsiye etmişlerdir (başka bir değişkene bakmak gibi). Halbuki, karşılaştıkları zorluklar ve problemlerden bahsetmek yerine, bunların sonuçları nasıl etkilediğini açıklamaları gerekmektedir.

Değerlendirme yaparken genelde, yanlış yapılan şeyleri belirleme ve bunların nasıl düzeltileceği hakkında önerilerde bulunma eğilimi vardır. Öğrenciler kullanılan yöntemle ilgili iyileştirmeler ve ek çalışmalar önermelidir. Uygun olmayan sonuçları listelemeli ve açıklamalı, kullanılan yöntemi nasıl iyileştirebilecekleriyle ilgili önerilerde bulunmalıdır. Öğrenciler, karşılaştıkları zorluklardan da bahsetmelidir. Halbuki, bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki, öğrenciler deneylerde iyileştirilecek noktaların her zaman anlamlı olmayabileceği konusunda çok net bir anlayışa sahip değildir. Bu, sonuçların geçerliğinin etkilenmediği anlamına gelmektedir. Bu faktörler iyileştirildiğinde (oda sıcaklığını sabit tutmak), sonuçların kesinliği belli belirsiz bir şekilde artacaktır. Ayrıca, deney boyunca sıcaklığın sıkı bir şekilde kontrol edilmemiş olması, sonuçların güvenirliğini etkilememiştir. Yöntemin iyileştirilmesi için önerilerde bulunmak dışında, öğrencilerin çoğu sonuçların geçerliği ve güvenirliğini öncelikli olarak göz önünde bulundurmamıştır. Sadece birkaç öğrenci (Ohm kanunu ve yalıtkanlık deneylerini yapan dört öğrenci) bu kavramları göz önünde bulundurmuş, fakat yine de güvenirlik ve geçerliğin sonuçları nasıl desteklediğini açıklamamıştır. Görüşmelerde açıklama yapsalar da tüm noktaları bir araya getirme (E.1 – E. 6) ve fikirlerini değerlendirme kısmında ifade etme konusunda zorlanmışlardır.

Halbuki, deneysel kanıtları değerlendirirken, sonuçların geçerlik ve güvenirliğinin, varılan yargıları nasıl desteklediği göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer değerlendirmeyi, öğretmen adaylarının yaptığı gibi, verilerin ya da deneyin özelliklerini tanımlamak ya da deneyin iyileştirilmesi için önerilerde bulunmak şeklinde sınırlarsak, şu soru sorulabilir: "Eğer yapılması gereken iyileştirmeler bunlarsa, neden ilk seferinde bu iyileştirmeleri yapmadın?". Bir başka deyişle, yeni tamamlanmış bir deneyle ilgili iyileştirme önerilerinde bulunmak anlamlı değildir.

Yukarıda bahsedilen sonuçlar, değerlendirme kategorilerinin (E.1 –E.6) dağılımını gösteren Tablo 5'te sunulmuştur. Bu kriterler, öğretmen adaylarının yaptıkları (N=36) sekiz (8) deney için (Tablo 1) değerlendirme içeriklerinin olduğu Tablo 5'te de gösterilmiştir.

Tablo 5. Tüm Öğretmen Adaylarının (N=36) Yaptığı Sekiz (8) Deney İçin Laboratuvar Raporlarından Oluşturulan Değerlendirme Kategorilerinin Dağılımı (E.1 – E. 6)

Değerlendirme bölümünde olması gerekenler		**Öğrenci Sayısı**							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	Deney 8
Sonuçları eleştirel bir şekilde incelemek ve yargıda bulunmak için kanıtların güvenilir olup olmadığına karar vermek.	E.1	2	2	2	2	2	2	2	3
Sonuçların kesin olup olmadığını, yüzde hata hesaplamaları gibi verileri kullanarak yorumlamak.	E.2	3	2	3	3	4	4	2	2

Tablo 5. Devamı

Değerlendirme bölümünde olması gerekenler		**Öğrenci Sayısı**							
		Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Deney 6	Deney 7	Deney 8
Sonuçların geçerli ve güvenilir olup olmadığını yorumlamak- sonuçları başka faktörler etkilemiş olabilir mi, bu etki anlamlı mı, bununla ilgili herhangi bir kanıt var mı?	E.3	2	2	3	2	4	3	2	3
Uygun olmayan (prosedürdeki ve/veya ölçümlerdeki hatalardan kaynaklanan) sonuçları belirlemek ve açıklamak.	E.4	34	34	34	34	34	34	34	33
Deneyin sınırlamalarından bahsetmek ve olası iyileştirmeler önermek (açık detaylar içermeli).	E.5	36	36	36	36	36	36	36	36
Gelecek çalışmalar için iyileştirici ya da kanıtları arttıracak önerilerde bulunmak.	E.6	32	31	31	32	32	32	32	29

Kategori noktaları E.1, E.2 ve E.3 katılımcılar tarafından çoğunlukla ihmal edilmiştir. Öğrenciler hata ve hata kaynaklarına değinmişler (E.4), deneyin sınırlılıklarından kapsamlı bir şekilde bahsedip, olası iyileştirme önerilerinde bulunmuştur (E.5).

