



STEM Eğitimi Uygulamaları ile İlkokul Öğrencilerinin Fen Kariyer Bilinçlerinin Geliştirilmesi: Bir Eylem Araştırması*

Hicran ÖZKUL¹, Muhammet ÖZDEN²

Özet

İlkokul dördüncü sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı kapsamında bütünleştirilmiş STEM eğitiminin nasıl uygulanabileceğini ve öğrencilerin fen kariyer bilinçlerinin nasıl geliştirilebileceğini açıklamayı hedefleyen bu araştırmada eylem araştırması kullanılmıştır. Araştırma 2018-2019 akademik yılında Ege Bölgesi'ndeki bir üniversitenin kampüsündeki ilkokulda öğrenim gören dördüncü sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın nicel verileri STEM Mesleklerine İlgili Ölçeği ile nitel verileri ise kişisel bilgi formları, video ve fotoğraf kayıtları, yarı yapılandırılmış görüşmeler, araştırmacı günlüğü, öğrenci günlükleri ve geçerlik komitesi ses kayıtları ile toplanmıştır. Nicel verilerin analizi Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, nitel verilerin analizi ise tematik analiz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda ilkokulda bütünleştirilmiş STEM eğitiminin "problemi yapılandır", "düşünce üret", "seç ve yap" "test et ve düşünce yansıt" ve "yeniden oluşturun" aşamalarını içeren mühendislik temelli bir anlayışla uygulanabileceği belirlenmiştir. Belirtilen aşamalardan öğrencilerin en zorlandıkları bileşenin prototipleri çizme konusu olduğu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin fen alanındaki mesleklerin görevlerini tanıdıkları ve bu mesleklere yönelik ilgilerinin artarak bu meslekleri kariyer planlarına dahil ettikleri tespit edilmiştir. Araştırmanın nicel bulguları da bu sonucu desteklemektedir. Araştırmada öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin uygulama sonunda son test lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Araştırmanın hem nitel hem de nicel bulgularının analizleri sonucunda öğrencilerin fen kariyer bilinçlerinin geliştiği saptanmıştır.

Makale Bilgileri

Araştırma
Makalesi

Gönderim Tarihi

21/12/2023

Kabul Tarihi

17/12/2024

Anahtar

Kelimeler

STEM eğitimi,
Bütünleştirilmiş
STEM eğitimi,
Mühendislik
odaklı
bütünleştirilmiş
STEM eğitimi,
Mühendislik
eğitimi,
Eylem
araştırması,
İlkokul
öğrencileri

*Bu çalışma, ikinci yazarın danışmanlığında birinci yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

1 Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, 0000-0002-1248-1628, hicran.ozkul@dpu.edu.tr

2 Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, 0000-0003-4325-0803, muhammetozden@gmail.com

Atıf:

Özkul, H. ve Özden, M. (2025). STEM eğitimi uygulamaları ile ilkokul öğrencilerinin fen kariyer bilinçlerinin geliştirilmesi: bir eylem araştırması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [PAÜEFD]*, 64,51-91. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1408156>

Giriş

STEM Eğitimi

Çağdaş yaklaşımlarda 21. yüzyılın gerektirdiği iş birlikli çalışabilme, analitik ve eleştirel düşünebilme, problemlere bilimsel muhakeme ile çözüm üretebilme gibi iş gücüne sahip olabilmek için disiplinlerin bütünleştirilmesinin gerekliliği sıklıkla belirtilmektedir (Guzey ve diğerleri, 2016; National Research Council [NRC], 2012). Sözü edilen nitelikli iş gücüne sahip olabilmek amacıyla ortaya çıkan en güncel eğitim sistemlerinden birisi de STEM eğitimidir (Karahan, 2017).

STEM eğitimi, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleştirilmesini sağlayan ve fen ve matematik disiplinlerinin günlük hayattaki yerini ve önemini göstermeye yarayan pedagojik bir yaklaşımdır (Dugger, 2010; Morrison, 2006; Tsupros ve diğerleri, 2009). Bir başka tanıma göre STEM eğitimi, mühendislik ve teknoloji alanlarının fen ve matematik derslerine adapte edilmesiyle öğrencilerin hesaplamalı ve sistematik düşünme, eleştirel düşünme, günlük hayattaki sorunları bireysel olarak çözebilme, yaşadıkları çevreye uyum sağlayabilme gibi 21. yüzyıl yaşam becerilerinin gelişimini kapsayan bir bütünleşik düşünme sürecidir (Bybee, 2010, 2013; NRC, 2011). İlgili tanımlara bakıldığında STEM eğitiminin amacının (i) fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin entegrasyonunu sağlamak, (ii) STEM disiplinlerini toplumsal ve kültürel anlamda bütünleştirerek öğrencilerin STEM'e olan bakış açılarını derinleştirmek ve (iii) öğrencilerin STEM alanlarına olan ilgilerini arttırmak olduğu söylenebilir (Roehrig ve diğerleri, 2012). STEM eğitiminin temelini fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleştirilmesi oluşturur (Wang ve diğerleri, 2011). Ancak, bu disiplinlerin nasıl ve ne şekilde bütünleştirilmesi gerektiği konusunda araştırmacılar arasında tam bir görüş birliği bulunmamaktadır (Gencer ve diğerleri, 2019). Bu belirsizlik, farklı eğitim modellerinin ve uygulamalarının geliştirilmesine yol açmıştır.

STEM Eğitiminin Bütünleştirilmesi

STEM eğitiminin sözü edilen amaçlara erişebilmesi için STEM disiplinlerinin nasıl ve ne şekilde bütünleştirileceğine ilişkin farklı yaklaşımlar olduğu görülmektedir (Bryan ve diğerleri, 2016; Bybee, 2013; Kelley ve Knowles, 2016; Roehrig ve diğerleri 2012; Wang ve diğerleri, 2011). Bu yaklaşımlara multidisipliner yaklaşım, interdisipliner yaklaşım, transdisipliner yaklaşım (Karahan, 2018; Wang ve diğerleri 2011), içerik ve bağlam entegrasyonu modelleri (Roehrig ve diğerleri 2012) ve bütünleştirilmiş STEM eğitimi (Bryan ve diğerleri 2016) örnek olarak verilebilir. Bütünleştirilmiş STEM eğitimi STEM disiplinlerinden ikisinin ya da daha fazlasının gerçek dünya bağlamındaki problem durumlarına

odaklanılarak tek bir çatı altında birleştirilmesine dayanmaktadır (Bryan ve diğerleri 2016).