Sonuçlar bölümü, bir öğretmen adayının laboratuvar raporundan (Ohm kanunu) yapılan alıntıyla bitirilmektedir. Bu rapor, E.1'den E.6'ya kadar tüm noktaları içeren çok iyi bir değerlendirme örneğidir.

"Tüm kanıtları incelediğimde, tahminlerim ve yargılarımın aşağıdaki faktörlerden dolayı desteklendiğini söyleyebilirim:

Uzunluk: Kanıtlar, uzunluk ve direnç arasından direkt bir oranlı ilişki olduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre, tüm noktaların birbirine yakın olduğu ya da en uygun doğru üzerinde olduğu bir grafik ortaya çıkmıştır.

Alan: Kanıtlar, alanla direnç arasında ters bir oranlı ilişki olduğunu göstermektedir. Grafikler de bu sonucu desteklemektedir.

Tür: Yayınlanan sabitlerden nikrom, konstantan'a göre direnci daha çok etkilemektedir ve bu da benim bulduğum sonuçlarda görülmektedir.

Sabitler: Yayınlanan figürdeki sabitlerle kendi değerlerimi karşılaştırdığımda, konstantan'da yüzde beşlik ve yüzde onluk bir hata var. Bu sabitler için kabul edilebilir bir hata seviyesi ve takip ettiğim prosedürün kesin ve güvenilir veri elde etmek için uygun olduğunu gösteriyor. Fakat bu, sonuçları etkileyen hiçbir hata olmadığını göstermez. Bunun bir örneği olarak, voltmetre ölçümlerini yaparken değerlerin 0.02 V kadar oynamasını gösterebiliriz. Bu, ölçümlerin kesinliğini etkileyebilir.

Uzunluk deneylerinde, ölçülen uzunluk 2 mm kadar da olabilir. Fakat, bu olası hataların anlamlı olduğunu düşünmüyorum çünkü voltmetre kesinliği %0,2-10 ve uzunluk kesinliği %0,1-1 arasında. Bu aralıktaki hatalar sonuçları anlamlı bir şekilde etkilemez. Sonuçları ve grafikleri incelediğimizde de böyle bir kanıtla karşılaşmıyoruz."

Figür 3. Çok İyi Yazılmış Bir Ohm Kanunu Laboratuvar Raporundan Alıntı Değerlendirme Bölümü (Türkçe Alıntı)

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın bulguları, fizik öğretmen adaylarının deneysel kanıtları değerlendirirken bir dizi zorluk yaşadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, öğrencilerin bilimsel iddiaları eleştirel bir şekilde değerlendiremediği bulgularına sahip diğer çalışmalarla tutarlıdır (Albers vd., 2008; Hu ve Zwickl, 2018; Leach, 1999). Örneğin, Hu ve Zwickl'in (2018) çalışmasında belirtilen, öğrencilerin geçerlik ve ölçüm belirsizliği ile ilgili farklı fikirlerinin olması, bu çalışmada da doğrulanmıştır. Araştırmacıların başlangıç düzeyindeki öğrencilerinin büyük çoğunluğu, sonuçların geçerliğini teoriyi kabul ederek gerekçelendirmiştir.

Deneysel kanıtları değerlendirirken, en önemli nokta kanıtların geçerliğine ve güvenirliğine eleştirel bir şekilde bakmaktır. Yani, deneyden elde edilen kanıtların varılacak sonuçlar için ne kadar güvenilir olduğu incelenmelidir. Bu, değerlendirme yaparken sonuçların iyileştirilebileceğini ya da daha fazla çalışma yapılabileceğini direkt olarak öngörmekten farklıdır. Aynı şekilde, grafiğe hiçbir atıf yapmadan uygun olmayan noktalar olduğunu varsaymak anlamına da gelmemektedir.

Öğrenciler, elde ettikleri bulguların geçerli ve güvenilir olduğuna inanıyorsa, bunu açıklamalıdır. Bu amaçla, sonuçların geçerli ve güvenilir olup olmadığı hakkında yorum yapmalı, yani sonuçları etkileyebilecek diğer faktörleri göz önünde bulundurmalıdır. Fakat yine de bu faktörlerin anlamlı olup olmadığını ya da sonuçların geçerlik ve güvenirliğini etkileyip etkilemediğini, kanıtları inceleyerek değerlendirmelidir. Örneğin: *"Sıcaklığın kontrol edilmediğini kabul ediyorum, ama zaten sıcaklığın anlamlı bir etkisinin olmadığını düşünüyorum… Sonuçlarımın geçerli olduğunu söylerdim. Hangi değişkenlerin çok iyi bir şekilde kontrol edilip edilmediğini belirlemek deneyi yapan kişi için oldukça zor. Yine de yanlış bir şeyler bulmak, deneyi yapan kişinin bulgularının geçerli olmadığı anlamına gelmez"*.

Katılımcılar, bazı noktaların önemini azımsamıştır: "*Bulduğun sonuçların geçerli ve güvenilir olduğuna nasıl emin olabilirsin?" "Başka faktörlerin sonuçları etkilemiş olabileceğine dair herhangi bir kanıt var mı?" "Bu faktörler, sonuçların geçerliği ve güvenirliği açısından anlamlı olabilir mi?"* Bu sorular, iyi bir değerlendirme yapmak için oldukça önemlidir. Öğrenciler ve öğretmenler, deneyde iyileştirilebilecek noktaların olduğunu kabul etse de bu durumun geçerli bir yargıda bulunmayı engellemediğini bilmelidir. Dolayısıyla, bu noktaların iyileştirilmesi, geçerliği arttırmaktan ziyade sonuçların kesinliğini arttırır.

Değerlendirmede ilk olarak dikkat edilmesi gereken nokta, kanıtların geçerliğinin ve güvenirliğinin, bir kriter doğrultusunda dikkate alınmasıdır: "*Bulduğun sonuçların geçerli ve güvenilir olduğuna nasıl emin olabilirsin?".* Deneysel geçerlik ve ölçüm güvenirliğini doğru bir şekilde anlamak laboratuvar raporlarında nitelikli değerlendirmeler yapabilmenin temelidir (E.1-E.3 kategorileri). İyileştirmeler için öneriler ve deneyin sınırlılıklarının tartışılması ise sonra gelmelidir (E.4-E.6)

Halbuki, katılımcıların büyük çoğunluğu sonuçların geçerli ve güvenilir olduğu yargısında bulunurken, sonuçlara eleştirel bir şekilde bakmamıştır (E.1). Kişi, geçerli bir yargıda bulunmak için verileri göz önünde bulundurmalıdır. Yöntemin uygun olduğunu fakat kesinlikte küçük değişimler yaşanabileceğini kabul etmelidir. Bu nokta, öğrencilerin değerlendirme bölümlerinde büyük ölçüde gözden kaçırılmıştır. Ayrıca sonuçların geçerli ve güvenilir olup olmadığı hakkında yorum yapılmamıştır- başka faktörler sonuçları etkilemiş olabilir mi, bu etki anlamlı mı, bununla ilgili herhangi bir kanıt var mı? (E.3). Bunun yerine, öğrencilerin hepsi deneyin iyileştirilmesi ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunmuştur. Bu önerilerin, kanıtları geliştireceğini ya da arttıracağını varsaymaktadırlar (E.4 ve E.5). Katılımcılar uygun olmayan noktaları belirlemiş ve açıklamış, iyileştirme önerilerinde bulunmuş fakat yine de tüm bunları bir araya getirip, fikirlerini değerlendirme bölümünde ifade etme konusunda zorlanmıştır. Daha kısa ifade etmek gerekirse, katılımcılar değerlendirme yaparken büyük resmi kaçırmıştır.

Öğrencilerin çoğu, deney ve takip ettikleri prosedürle ilgili yazdıkları geçerli şeyler için oldukça az puan almıştır. Yüksek puan almak için yapmaları gereken şey, sonuçların geçerli ve güvenilir olduğunu açıklamak ve gerekçelendirmektir. Takip ettikleri prosedürle ilgili iyileştirme önerilerinde bulunmaktansa, neden bu iyileştirmelerin deneyin başında yapılmadığı açıklanmalıdır. "*Deneyi iyileştireceğim ve puan alacağım, yani sıcaklık kontrol edilmeliydi fakat edilmedi"* yazmak yerine, bu işlemi deneyin başında yaptıklarına dair açık bir kanıt sunmaları beklenmektedir: "*Sıcaklık kontrol edilmedi fakat sonuçlar bunun önemli olmadığını göstermektedir, çünkü herhangi bir değişim anlamlı olmayacaktır".*

Öğretmenler ve fizik eğitimcileri olarak, öğrencilerin lisans düzeyindeki fizik laboratuvar derslerinde deneysel kanıtları değerlendirmeyi öğrendikleri yanılgısına kapılmamalıyız. Ortalama hesaplamasının ve en uygun doğru çiziminin mantığını bildikleri varsayımında da bulunmamalıyız. Burada, lisans düzeyindeki fizik laboratuvar ve matematik derslerinin etkili olmadığını savunmak istemeyiz. Onun yerine, Fizik Bölümleri ve Fizik Eğitimi Bölümlerinin, deneylerin ve görevlerin tasarımı konusunda birlikte çalışması gerektiğini savunmaktayız. Bu bağlamda, öğrencilerin plan tasarımı, deney uygulaması, sonuç analizi ve kanıt değerlendirme konularında daha rahat ve sorumlu oldukları deneyler tasarlanmalıdır. Fizik öğrencileri, deney yaparken tekrarlanabilirlik ve belirsizlik hesaplaması gibi geçerliği sağlayan stratejilere karar vermelidir. Plan yaparken verilen kararlar- hangi değişkenlerin sabit tutulacağı ve değiştirileceği- deneyin geçerliğini göstermek için değerlendirme bölümünde açıklanmalıdır. Öğretmenlik uygulamasında, öğrencilere deneyleri tasarlama ve geçerlik ve güvenirlik konularını dikkate almaları konusunda seçenekler sunmalıyız. Tiberghien, Vieillard,