Bütünleştirilmiş STEM eğitiminde mühendislik odağı alınmaktadır. Bu görüşte olan araştırmacılar, mühendisliğin fen ve matematik bilgisinin kullanımı için bir katalizör görevi üstlendiğine (Cavlazoğlu ve Stuessy, 2017; Daugherty, 2012; NAE ve NRC, 2009) ve bu yolla öğrencilerin fen kavramlarını daha anlamlı ve daha kalıcı olarak öğrendiklerine inanmaktadırlar (Ercan ve Şahin, 2021; Okulu ve Oğuz Ünver, 2021). Mühendisliğin odağı alındığı bütünleştirilmiş STEM eğitimi uygulamalarında mühendislik tasarım süreçleri öğretim uygulamasının merkezini oluşturmaktadır (Guzey ve diğerleri, 2017; English, 2018; McFadden ve Roehrig, 2018; Pekmez ve diğerleri, 2018). Örneğin Pekmez ve diğerlerinin (2018) çalışmasında 4., 5., ve 6. sınıf öğrencilerine köprü tasarlama görevi verilmiştir. Başlangıçta öğrencilere köprü inşaatı ile ilgili bir hikâye okunmuştur. Buradan yola çıkarak öğrencilerle köprü çeşitleri ve inşaat mühendisliği üzerine tartışmalar gerçekleştirilmiştir. Ardından fen bilimlerinin konusu olan itme, çekme ve denge kavramlarının inşaat mühendisliği ile ilişkilendirilmesine rehberlik edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada bütün öğrenciler mühendislik tasarım süreçlerini kullanarak köprülerini oluşturmuşlardır. Araştırmada fen birincil disiplin, mühendislik ise bağlam olarak kullanılmıştır. Watt ve Andrews'ın (2018) çalışmasında, ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerine yaşadıkları bölgedeki kuraklık sorununa çözüm bulmaları için bir tasarım görevi verilmiştir. Su kıtlığına ilişkin problem durumu senaryo, haber ve bir hikâye ile tanıtılmıştır. Kıtlik problemi belirlendikten sonra çocuklardan suyun gerekli olduğu her durumu ve bu durumların nedenlerini açıkladıkları bir liste oluşturmaları istenmiştir. Çocuklar su tasarrufu yapılabilecek yolları belirledikten sonra her gruptan kar ve yağmur sularını yakalamak için bir bina tasarımları istenilmiştir. Sonuçta çocuklar mühendislik tasarım süreçlerini kullanarak bütün sistemi modellemişlerdir. Ayrıca süreçte öğrenciler bilimsel bir dil kullanmaya teşvik edilmiştir. Mühendislik uygulamaları, teknolojik bir ürün oluşturma sürecinde matematiğin ve fenin uygulamalarını gerektirdiğinden STEM disiplinlerinin anlamlı ve nitelikli olarak entegrasyonunu sağlamaktadır (Moore ve diğerleri, 2014a).

Yapılan araştırmalar, mühendislik uygulamalarının fen içeriğine entegre edilmesinin öğrencileri pek çok yönde desteklediğini ortaya koymuştur. Örneğin bahsedilen şekilde yürütülen çalışmalarda öğrencilerin fen bilimlerine karşı tutumlarının (Toma ve Grace, 2018) ve fen dersindeki akademik başarılarının (Guzey ve diğerleri, 2017) arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca alan yazında mühendisliğin STEM uygulamalarında odağı alınmasının bu disiplinleri zenginleştirdiği ve böylece öğrencilerin üst düzey ve bilimsel düşüncelerini, sorgulama ve araştırma yapmalarını ve bilimsel süreç becerilerini kullanmalarını

teşvik ettiği savunulmaktadır (English, 2018; Fan ve Yu, 2017; NAE ve NRC, 2009; Okulu ve Oğuz Ünver, 2021; Özkul ve Özden, 2020; Strong, 2013; Şen, 2018; Wendell, 2008). Örneğin Özkul ve Özden (2020), mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM uygulamaları ile öğrencilerin çok yönlü düşünme, bilimsel düşünme ve yaratıcı düşünme becerilerinin geliştiğini belirlemişlerdir. Bir başka araştırmada Yavuz (2019), fen bilimleri dersinde mühendislik temelli STEM uygulamalarının ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM mesleklerine yönelik ilgi, algı ve tutumlarını geliştirdiği rapor edilmiştir. Bir başka araştırmada ise mühendislik temelli STEM eğitimi uygulamalarının ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin fen ve matematik bilgilerini bütünleştirme, problem çözme, iş birliği ve takım çalışması becerilerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (Karahan ve diğerleri, 2019). Öte yandan mühendislik temelli STEM uygulamaları yoluyla öğrencilerin mühendislik kariyer bilinçlerinin, mesleğe ilişkin farkındalıklarının ve STEM disiplinleri ile ilgili tutumlarının geliştiğini saptayan araştırmalar da bulunmaktadır (Acar, 2018; Christensen ve Knezek, 2017; English, 2018; Guzey ve diğerleri, 2016; Karakaya ve diğerleri, 2019; Özkul ve Özden, 2020; Yavuz, 2019.)

Alan yazın taraması sonucu ilkökul öğrencileri ile yapılan araştırmaların sayısının az olduğu görülmüştür. Bununla birlikte mühendisliğin STEM'e entegrasyonunun nasıl gerçekleştirileceğinin halen bir tartışma konusu olduğu da bilinmektedir (Bybee, 2013; English ve diğerleri, 2017; English ve King, 2015; Moore ve diğerleri, 2014b; Okulu ve Oğuz Ünver, 2021; Roehrig ve diğerleri, 2012; Wang ve diğerleri, 2011). Pek çok araştırmacı bu konuda ortak bir görüşe varamamıştır.

Bu bağlamda araştırma kapsamında ilkökulda STEM eğitimi uygulamalarının öğretme ve öğrenme süreci ile nasıl bütünleştirileceğine ilişkin bir çerçeve çizilmesi ve uygulanan eğitimin eylem araştırması yoluyla açıklanmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırmanın STEM yaklaşımının öğrenme ortamlarında kullanımına dönük anlayış geliştirilmesine katkı sağlama, STEM eğitiminin yapısını ve süreçlerini açıklama bakımından önemli olduğu düşünülmektedir. Yine STEM eğitimi ile ilgili yapılan araştırmalarda da öğrencilerin ilkökul basamağında STEM mesleklerini tanımlarının stratejik olarak önemli olduğu belirtilmektedir. Öğrencilerin fen kariyer bilinçlerinin gelişimi konusunda araştırmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İlkokul dördüncü sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı kapsamında bütünleştirilmiş STEM eğitiminin nasıl uygulanabileceğini açıklamayı hedefleyen bu araştırma İç Ege bölgesinde yer alan bir devlet üniversitesinin yerleşkesinde bulunan özel ilkökulda öğrenim gören sekiz öğrenci ile sınırlıdır. Bu kapsamda aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır:

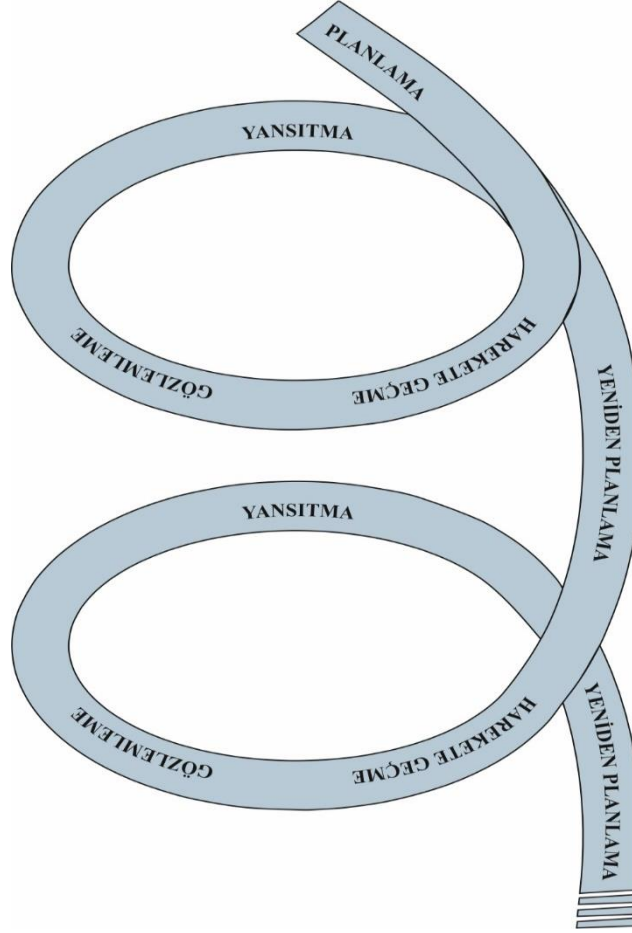
- İlkokul fen bilimleri dersinde bütünleştirilmiş STEM uygulamalarına yer veren öğretme öğrenme süreci nasıl gerçekleştirilmiştir?
- Bütünleştirilmiş STEM eğitimi sürecine ilişkin öğrenci görüşleri nelerdir?
- Bütünleştirilmiş STEM eğitiminin öğrencilerin fen alanında kariyer oluşturma bilinçlerine etkisi nasıldır?

Yöntem

Araştırma Modeli

Araştırma eylem araştırması deseni (Kemmis ve diğerleri, 2014) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Belirtilen desenin kullanılmasının nedenleri: (i) bir sınıf ortamında öğrencilere uygulanan bütünleştirilmiş STEM eğitimi içerikleri ve süreçlerini geliştirmek için bütün paydaşların (araştırmacı, komite ve öğrenciler) iş birliğine gereksinim duyulması, (ii) bütünleştirilmiş STEM eğitime ilişkin öğretme-öğrenme sürecinin gelişimini sağlayan eylemleri ve ilgili eylem stratejilerinin nasıl geliştirildiğinin açıklanması gereksinimi ve (iii) araştırmacıların kendi uygulamalarını gözlemleme isteğidir.

Hem araştırmacıların bakış açılarının farklılığından hem de dinamik yapısından dolayı eylem araştırmasının nasıl yürütüleceği ile ilgili pek çok model öne sürülmüştür. İlgili modeller, merkezinde bir konu ya da bir problem durumunun bulunduğu, araştırma sürecinde gözlemlerin yapıldığı ve toplanan verilerin analiz edildiği sarmal bir yapıya sahiptirler (Gürgür, 2017). Bu araştırma kapsamında kullanılan model aşağıda Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1*Katılımcı Eylem Araştırması Süreci*

Araştırmada uygulanan döngü planlama, harekete geçme, gözlemeleme ve yansıtma olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (Kemmis ve diğerleri, 2014). Planlama aşaması, araştırma sürecinin birinci adımı olmuştur. Bu aşamada araştırma konusu, gözlemeleme süreci ve veri toplama araçları belirlenmiştir. Harekete geçme aşamasında bütünleştirilmiş STEM eğitimi etkinlikleri eylemler olarak planmış ve uygulama yapılmıştır. Gözlemeleme aşamasında araştırmacı etkinlikleri uygulayarak bütün süreci kamera ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına almıştır ve bu kayıtlardan elde edilen verilerin dökümünü yapmıştır. Ayrıca araştırmacı günlükleri, geçerlik komite toplantıları ve süreç boyunca öğrencilerle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler ile de eylem araştırmasındaki gelişim gözlenmiştir. Dördüncü aşama olan yansıtma aşamasında ise derslerin uygulanmasından sonra dökümleri geçerlik komite toplantılarında makalenin ikinci yazarı ve iki alan uzmanına sunulmuş ve araştırmacı da görüşlerini belirterek iş birliği ile ileriki etkinliklerde alınması gereken

önlemler ve eylem planları belirlenmiştir. Ardından bir sonraki ders için yeni eylem planları işe koşularak etkinlikler planlanmıştır.

Araştırma Ortamı ve Katılımcılar

Araştırma ortamının belirlenmesinde kritik durum örnekleme kullanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Kritik durum örnekleme keşfedilen bilginin benzer durumlarda en yüksek (maksimum) seviyede uygulanmasını amaçlar. Bu araştırmada kritik durum örnekleme ilkökul dördüncü sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı kapsamında bütünleştirilmiş STEM eğitime yer veren öğretme öğrenme sürecinin başarıyla nasıl gerçekleştirilebileceğini belirlemek amacıyla bu konuda en büyük etkiyi yapabilecek bir okul seçimi ile mantıklı bir örneklem stratejisi olarak kabul edilmiştir. Çünkü öğretimde yeni yaklaşımların işe koşulmasında okulların fiziksel ve ekonomik koşulları ile yakından ilgili olabilmektedir. Bu bakımdan araştırmada ilkökulda STEM eğitimi uygulamalarının öğrenme öğretme sürecinde nasıl işe koşulabileceği, STEM eğitiminin yapısını ve süreçlerini açıklama gibi amaçları olduğu için eğitsel ve fiziki olanaklar bakımından orta ve üst sosyo ekonomik düzey bir okulda araştırma yapılması kritik durum olarak kabul edilmiştir. Eğer bu özelliklere sahip bir okulda STEM eğitiminin öğrenme öğretme süreci ile bütünleştirilmesi konusunda sorunlar yaşıyorsa daha kısıtlı olanaklara sahip okullarda daha büyük sorunlar yaşanması olası düşüncesi etkili olmuştur.

Araştırma Ege Bölgesi'nde yer alan bir özel okulda gerçekleştirilmiştir. Okulda ilkökul ve ortaokul öğrencileri öğrenim görmektedir. Okulda ilkökul ve ortaokul öğrencileri öğrenim görmektedir. Uygulama 2018-2019 eğitim öğretim yılında ilkökul dördüncü sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın dördüncü sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmesinde mühendislik ve tasarım becerilerinin Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) dördüncü sınıftan itibaren kazandırılacak bir beceri alanı olarak gösterilmesi etkili olmuştur. Bunun yanı sıra öğrencilerin fen bilimleri dersiyle ilgili yaşantılara sahip olmaları, psikomotor gelişim ve bilişsel gelişim bakımından görece daha olgun olmaları da örneklem seçiminde etkili olmuştur.

Araştırma uygulaması öğrencilerin kendi dersliklerinden farklı bir derslikte gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın yapıldığı derslik öğrencilerin STEM çalışmalarını rahat bir biçimde yapabilmeleri için çizim masalarına sahiptir. Her grupta iki öğrenci olacak şekilde dört grup oluşturulmuştur. Ayrıca derslik penceresinin önüne de iki adet çizim masası yerleştirilmiş ve uygulama sürecinde kullanılacak materyaller için istasyon oluşturulmuştur. Bu istasyonlar her STEM etkinliğinin başlangıcında o etkinliğe ait çeşitli materyaller yerleştirmek ve öğrencilerin araç gereçleri rahatça gözlemlmelerini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca derslikte bir bilgisayar ve projeksiyon

bulunmaktadır. Öğrencilere bilgisayardan video izletmek gerektiğinde ya da öğrencilerin araştırma yapmaları gerektiğinde derslikte bulunan bilgisayar ya da tepegöz kullanılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı sınıfta sekiz öğrenci bulunmaktadır. Bu sebeple bütün öğrenciler odak öğrenci olarak kabul edilmiştir. Sürecin başlangıcında velilere ve öğrencilere araştırma sürecinde kendilerinden beklenenler, sürecin nasıl gelişeceği, elde edilen verilerin nasıl saklanacağı, görüntülerinin kullanılmayacağı ve istedikleri zaman da araştırmadan çekilebilecekleri bilgisi verilmiştir. Öğrenciler uygulama boyunca ikiye kişi olarak gruplandırılmıştır. İlerleyen uygulamalarda gruplar arasında değişikliklere gidilmiştir. Kod isim verilen her bir katılımcının kişisel bilgi formu, sınıf öğretmeni ile yapılan görüşmeler ve araştırmacının gözlemleri sonucunda elde edilen demografik özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1