Le Marechal, Buty ve Millar (2001), lise son sınıf ve lisans düzeyinde yapılan laboratuvar görevleriyle ilgili Avrupa genelinde bir anket uygulamıştır. Araştırmacıların bulgularına göre, fizik laboratuvar derslerinde yapılan görevlerin %15'inden daha azı, öğrencilere kendi deneylerini tasarlama imkânı sunmaktadır (Tiberghien vd., 2001). Bu bulgular, yeni öğretim materyalleri ve görevlerin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Deneylerin tartışmasının yanı sıra, geleneksel müfredatın da düzenlenmesi gerektiğini savunmaktayız. Kaçınılmaz olarak, bu sınırlılık kullanılacak materyallerin derinliğini ve öğretimin ilerleme hızını kısıtlamaktadır. Görevler öğretim ve öğrenmenin uyum içinde olması için gerekli olan akıl yürütme becerisini vurgulamalıdır. Öğretmenler olarak kısa sürede derinlikli öğretim yapma zorluğuyla karşı karşıyayız.

Tüm bu sonuçlar birlikte ele alındığında, laboratuvar derslerinin güncel halinin, öğretmen adaylarının değerlendirme becerilerini geliştiremediğini söyleyebiliriz.

Öğretmenlik uygulaması, değerlendirme bölümünde açık bir yapıya ve ayrıca tekrar tekrar alıştırma yapma ihtiyacına odaklanmalıdır. Açıkçası, değerlendirme yazımına odaklanan öğretim uzun vadeli bir süreçtir ve öğretmenin yoğun yönlendirmesi ve yardımıyla başlamalıdır. Sonrasında ve zaman içerisinde, öğrencilere daha çok özgürlük ve esneklik verilmelidir. Kalthoff ve diğerlerinin (2018) belirttiği gibi, öğretmen adaylarının deneysel becerilerini geliştirmek için, açıklık miktarı değişkenlik gösteren çeşitli öğretim anlayışları benimsenmelidir.

Sadece iki öğrenci (otuz altı öğrenci arasından) deneylerinin geçerlik ve güvenirliği ile ilgili yargıda bulunmuştur. Bu öğrenciler veri toplamak için kullandıkları yöntemi açık bir şekilde değerlendirmiştir. Örneğin sıcaklığın sabit olmadığını ve yirmi dört (24) saat boyunca değiştiğini fark etmişler fakat bunun sonuçları anlamlı bir şekilde etkilemediğini açıklamışlardır. Aynı öğrenciler, laboratuvar raporlarını yazarken, yargıya varmak için kanıtlara nasıl güvenebileceklerini eleştirel bir şekilde gerekçelendirmiştir. Bu anlamda, sonuçların kesinliğiyle ilgili iddiaları desteklemek için hata hesaplamaları yapmıştır. Dolayısıyla, bu tür noktalar değerlendirme bölümü yazarken en çok zorlanılan kısımlardandır.

Öğrencilerin karşılaştığı belki de en önemli zorluk, laboratuvar raporunun değerlendirme bölümünü yazarken ilişkili kavramları uygun bir yapı içerisine oturtmaktır. Fizik öğretmen adayları, geçerlik-güvenirlik ve kesinlik-hassasiyet kavramları arasında ayrım yapamamaktadır. Ayrıca, birçok kez, yaptıkları şeyleri "neden" yaptıklarını anlamamışlardır. Örneğin neden sürekli ölçüm almaları gerektiği gibi… Öğretmen adaylarının, kuralları ezbere uyguladığını ve sonuçları en uygun doğruyu çizmek için incelediğini söyleyebiliriz. Öğrenciler, en uygun doğrunun orijinden geçtiği şeklindeki gibi, yanlış ezberledikleri kuralları uygulamıştır. Öğrencilerin daha önce sunulan görevlere verdikleri cevapların analizi, onların güvenilir sonuçlar elde etmek için benimsedikleri kriterler hakkında fikir vermektedir. Öğrencilerin karşılaştığı zorluklar, rastgele ve sistematik hata arasında bir ayrım yapamamalarıyla da ilgilidir. Ayrıca, öğrencilerin belirsizlik kavramıyla ilgili anlayışları sınırlıdır ve Caussarieu ve Tiberghien'in (2017) araştırmasında bulunan, lisans düzeyindeki birinci sınıf öğrencilerinin yaşadığı zorluklarla uyumludur. Öğrenciler, çoğunlukla belirsizlik hesaplaması yapmamıştır.