Katılımcıların Demografik Özellikleri

Öğrenci Kodu	Cinsiyet	Anne Eğitim Düzeyi	Baba Eğitim Düzeyi	Anne Mesleği	Baba Mesleği
Ayça	Kız	Lise	Lisansüstü	Ev hanımı	Öğretim üyesi
Berk	Erkek	Lise	Lise	Ev hanımı	Esnaf
Özgür	Erkek	Lise	Üniversite	Serbest meslek	Memur
Kâmil	Erkek	Üniversite	Lise	Öğretmen	Polis
Yeliz	Kız	İlkokul	İlkokul	Serbest meslek	Serbest meslek
Nilay	Kız	Lise	Lise	Memur	Bankacı
İpek	Kız	Lisansüstü	Lisansüstü	Öğretim üyesi	Öğretim üyesi
Alphan	Erkek	Lise	Üniversite	Memur	Memur

Veri Toplama Araçları

Eylem araştırması sürecinde hem nicel hem nitel veri toplama tekniklerinden yararlanılabilir (Creswell, 2017; Mills, 2011). Bu araştırma kapsamında veriler STEM Mesleklerine Yönelik İlgili Ölçeği, video ve ses kayıtları, yarı yapılandırılmış görüşmeler, araştırmacı günlüğü ve öğrenci günlükleri ile toplanmıştır. Aşağıda araştırmada kullanılan veri toplama araçları tanıtılmıştır.

STEM Mesleklerine Yönelik İlgili Ölçeği

Araştırmanın başında ve sonunda uygulamaya katılan öğrencilerin fen kariyeri bilinçlerinde nasıl bir değişim gerçekleştiğini görmek amacıyla Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik mesleklerine yönelik ilgili ölçeği (STEM-MYİÖ) kullanılmıştır.

Kier ve diğerleri (2014) tarafından geliştirilen, Koyunlu Ünlü ve diğerleri (2016) tarafından Türkçeye uyarlanan “Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Mesleklerine Yönelik İlgil Ölçeği 40 sorudan oluşmaktadır. Ölçek beşli likert tipindedir. Araştırma kapsamında ölçek formu üç bölümden oluşturulmuştur. Birinci bölümde STEM mesleklerine yönelik bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde öğrencilerin demografik özellikleri ile ilgili sorular bulunmaktadır. Üçüncü bölümde ise 40 sorudan oluşan ölçek maddeleri yer almaktadır. Ölçek maddelerinin her birinde tamamen katılıyorum, katılıyorum, kararsızım, katılmıyorum ve hiç katılmıyorum seçenekleri bulunmaktadır.

Ölçek katılımcılara uygulama öncesinde (ön test) ve sonunda (son test) uygulanmıştır. Ölçeğin araştırma kapsamında güvenilirlik katsayısını (cronbach alpha) hesaplamak amacıyla küme örneklem yöntemiyle belirlenen altı okuldaki 370 öğrenciden veriler elde edilmiştir. Analiz sonucunda cronbach alpha güvenilirlik katsayısı 0.92 olarak bulunmuştur. Alt boyutlar için ölçüm güvenirliliği fen bilimleri için 0.82, matematik için 0.80; teknoloji için 0.80 ve mühendislik için 0.90 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin fen alt boyutuna yönelik “Fen alanındaki mesleklere ilgi duyuyorum.”, matematik alt boyutuna yönelik “Matematik alanında çalışan birini mesleki açıdan örnek alırım.”, teknoloji alt boyutuna yönelik “Teknolojiyle ilgili çok şey öğrenirsem pek çok iş imkanıyla karşılaşabilirim.”, mühendislik alt boyutuna yönelik “Mühendislik becerisi gerektiren etkinlikleri seviyorum.” maddeleri örnek olarak verilebilir.

Video ve Ses Kayıtları

Video kayıtları öğrencilerin davranışlarını, ders boyunca yaptıkları hareketleri ve araştırmacının performansı hakkında bilgi sağlar (Johnson, 2015). Video kayıtlar ile araştırmacının ders esnasında gözden kaçırdığı etkileşimlerin tespit edilmesi sağlanır (Mills, 2011). Bu araştırmada gerçekleştirilen bütün etkinlikler hem video ile hem de ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Öğrencilerin kameraya uyum sağlamaları için üç hafta boyunca diğer derslerde de kamera sınıfa yerleştirilmiştir. Etkinliklerin video ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınması derslerin defalarca izlenmesini sağlamıştır. Verilerin dökümünü kolaylaştırmıştır. Haftalık girilen geçerlik komitelerinde önemli olduğu düşünülen kesitler komite üyelerine izlettirilmiştir. Böylece eylem planlarının belirlenmesi daha etkili hale gelmiştir. Ayrıca geçerlik komitesi toplantıları da ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Destek veri kaynağı olarak kullanılmak üzere bu kayıtların da dökümü gerçekleştirilmiştir.

Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Görüşme, sohbet tarzı, standartlaştırılmış açık uçlu ve yarı yapılandırılmış olmak üzere üçe ayrılır (Patton, 2014). Bu araştırma

kapsamında görüşler, yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşme tekniğinin benimsenmesinin nedeni katılımcıların görüşme konusuna ilişkin yanıtlarının sistematik olarak karşılaştırılmasına olanak vermesidir. Araştırmacı sürecin başında ve sonunda öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirmiştir. Sözü edilen görüşmelerin yanı sıra her eylem sonunda iki öğrenci belirleyerek yarı yapılandırılmış görüşmeler de gerçekleştirmiştir. Görüşme sorularına örnek olarak “Yaptığımız etkinliklerdeki mühendislik tasarım ve uygulama süreçlerinde fen ve matematik bilgilerini nasıl kullandık? Anlatır mısın?” ve “Yaptığımız etkinliklerin Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik alanlarındaki meslek seçimlerine etkilerini anlatır mısın?” verilebilir.

Araştırmacı Günlüğü

Araştırmacı süreçle ilgili bütün gözlemlerini, beklentilerini, düşüncelerini, görüşlerini ve süreçte yaşadığı sorunlarını yansıttığı bir günlük tutmuştur. Araştırmacı düşüncelerini başlangıçta bir deftere not ederken ilerleyen aşamalarda bilgisayar dosyasına kaydetmiştir. Günlükte izlenimlere, öğrencilerle ve komiteler ile ilgili yorumlara, duygulara ve düşüncelere yer verilebilir (Johnson, 2015). Bu araştırmada araştırmacı süreç boyunca hem etkinlik sonlarında hem de komite sonlarında bütün duygu ve düşüncelerini günlüğüne yansıtmıştır. Günlüklerin araştırmaya yön vermesi bakımından ya da araştırmada gözden kaçabilecek önemli noktaları engellemesi bakımından önemli olduğu söylenebilir.

Öğrenci Günlükleri

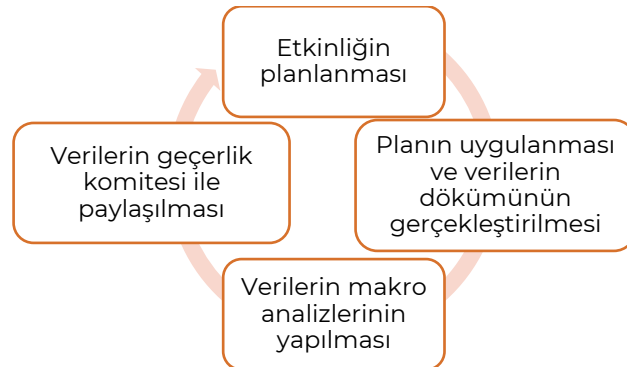
Öğrenci günlükleri etkinliklerden sonra öğrencilerin öğrenme deneyimleri ile ilgili duygu ve düşüncelerini paylaştıkları veri kaynaklarıdır (Jewell ve Tichenor, 1994, akt. Türkkın, 2008, s. 81). Öğrenci günlüklerinin araştırmanın gelişimine katkı sağlaması ve verileri zenginleştirmesi bakımından önemli olduğu söylenebilir. Fakat araştırma kapsamında öğrenciler günlük yazmak istememişlerdir. Araştırmacı da bu sorunu çözmek amacıyla renkli ve ilgi çekici günlük formları oluşturmuştur. Bu formlarda “Bugünkü etkinliğin amacı nedir?”, “Bu derste öğrendiklerin nedir?”, “Yaptığımız etkinliğin zor tarafları nedir?”, “Yaptığımız etkinliğin daha iyi gerçekleşebilmesi için önerilerin nedir?” sorularına yer verilmiştir. Ayrıca etkinlik sonu formları geliştirilerek o günkü etkinlik hakkında da öğrenci görüşleri alınmıştır. Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının araştırma soruları bağlamında kullanımı Tablo 2.’de sunulmuştur.

Tablo 2*Araştırma Soruları Bağlamında Toplanan Veriler ve Analizleri*

Araştırma Sorusu	Toplanan Veriler	Verilerin Analizi
İlkokul fen bilimleri dersinde bütünleştirilmiş STEM uygulamalarına yer veren öğretme öğrenme süreci nasıl gerçekleştirilmiştir?	-Video ve fotoğraf kayıtları -Yarı yapılandırılmış görüşmeler -Araştırmacı günlüğü -Öğrenci günlükleri	Tematik Analiz
Bütünleştirilmiş STEM eğitimi deneyimlerine ilişkin öğrenci görüşleri nedir?	-Video ve fotoğraf kayıtları -Yarı yapılandırılmış görüşmeler -Araştırmacı günlüğü -Öğrenci günlükleri	Tematik Analiz
Bütünleştirilmiş STEM eğitiminin öğrencilerin fen alanında kariyer oluşturma bilinçlerine etkisi nasıl olmuştur?	-STEM mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği -Video ve fotoğraf kayıtları -Yarı yapılandırılmış görüşmeler -Araştırmacı günlüğü -Öğrenci günlükleri	Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi Tematik Analiz

Eylem Planı Geliştirme Döngüsü

Eylem araştırması döngüsel bir şekilde ve hedefe ulaşılan kadar tekrar eden bir süreçtir. Bu süreçte döngünün her tekrarında araştırma gelişir ve ilerler. Araştırma boyunca 18 eylem planı geliştirilmiştir. Eylemler 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'ndaki kazanımlara göre araştırmacı tarafından planlanmıştır. Haftalık eylem planı geliştirme döngüsü Şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 2*Eylem Planı Geliştirme Döngüsü*

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi süreç öncelikle araştırmacının eylemi planlaması ile başlamıştır. Ardından araştırmacı planladığı eylemi uygulamıştır. Uygulamadan sonra video ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına aldığı eylemlerin dökümünü gerçekleştirmiştir. Ardından geçerlik komitesi toplantısında sunmak ve komite üyelerinin görüşlerini almak üzere video kayıtlarından bazı kesitleri kaydetmiştir. Ayrıca o hafta işlenen dersin bütün dökümlerini gerçekleştirmiştir. Kısaca bütün verilerin makro analizlerini yapmıştır. Komite üyeleri hem bütün veri dökümlerini okuyarak hem de görüntüleri izleyerek araştırmacıyla birlikte bir sonraki dersi geliştirmeye dönük eylem planları belirlemişlerdir. Araştırmacı bu eylem planlarını da işe katarak yeni etkinliği planlayarak bir sonraki derse gitmiştir. Bu süreç amaca ulaşılana kadar gelişerek devam etmiştir. Başlangıçta araştırmacı her etkinliği planlamasına rağmen hedeflerine ulaşamamıştır. Her etkinlik sonunda girdiği geçerlik komiteleri sonucunda getirilen önerilere ve eleştirilere göre yeni planlar geliştirerek ilerlemiştir. Komite üyeleri araştırmacının araştırma kapsamında geliştirmesi gereken kriterlerin bulunduğu ve hedefe ulaşıp ulaşılmama durumuna göre “evet”, “hayır” ve “kısmen” seçeneklerini işaretledikleri video kontrol listelerini her eylem komitesi toplantısında doldurmuşlardır. Bu liste, eylem süreçlerinde geliştirilmesi beklenen özellikleri kapsayan on bir maddeden oluşmaktadır. Başlangıçta komite üyelerinin çoğunlukla hayır seçeneğini işaretledikleri görülürken süreç ilerledikçe yapılan komite toplantıları ile de evet seçeneği işaretlemelerinin arttığı görülmüştür.

Araştırma verileri 04.10.2018-15.05.2019 tarihleri arasında toplanmıştır. Eylemler her hafta perşembe günü son iki ders saatinde okulda gerçekleştirilmiştir. Fakat bir hafta uygulama perşembe ve cuma günü yapılmıştır. Bununla birlikte bir kez jeoloji ve maden mühendisliği laboratuvarlarında, bir kez elektrik elektronik ve bilgisayar mühendisliği laboratuvarlarında ve bir kez de üniversite merkez laboratuvarında da eylem uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Araştırmada belirlenen eylem planlarına yönelik geliştirilen etkinlikler ve bu etkinlikler kapsamında üzerinde durulan meslek dalları şu şekildedir:

- Dünyamı Oluşturuyorum (Jeofizik Mühendisi, Uzay Mühendisi)
- Pelikan Yumurtalarını Koruyalım (Çevre Mühendisi, Tasarım Mühendisi, Biyolog, Zoolog)
- Jeoloji ve Maden Mühendisliği Laboratuvar Gezisi (Jeoloji Mühendisi ve Maden Mühendisi)
- Dinozor ve Midye Fosilleri Oluşturma (Paleontolog, Endüstriyel Tasarım Mühendisi)
- Yenilebilir Arabamı Tasarlıyorum (Makine Mühendisi, Otomotiv Mühendisi, Endüstriyel Tasarım Mühendisi)
- Diyetisyen Olduk (Diyetisyenlik, Biyolog)