Séré, Journeaux ve Winther (1998) de benzer argümanları savunmuştur. Araştırmacılara göre, öğrencilerin veri analizi yaparken hesaplama yapması, ölçüm güvenirliğinin temelinde yatan prensipleri tam anlamıyla anladıkları anlamına gelmemektedir.

Bu tartışma; tekrarlama, noktaların gösterimi ve ortalama hesaplama için gerçek sebeplere ihtiyaç duyacak farklı deney ve görevler tasarlamamız gerektiğini savunmaktadır. Ortalama kavramını öğretmek için tasarlanacak uygun bir deneyde, ölçülen değerler doğrunun iki tarafında da gösterilecek şekilde olmalıdır. Bu strateji ile, öğrenciler sonuçların iyi olmadığını öne sürebilir ve böylelikle, öğretmenleri rastgele hataları azaltmak için deneyi tekrarlamayı önerebilir. Dolayısıyla, deneyi (Hooke kanunu ya da Ohm kanunu) birkaç kez tekrarlamak için düzensiz bir dağılımı olan grafik doğrusu teşvik edici olabilir. Sonrasında, ortalama alma teknikleri gösterilir. Öğrencilere ortalamayı nasıl hesaplayacakları, önceki matematik derslerinde ortalama alma yöntemlerini öğrendikleri varsayımında bulunmadan, açık bir şekilde öğretilmelidir. Son adım olarak, görsel bir model elde etmek için en uygun doğru oluşturulmalıdır.

Bir sonraki adımda ise, ölçümleri tekrarlamanın ve ortalama almanın rastgele hataları azalttığı fakat yöntemdeki yanlışları ya da hataları ortadan kaldırmadığı anlayışı oluşturulmalıdır. Öğrenciler ve öğretmenler, kesinlik ve güvenirlik kavramlarını çoğunlukla yanlış anlamaktadır. Örneğin, ölçümleri tekrarlayarak daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde edeceklerini düşünmektedir fakat bu sadece tekrarlanabilirliği kontrol etmeye yarar. Bunun sebebi, üç kez ölçüm yapmayı güvenirliği arttıran bir yöntem olarak savunmalarıdır. Bu durum, deneylerde yapılan bireysel hataları belirlemeye yarar fakat güvenirliği otomatik olarak arttırmaz. Sonuçlarda büyük farklılıklar varsa, yöntemi gözden geçirmek ve düzenlemek gerekir.

Hassasiyeti arttırmak ve 'gerçek' değere yakınlaşmak için deney birçok kez tekrar edilebilir ve ortalama bir değer bulunabilir. Deneyleri tekrarlayarak, 'gerçek' değere yakın bir değer bulma ihtimali artar. Sonrasında, ortalama alarak bu değere yakın bir değer elde edilir.

Güvenilir ölçümler, kontrollü deney, kesinlik ve hassasiyet kavramlarının tüm özelliklerini içermelidir. Bir dizi güvenilir ölçüm, tekrarlandığında aynı değere yakınlaşır. Halbuki, tekrarlanabilen sonuçlar güvenilir olmak zorunda değildir: örneğin bir sayaç düzgün bir şekilde sıfırlanmadığında, tüm ölçümler tutarlı bir şekilde yanlış olabilir. Ölçümler hem kesin hem de güvenilir olmalıdır.

Bu çalışma ikinci olarak, geçerlik ve güvenirlikle ilgili benzer kavramları farklı bağlamlarda kullanan görevlerin geliştirilmesinin önemine işaret etmektedir. Bu görevler, deneysel sonuçların farklı bağlamlarda değerlendirilmesini kolaylaştıracaktır. Öğrencilere, farklı deneylerde kullandıkları ortak akıl yürütmeyi fark etmeleri konusunda yardım etmeliyiz. Öğretmen adaylarına, deneyimleri üzerinde düşünme ve genelleme yapabilmeleri için zaman verilmelidir. Holmes ve Wieman'ın (2018) belirttiği gibi, öğrencilere buldukları sonuçlar üzerinde düşünmeleri ve neyi niçin yaptıklarını anlamaları için zaman tanınmalıdır.

Halbuki, birçok laboratuvar programı, laboratuvarda kullanılan yöntemlerin arkasında yatan gerçek sebeplerin anlaşılmasına yeterince önem vermemektedir. Bu tip laboratuvar dersleri, istatistiksel prosedürleri uygularken kullanılan şekilci kuralları vurgulamakta ve deneysel yöntemlerin altında yatan akıl yürütmeyi göz ardı etmektedir. Dolayısıyla, deneysel yöntemlerin özünün açıkça ortaya konulduğu laboratuvar programları tasarlanmalıdır.