- İLTEM Laboratuvar Gezisi (Fizik Bilim İnsanı, Kimyager, Biyolog, Gıda Mühendisi, Seramik Mühendisi)
- Sigara ve Alkolün Zararları (Scratch programı ile afiş hazırlama-kodlama) (Bilgisayar Mühendisi, Yazılım Mühendisi),
- Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Laboratuvar Gezisi (Elektrik Elektronik Mühendisi ve Bilgisayar Mühendisi)
- Devremizi Oluşturuyoruz (Elektrik Elektronik Mühendisi)
- Su Taşıtımı Oluşturuyorum (Gemi Mühendisi, Elektrik Elektronik Mühendisi)
- Marşmelovlardan Tasarım Yapıyorum (İnşaat Mühendisi, Mimar, Jeoloji Mühendisi)
- Kendi Termosumuzu Yapalım (Fizik Bilim İnsanı, Kimyager, Endüstri Mühendisi)
- Gezegen Kâşif Robotumu Oluşturuyorum (Mekatronik Mühendisi, Fizik Bilim insanı)
- Köprümü Oluşturuyorum (İnşaat Mühendisi, Jeoloji Mühendisi, Fizik Bilim İnsanı)
- Balonlu Arabam (Fizik Bilim İnsanı)
- Kedi Evi (Veteriner, Zoolog, Biyolog)
- Paraşütümü Tasarlıyorum (Tekstil Mühendisi)

Başlangıçta bu araştırmada uygulanması planlanan ve benzer araştırmalarda uygulanan etkinlikler incelenmiştir (English ve diğerleri, 2013; English ve King, 2015). Ardından araştırmanın amacına yönelik etkinlikler oluşturulmuştur. Bu etkinlikler öğrencilerin seviyelerine uygun olma durumu ve fen, teknoloji, mühendislik veya matematik içeriklerine öncelik verme durumuna göre incelenmiştir. İlk etkinlik olan Dünyamı Oluşturuyorum etkinliği ile uygulama başlamıştır. Her etkinlik uygulaması sonunda girilen komitelerdeki görüşmeler ile yeni başlanacak etkinlikler eylem planları ile yeniden şekil alarak gelişmiştir. Süreçteki bütün etkinlikler eylem araştırması kapsamında her hafta gelişerek devam etmiştir. Bu etkinlikler ile öğrenciler pek çok fen alanındaki meslekleri tanıma fırsatı bulmuşlardır.

Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Bu araştırmada hem nitel ve hem de nicel veriler elde edildiği için her iki veri türünün analizinde farklı analiz teknikleri kullanılmıştır. Araştırmanın nitel verileri tematik analiz (Braun ve Clarke, 2019) nicel verileri ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (Cohen ve diğerleri 2007) ile analiz edilmiştir. Araştırma soruları kapsamında nitel ve nicel verilerin analizinde kullanılan teknikler Veri Toplama Araçları başlığı altında Tablo 2’de sunulmuştur.

Araştırma kapsamında tematik analiz basamakları: a) araştırmacının veriyi tanıması, b) ilk kodları oluşturma, c) kodların ilişkilendirilerek temaların aranması, d) temaların gözden geçirilmesi, e) temaların

oluşturulması ve adlandırılması, f) raporun yazılması aşamalarından oluşturulmuştur (Braun ve Clarke, 2019).

Araştırmacının veriyi tanıma aşamasında araştırmanın birinci yazarı tarafından görüşmelerden, video ve ses kayıtlarından elde edilen verilerin dökümleri yapılmıştır. Ardından araştırmacı araştırma sorusuyla ilgili özellikleri kapsayan verileri kodlamıştır. Bu aşamanın sonunda birinci yazar 491 adet kod oluşturmuştur. Diğer taraftan ikinci yazar ise 465 kod oluşturmuştur. Oluşturulan kodlara “yapılan yuvaları geliştirme”, “prototipteki eksiklik”, “hafif olması”, “her şeyi beraber yapma” örnek olarak verilebilir.

Üçüncü aşamada, araştırmacılar belirledikleri kodları yeniden kontrol etmişler ve bütün kodlar hakkında hem fikir olunduktan sonra kodlardan kategori oluşturma basamağına geçilmiştir. Temalara ulaşmak için birbirleri ile benzer olan ya da aynı amaca hitap eden kodlar belirlenen ortak bir kategorinin başlığı altına yazılmıştır. Yani, kodlar kümelenmiştir. Bu süreçte “mühendislik tasarım becerileri”, “fen ve kariyer bilinci”, “fen ve kariyer bilincine yönelik duyuş” olarak belirlenen başlangıç kategorileri, araştırmacıların değerlendirme toplantılarında gözden geçirilip değiştirilmiştir. Adı geçen kategoriler “malzeme seçimi/eskizler çizme”, “çizimlerin prototipe dönüştürülmesi/test edilmesi”, “mesleklere yönelik kariyer arzusu”, “meslekleri takdir etme” olarak yeniden adlandırılmışlardır.

Dördüncü aşamada araştırmacılar oluşturdukları kategorileri birbirlerinden bağımsız olarak incelemişler ve geliştirecek temaları belirlemişlerdir. Araştırmacıların yaptıkları ilk değerlendirme sonucunda “İlkokulda STEM Eğitimi Yaklaşımı”, “Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Eğitimi Yaklaşımı”, “Duyuş” ve “Beceri” olmak üzere dört tema oluşturulmuştur. Belirlenen temaların verilerle uyumunun incelenmesi ve tanımlarının yapılması sonrasında anılan temaların araştırmayı yansıtmakta yetersiz olduğu görülmüştür. Bu nedenle araştırmacılar kategorileri ortak özelliklerine göre yeniden değerlendirmek üzere toplanmışlardır. Yeniden ele alınan aday temalardan “İlkokulda STEM Eğitimi Yaklaşımı” ile “Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Eğitimi Yaklaşımı” temalarının birleştirilmesine ve yeni bir tema oluşturulmasına karar vermişlerdir. Son olarak temanın ismi İlkokulda Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamaları (problemi yapılandır, düşünce üret, seç ve yap, test et ve düşünce yansıt ve yeniden oluştur) olarak belirlenmiştir. Öte yandan “Duyuş” ve “Beceri” aday temaları yerine de “Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamalarına İlişkin Görüşler” teması oluşturulmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar kategorilerin iki tema altında organize edilmesinin araştırmanın özünü yansıtmak bakımından yeterli olduğuna karar vermişlerdir.

Beşinci aşamada ise araştırmacılar bulgular bölümünde ayrıntılarını sunduklarını temaları tanımlamışlar ve kapsamına karar vermişlerdir. En son aşamada ise araştırma sorusuna uygun olarak bulguların yazımı gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın nicel verilerinin analizi için grup içi karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu bağlamda Skewness ve Kurtosis katsayılarına, Q-Q Plot grafiğine, Shapiro-Wilk değerine ve normal dağılım eğrisine bakılmıştır (Büyüköztürk ve diğerleri, 2012). Analizler sonucunda Skewness değerinin (-1,746), Kurtosis değerinin (2,651) olduğu saptanmıştır. Son olarak Shapiro-Wilk değerinin de .016 olduğu bulunmuştur. Yukarıdaki sonuçlar bir bütün olarak ele alındığında Skewnes ve Kurtosis değerlerinin -1 ve +1 arasında olmaması (Büyüköztürk ve diğerleri, 2012) ve Shapiro-Wilk değerinin de .05'ten küçük olması (Büyüköztürk, 2016) verilerin normal dağılmadığını ortaya koymuştur. Grup içi karşılaştırmalarda denek sayısı 30'dan az olduğu (Erkuş, 2013) için ve veriler normal dağılmadığı için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (Cohen ve diğerleri, 2007) kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi .05 kabul edilmiştir (Creswell, 2017).

Aktarılabirlik ve İnandırıcılık

Eylem araştırmasının uygulama süreci araştırmacı tarafından gerçekleştirildiğinden araştırmacının konumu, yeterlilikleri kişisel değerleri ve araştırmaya bakış açısı araştırmanın geçerlik ve güvenirlik çalışmaları açısından büyük önem arz etmektedir. Araştırmacı, uygulamanın başlangıç aşamasında velilere araştırmaya ait bilgi ve izin formunu sunarak öğrencilerin bu araştırmaya katılmaları için izinlerini talep etmiştir. Bu eylem araştırmasında verilerin inandırıcılığının sağlanması için veri toplama kaynakları çeşitlendirilmiş, araştırma sahasında veriler doygunluğa ulaşılan kadar kalınmış, eylem planları ile döngü sürekli gelişerek tekrarlanmış, verileri toplama ve analiz etme süreçleri detaylandırılmış ve ulaşılan verilerin kontrolü sağlanmıştır. Araştırma süreci boyunca uygulanan etkinliklerin her bitiminde verilerin dökümü yapıldıktan sonra üç uzmanın bulunduğu geçerlik komitesinin görüşlerini ve eleştirilerini almak ve eylem planlarını geliştirmek üzere veriler komiteye sunulmuştur.

Bu araştırmada tutarlığın ve teyit edilebilirliğin sağlanabilmesi için uzman üç kişilik bir geçerlik komitesi oluşturulmuştur. Her etkinliğin sonunda geçerlik komite üyeleri ile toplantılar gerçekleştirilmiştir. Geçerlik komitesinde bulunan alan uzmanları toplantılarda video görüntüleri ve ders dökümleri incelenerek toplantı sonlarında araştırmacı tarafından hazırlanan ve komite üyeleri tarafından da üzerinde değişiklikler ile onaylanan video kontrol listeleri üzerinde işaretlemeler yapmışlardır. Bu işaretlemeler ile uygulanan dersin değerlendirilmesi yapılarak gelecek dersin eylem planları belirlenmiştir. Bu eylem planları komite kararları olarak her komite bitiminde komite

karar defterine yazılmıştır. İlk geçerlik komite toplantısı 05.10.2018 tarihinde yapılmıştır. Son geçerlik komitesi toplantısı ise 15.05.2019 tarihinde yapılmış olup toplamda 14 hafta geçerlik komitesi toplantısı yapılmıştır. Geçerlik komitesi üyelerinin değerlendirme toplantılarında belirttikleri görüşlerden doğrudan alıntılar yapılmış, onların görüşlerinin araştırmannın gelişimine katkısı bulgular başlığında betimlenmiştir. Komite üyelerinin görüşlerinden yapılan alıntılar K.Ü.1, K.Ü.2, K.Ü.3 biçiminde kodlanarak gösterilmiştir.

Araştırma Etiği

Bu araştırma kapsamında, araştırma ile ilgili bütün belgeler ile Üniversite Etik Kurul Komisyonuna gerekli başvuru yapılmıştır. Gerekli izin alındıktan sonra araştırmannın yapıldığı ilin İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne sunulmuştur. İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden de gerekli izin alındıktan sonra uygulamanın yapılacağı okula gidilerek okul müdürü ve sınıf öğretmeni ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmannın katılımcılarını ilkokul öğrencileri oluşturduğu için araştırma başlamadan önce veliler ile ayrı ayrı görüşülerek araştırma hakkında gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. Araştırmannın gönüllülük esasına uygun bir şekilde gerçekleştirileceği ve katılımcıların istedikleri aşamadan araştırmadan çekilme hakkına sahip oldukları vurgulanmıştır. Ardından bütün velilere onaylamaları için gerekli izin formları sunulmuştur. Bu araştırma kapsamında katılımcıların gerçek isimleri kullanılmadan ve yüzlerini gösteren fotoğraflar bir emoji ile kapatılarak araştırma raporlaştırılmıştır. Süreçte toplanan bütün veriler üç ayrı formatta (1 DVD ve 2 harddisk) arşivlenmiştir.

Bulgular

Bu bölümde araştırmadan elde edilen verilerin analizi sonucu "İlkokulda Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamaları" ve "İlkokulda Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamalarına İlişkin Görüşler" olmak üzere iki tema oluşturulmuştur. İki ana başlık altında sunulan temalara ilişkin özellikler doğrudan alıntılarla desteklenerek aşağıda sunulmuştur.

İlkokulda Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamaları

Araştırma ortamında uygulanan eylem planlarının analizi sonucunda mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitiminin "problemi yapılandır", "düşünce üret", "seç ve yap", "test et ve düşünce yansıt" ve "yeniden oluştur" basamakları şeklinde gelişim göstermiştir. Bu basamaklar altında gelişen STEM uygulamalarının yinelemeli ve döngüsel bir yapı göstermesi gerektiği anlaşılmıştır.

Problemi Yapılandır

Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının başlangıç etkinliklerinde gerçek yaşam problemleri araştırmacı tarafından

öğrencilere hazır olarak verilmiştir. Etkinliklerde öğrenciler problem durumu içeren senaryolara daldırılmamış ve onların sorun durumlarını analiz etmesi sağlanamamıştır. Uygulamanın ilk etkinliği Dünyamı Oluşturuyorum etkinliğidir. Araştırmacı bu etkinlikte öğrencilere durumunu tahmin ettirme yoluna gitmeden doğrudan ne tasarlayacaklarını söylemiştir. Bu durumu komite üyeleri eleştirmişlerdir. Komite üyeleri öğrencilere doğrudan ne tasarlayacaklarını söylemek yerine hem öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmek hem de bütünleştirilmiş STEM eğitimi kapsamında gelişimlerini sağlamak adına tahminler yürütmelerini sağlamasının önemli olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacı bu konuyu eylem planlarına ekleyerek her etkinlikte farklı şekillerde problem durumunu öğrencilere sunmak ve dersi daha ilgi çekici hale getirmek için çeşitli yaklaşımları kullanmaya karar vermiştir. Bu amaçla çizgi filmler, videolar, animasyonlar, gazete haberleri, örnek olaylar, görseller ya da üç boyutlu modeller kullanarak problemleri sunmayı planlamıştır. Alınan bu kararın bir örneği olan “Su Taşıtımı Oluşturuyorum” etkinliğinde problem durumunun öğrencilere nasıl sunulduğu aşağıda görülmektedir:

“Öğretmen: Çocuklar bu hafta ne tasarlayacağımızı söylemeyeceğim. Siz tahmin edeceksiniz. Çocuklar “Su Elçileri” çizgi filmini biliyorsunuz.

Çocuklar: Eeeeeet.

Öğretmen: Su elçilerinden size bir kesit izleteceğim. Oradan siz tahmin edeceksiniz bugün ne tasarlayacağız ve hangi meslek dalı olacağız. Çocuklar açıyorum.

Berk: Başlıyor öğretmenim. (D-20.12.2018, Su Taşıtımı Oluşturuyorum Etkinliği)”

Yukarıdaki iletişimde amaç öğrencilerin çizgi filminden yola çıkarak problem durumunu belirlemelerini sağlamaktır. Çizgi filmin hem öğrencilerin bilişsel gelişimleri hem de sosyal gelişimleri açısından ilgi çekici bir bağlam olduğu söylenebilir. Bir başka problem durumunu belirleme örneği öğretmenin termos etkinliğinde sınıfa elinde çay ile girerek öğrencilerin dikkatlerini çekmeye çalışmasıdır. İlgili ders aşağıda sunulmuştur.