Birçok öğretmen adayı lisans düzeyinde fen laboratuvar dersleri almaktadır fakat bu derslerde çoğunlukla önceden belirlenmiş bir prosedürü takip etmektedir. Öğrenciler düşünme imkânı bulamamakta ve neyi niçin yaptıklarını anlamamaktadır (Tobin, 1990).

Eshach ve Kukliansky'nin (2018) belirttiği gibi, değerlendirmede yaşanan zorlukların anlaşılması, eğitimcilerin ilgili laboratuvar becerilerini geliştiren öğrenme ortamları tasarlaması için

oldukça önemlidir. Öğretmenler, öğrencilerin değerlendirme yazarken karşılaştıkları zorlukları bilmelidir. Dersin programını, öğretmen adaylarının ihtiyaçlarını ve zorlandıkları noktaları dikkate alarak hazırlamak gerekir. Öğrencilerin bu anlayışlarının araştırılması ve çalışılması, öğretimde bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir. Benzer bağlamda, "kavram yanılgıları" ve farklı fizik konularında akıl yürütmeyle ilgili yapılan fizik eğitimi araştırmaları vardır.

Değerlendirmelerin yazıya dökülmesi zor bir görevdir. Öğrenciler ve öğretmenler tarafından zaman ve efor sarf edilmesini gerektirir. Öğretim, değerlendirmenin öğrenciler için zor olan kısımlarına ağırlık vermelidir. Özellikle kesinlik, güvenirlik, geçerlik gibi kavramlar ve tüm bunların anlamlı bir değerlendirme bölümü oluştururken nasıl bağlandığı ve ilişkilendiği vurgulanmalıdır. Halbuki, değerlendirme araştırmanın son kısmı olduğu için, öğrencilerin yeterli zamanı kalmayabilir ve gerekli dikkati veremeyebilirler. Öğretmenler bile öğretme sürecinde zamanlama sınırı yaşayabilir. Deneyler genellikle zaman alıcıdır ve hataların olası kaynaklarını tartışmak için zaman kalmaz.

Bu çalışmada son olarak, uygun olmayan noktaları değerlendirmeyi öğretirken, uygun olmayan ölçüm yerine "uç nokta" terimini kullanmanın daha faydalı olduğu savunulmaktadır. Çünkü, uç nokta bir dizi ölçümle ilişkili olarak tanımlanmıştır. Bu yüzden, kabul edilebilir aralığa sahip ölçümleri tanımlamaları gerekir. Uç nokta, elde edilen diğer verilere göre, herhangi bir sebepten ötürü çok daha büyük ya da küçük olan değerleri tanımlar. Uygun olmayan nokta ise, diğer ölçümlerin oluşturduğu modele uymayan ve çoğunlukla (her zaman olmasa da) yapılan bir yanlışlıktan kaynaklanan değerdir. Tekrarlanan ölçümlerden elde edilen değerlerden çok farklı olan ya da en uygun doğrudan çok uzakta olan bir değer örnek olarak verilebilir.

Sonuç olarak, McDermott'ın (1991) da ifade ettiği gibi, bu çalışmanın bulguları öğretilen ve öğrenilen arasındaki farkın eğitimcilerin tahmin ettiğinden çok daha fazla olduğunu göstermektedir:

"*… öğretmenin söylediği ya da kastettiği şeyler, öğrencilerin söylendiği çıkarımında bulunduğu şeylerden farklıdır… Öğretmenin, öğrencilerinin fizik dersinde anladığını düşündüğü şeylerle öğrencilerin gerçekten öğrendiği şeyler arasında genellikle anlamlı bir fark vardır*" (McDermott, 1991, s. 303).

Öğretmenler, genellikle öğrencilerinin kanıtları değerlendirmeyi bildiğini varsaymaktadır. Halbuki birinci ve ikinci sınıf laboratuvara giriş derslerinde, öğrencilerin deneyleri tasarlama ve uygulama noktasında hemen hiç otonomileri yoktur. Laboratuvar raporunun tamamını yazmak yerine sadece bazı soruları cevaplamaktadırlar. Örneğin basit harmonik hareket sonrasında, sorular önce periyodu (T) ve sabit ivmeyi, sonra g'nin ortalamasını ve g'nin yüzdelik sapmasını hesaplamalarını istemektedir. Sonrasında, sistematik hatanın olası kaynaklarını tartışmakta ve yazmaktadırlar. Ya da direnç deneyini yaptıktan sonra, katılımcılardan hesaplama yapmaları istenmekte ve sonrasında ortalama R'yi ve direnç değerinin standart sapmasını bulmaları beklenmektedir.

Öğrenciler, hataların kaynakları ve bu hataların nasıl ortadan kaldırılacağı ile ilgili doğru bir anlayışa sahip olmalıdır. Sistematik hataların etkileri, deneyi tekrarlayarak azaltılamaz. Ölçekler kullanılmadan önce, olası hatalar için kontrol edilmelidir. Eğer sistematik hatalar izlenilen prosedürle ilgili ise, yöntemde düzenlemeler yapılmalıdır.

Bu karmaşık konuya daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın kapsamında sunulandan çok daha fazla zaman harcanması gerekmektedir. Örneğin, katılımcıları görev aldıktan sonra da takip edecek yeni çalışmalara ihtiyaç olabilir.

Deneysel kanıtların değerlendirilmesi, laboratuvar çalışmalarının önemli bir parçasıdır. Fizik eğitimcileri, değerlendirme bölümünün yazımına özellikle dikkat etmelidir. Eğer öğrencilerin anlamlı bir değerlendirme anlayışı geliştirmesini istiyorsak, onlara bu prosedürün uygulandığı deneyleri yapma imkânı vermeliyiz. Bu prosedürün arkasında yatan akıl yürütmeyi anlamalarını ve incelemelerini, aynı zamanda değerlendirmenin deneysel durumlarla olan bağlantısını da anlamlı bir şekilde kavramalarını sağlamalıyız (E.1- E.6). Öğretmen adaylarının değerlendirme ve deneysel becerilerini arttırmalarına fırsat verecek dersler verilmelidir. Hofstein ve Lunetta'nın (2004) belirttiği gibi: "*Alanyazın, öğretmenlerin amaçları ve davranışlarıyla becerilerinin sınırları arasındaki uyumsuzlukların dikkate alınması gerektiğini savunmaktadır. Profesyonel öğretmenlerin okul laboratuvarı alanındaki anlayışlarını, bilgilerini ve becerilerini geliştirecek uzun vadeli mesleki gelişim programlarına ihtiyaç vardır* (Hofstein ve Lunetta, 2004, s.45).

Bu çalışma, öğretmen yetiştirme alanında fizik laboratuvarı veri analiziyle ilgili laboratuvar dersleri tasarlamak isteyenlere katkı sağlayacaktır. Program geliştiriciler, öğrencilerin değerlendirmeyle ilgili sahip oldukları zorlukları bilmelidir. Fizik öğretmeni yetiştirmek için dersi düzenlemek dışında, araştırma temelli modüller geliştirilmelidir. Fizik öğretmen adaylarının, deneysel kanıtları değerlendirme konusunda öğrencilerin yaşadığı zorluklar hakkında eğitilmeye ihtiyacı vardır. Bu çalışma yeni bir dersin temelini oluşturabildiği gibi, öğrencilerin başarısı ya da öğretmenlerin deneyimi de gelecek çalışmaların temelini oluşturabilir.

Teşekkür

Bu start-up projesi, BAP (Boğaziçi Araştırma Proje) 10800 tarafından desteklenmiştir.

Çalışmanın anonim eleştirmenlerine teşekkür ederim. Ayrıca, bu araştırmanın yapılmasında emeği geçen ve birlikte çalıştığım öğretmen adaylarına, harcadıkları zaman ve efordan dolayı teşekkür ederim. Bu makaleyi Türkçeye çevirdiği için PhD öğrencisi Havva Sağlam'a çok teşekkür ederim.

Kaynakça

Albers, C., Rollnick, M. ve Lubben, L. (2008). First year university students' understanding of validity in designing a physics experiment. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 12*(1), 33-54.

Allie, S., Buffler, A., Kaunda, L., Campbell, B. ve Lubben, F. (1998). First-year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education, 20*(4), 447-459.

American Association of Physics Teachers. (2014). *AAPT physics education report: Recommendations for the undergraduate physics laboratory curriculum*. American Association of Science Teachers: College Park, MD.

American Association of Physics Teachers. (2017). *Physics and 21st century science standards.* American Association of Science Teachers: College Park, MD.

Bevington, P. R. ve Robinson, D. K. (2003). *Data reduction and error analysis for the physical sciences* (3. bs.). Boston: McGrawHill.

Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R. L. ve McDermott, L. C. (2008). Student understanding of control variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics, 76*(2), 163-170.

Caussarieu, A. ve Tiberghien, A. (2017). When and why are the values of physical quantities expressed with uncertainties? A case study of a physics undergraduate laboratory course. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*, 997-1015.

Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions.* London: Sage Publications.

Crujeiras-Pérez, B. ve Jiménez-Aleixandre, M. P. (2017). Students' progression in monitoring anomalous results obtained in inquiry-based laboratory tasks. *Research in Science Education*, 1-22.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. ve Shouse, A. W. (Ed.). (2007). *Taking science to school. Learning and teaching science in Grades K-18.* Washington, DC: National Research Council.

Eshach, H. ve Kukliansky, I. (2018). University physics and engineering students' use of intuitive rules, experience, and experimental errors and uncertainties. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*, 817-834.

Foulds, K., Gott, R. ve Feasey, R. (1992). *Investigative work in science - a report by the exploration of science team to the national curriculum council.* Durham: University of Durham.

Gatsby, L. (2012). *Science for the workplace*. London: Gatsby Charitable Foundation.

Gkioka, O. (2019). Preparing pre-service secondary physics teachers to teach in the physics laboratory: Results from a three-year research project. *AIP Conference Proceedings, 2075*(1), 180009. doi:10.1063/1.5091406

Gott, R. ve Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.

Gott, R. ve Duggan, S. (1996). Practical work: Its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education, 18*, 791-806.

Grant, L. (2011). *Lab skills of new undergraduates: Report on the findings of a small scale study exploring university staff perceptions of lab skills of new undergraduates at Russell Group Universities in England.* London: Gatsby Charitable Foundation.

Gregory, I. (2003). *Ethics in research*. London: Continuum.

Hofstein, A. ve Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28-54.

Holmes, N. ve Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today, 71*(1), 38-45.

Hu, D. ve Zwickl, B. M. (2018). Examining students' views about validity of experiments: From introducory to Ph.D. students. *Physical Review Physics Education Research, 14,* 010121.

Kalthoff, B., Theyssen, H. ve Schreiber, N. (2018). Explicit promotion of experimental skills. And what about the content-related skills? *International Journal of Science Education, 40*(11), 1305-1326.

Leach, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education, 21*(8), 789-806.

Lewin, W. ve Goldstein, W. (2012). *For the love of physics*. New York: Free Press.

Lippmann Kung, R. (2005). Teaching the concepts of measurement: An example of a concept-based laboratory course. *American Journal of Physics, 73*(8), 771-777.

Lubben, F. ve Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education, 18*, 955-968.

Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A. ve Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education, 85*(4), 311-327.

McDermott, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics, 58,* 734-742.

McDermott, L. C. (1991). Millican Lecture 1990: What we teach and what is learned-closing gap. *American Journal of Physics, 59*, 301-315.

McDermott, L. C. (2014). Melba Newell Phillips Medal lecture 2013: Discipline-based education research - a view from physics. *American Journal of Physics, 82*(8), 729-741.

Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook.* London: SAGE.

National Research Council. (2001). *Educating teachers of science, mathematics, and technology: New practices for the new millenium.* Washington, DC: National Academy Press.

Priemer, B. ve Hellwig, J. (2018). Learning about measurement uncertainties in secondary education: A model of the subject matter. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16,* 45-68.

Roberts, R. ve Johnson, J. (2015). Understanding the quality of data: A concept map for 'the thinking behind the doing' in scientific practice. *The Curriculum Journal, 26*(3), 345-369.

Séré, M-G. (1999). Learning science in the laboratory: Issues raised by the European Project "labwork in science education". M. Bandiera, S. Caravita ve M. Vicentini (Ed.), *Research in Science Education in Europe* (s. 165-174). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Séré, M-G., Journeaux, R. ve Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education, 15*(4), 427-438.

Séré, M-G., Journeaux, R. ve Winther, J. (1998). Enquête sur la pratique des enseignants de lycée dans le domain des incertitudes. *Bulletin de l'Union des Physiciens, 92*, 247-254.

Singer, S. R., Hilton, M. L. ve Schweingruber, H. A. (Ed.). (2005). *America's lab report: Investigations in high school science.* Washington, DC: National Research Council.

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research.* London: Sage.

Taylor, J. R. (1997). *An introduction to error analysis* (2. bs.). Sausalito, CA: University Science Books.

Tiberghien, A., Vieillard, L., Le Marechal, J-F., Buty, C. ve Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education, 85*, 483-508.

Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics, 90,* 403-418.

Varelas, M. (1997). Third and fourth graders' conceptions of repeated trials and best representatives in science experiments. *Journal of Research in Science Teaching, 9*, 853-872.

Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Los Angeles: Sage.

Ek. Görüşme Soruları

Bu verilere ve sonuçlara güveniyor musun?
Deneyi yönlendirme olmadan tasarladığında, ne tür zorluklarla karşılaşıyorsun?
Bir laboratuvar raporunun değerlendirme bölümünde neler olmalı?
Sonuçların kesin olmasını nasıl sağlarsın?
Sonuçları etkileyen fakat göz önünde bulundurmadığın başka değişkenler var mı?
Ölçümleri neden tekrar edersin?
Eğer tekrar edersen, verileri nasıl işlersin?
Ölçümleri tekrarladığında, ne "daha iyi hale gelir"?
Hataları nasıl belirlersin?
Rastgele hataları nasıl elimine edersin?
Sistematik hataları nasıl elimine edersin?
% 5'lik hata senin için ne anlama gelir?
% 22'lik hata senin için ne anlama gelir?
"Sonuçlar kesin ve hassastır" yazdığında, ne kastedersin?
Bu öğrencilere ne yapmalarını tavsiye edersin?
Değerlendirmeyi zor yapan şey nedir?
Eğitmenin nasıl bir yardımda bulunmasına ihtiyacın var?