“Öğretmen: Çocuklar (...) Daha doğrusu bu söylediğim bir şey sonucunda ne tasarlayacağımızı siz tahmin edeceksiniz. (Öğretmen elindeki çayı göstererek.) Çocuklar ben derse gelirken hiç elimde çay ile geldim mi bu zamana kadar?

Çocuklar: Hayır gelmediniz.

Öğretmen: Ben bugün sınıfa içmek için çay getirdim. Fakat şu anda çaya bakıyorum. (Çaydan bir yudum aldıktan sonra) Aaaa bu çay soğumuş ve ben soğuk çayı hiç sevmem. Sıcak çayı severim. O zaman sizce sizden ne yapmanızı isteyeceğim?

İpek: Neee ☺ (Heyecanla)

(Sınıf bir anda heyecanlandı. Ne yapacağız öğretmenim? Ne isteyeceksiniz? sorularını sordular.)

Öğretmen: Evet tahminlerinizi alalım. Evet İpek seninle başlayalım.

İpek: Onu sıcak tutmak için bir şey miii?

Öğretmen: Bakın İpek ne dedi? Onu sıcak tutmak için bir şey mi dedi.

Nilay: Öğretmenim bir ev tasarlayacağız. O evin ısınması için evin ısısının dışarı çıkmaması için bir şey tasarlayacağız.

Öğretmen: hıhı Güzel bir yaklaşım. Sence Yeliz?

Yeliz: Öğretmenim bence biz o çayı ısıtıp o ısını içinde tutmaya çalışacağız.

Öğretmen: Güzelll. Berk sence ne yapacağız bugün?

Berk: Öğretmenim bize soğuk bir madde vereceksiniz. Biz de onu ısıtmaya çalışacağız.(...)

Öğretmen: Çocuklar hepiniz yaklaştınız fakat net olarak tasarımın adını tahmin edemediniz. (...) Aslında siz günlük hayatta bu tasarımı kullanıyorsunuz ve biliyorsunuz ne olduğunu. Ben size bir ipucu vermek istiyorum.

Çocuklar: Verin verin.

Öğretmen: Çocuklar siz yazın pikniğe giderken ne götürüyorsunuz yanınızda? (Biraz bekledikten sonra.)

Çay ile bağlantı kurun.

Alphan: Matara. Mataraaaa.

Öğretmen: Alphan ne dedi? Matara dedi. Katılıyor musunuz arkadaşınıza?

Çocuklar: Eeeeeet. (D- 14.02.2019, Kendi Termosumuzu Yapalım Etkinliği)"

Yukarıdaki örnekte araştırmacının problem durumunu günlük hayattaki bir sorunla hissettirdiği ve öğrencilerden tahminler geldiği görülmektedir. Örneğin Yeliz, Nilay ve Berk'in tasarımı ısı konusu ile ilişkilendirdikleri görülmektedir. Araştırmacı sorgulama temelli bir yaklaşımla öğrencilere rehberlik etmiştir. Onlara "sizlerden termos hazırlamanızı" istiyorum demek yerine günlük yaşamda bireylerin yaşaması muhtemel bir sorunun durumu oluşturulmuş ve ilgili sorunun öğrenciler tarafından belirlenmesine rehberlik edilmiştir. Böylece mühendislerin uğraşı alanın insanların gündelik yaşamlarındaki sorunlara çözüm üretmek olduğunu fark etmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Eylemler boyunca öğrencilere bir mühendis olarak nasıl yaklaşırdınız gibi sorular sorularak onların mühendislik bilinci edinmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda eylemler ilerledikçe öğrencilerin artık konulara mühendisçe yaklaştıkları ve bilimsel tahminler yürüttükleri görülmüştür. Komite üyelerinden de ilerleyen etkinliklerde problem durumunu hissettirme yaklaşımları ile ilgili aşağıdaki şekilde destek alınmıştır.

"K.Ü.1: (...) Altıncı sayfaya gelelim. STEM'de gerçek hayat temelli problem olması gerek. Yani böyle bir problemle başlaması gerekiyor. Burada bir "case" var. Çok güzel buradaki durum. Diyorsun ki ben bugün sınıfa içmek için çay getirdim fakat baktım çay soğumuş. Bakıyorum çok güzel bir şey. Burada senaryonun yazılı olması gerekmiyor. Senaryonun resimlerle olması gerekmiyor. Öğretmenin kendisi burada yani kendisinin bir enstrümanı çayı getirmişsin. Soğuk çayı sevmem acaba nasıl koruyabiliriz falan. Bence çok güzel bir şey bu. Ya ondan sonra gelenler ev yapacağız. Çocuklar orada sıcaklığa ilişkin akıl yürütüyorlar. Harika. Yıldızlar koydum. (Gülüşmeler)

K.Ü.1: Burada olan ne var biliyor musun? Sen burada çocuklara problem durumunu hazır vermiyorsun. Çocukların verilen senaryoda ne yapılacağına ilişkin tahminler ve orada problem durumunu saptamalarını istiyorsun. Bence çok değerli.

K.Ü.2: Şey tasarım kavramının başka bir boyutunu da verdi orada. O da çok hoşuma gitti. Hani orada çocuklara diyor ya ne tasarlayacağımızı tahmin

edin diye. Ya orada tasarım kavramını tam anlamıyla probleme çözüm alternatifleri olduğu noktasını orada aslında hiç şey yapmadan net bir şekilde vermiş.

K.Ü.1: Aynen.

K.Ü.2: Tasarımın tanımını tatlı tatlı vermişsin orada. Hissettirerek. (KT-27.02.2019, Kendi Termosumuzu Yapalım Etkinliği Üzerine Görüşme)”

Düşünce Üret

Araştırmancının bu aşaması belirlenen sorun durumuna olası çözüm yolları belirlemeyi içermektedir. Öğrenciler problemi yapılandırdıktan sonra problemin çözümüne yönelik düşünceler üretmişler, çözüm yolları geliştirmişler ve tasarımlarına ilişkin başarı ölçütleri belirlemişlerdir. Bazı öğrenciler belirledikleri çözüm yollarını sözlü olarak sunmayı tercih ederken bazıları ise STEM defterlerine not etmişlerdir. Araştırmacı tarafından sıklıkla önerilerin bilimsel olarak gerekçelendirilmesi istenmiştir. Öğrenciler kimi zaman günlük yaşamla bağlantılı kimi zaman da bilimsel olarak önerilerini arkadaşlarına sunarak önerilerin olumlu ve olumsuz yönleri üzerinde durmuşlardır. Bu şekilde hem bilginin sosyal yapılandırılması sağlanmış hem de akıl yürütme becerileri geliştirilmiştir. Fakat ilk derslerde öğrencilerin cevaplarının sorgulanmasında eksik kalınmıştır. Başlangıçtaki etkinliklerde sürece oyun düşüncesi ile yaklaşan öğrencilerin bilimsel olmayan pek çok çözüm yolları önerdikleri görülmüştür. Komite üyeleri araştırmacıyı öğrencilere bilimsel iletişime yönelik sorgulama yaptıramadığı için eleştirmişlerdir. Örneğin komite üyelerinden K.Ü.2 *“Aktif bir şekilde öğrencileri dinle. Öğrenci bunu sana söylüyor ya. Malzemeleri seçerek, nasıl kırılmamasını planlayarak diye. Neler yaptın kırılmamaları için?”* gibi yaklaşımlarda bulunmasının daha doğru olacağını belirtmiştir. Aynı şekilde K.Ü.1 da *“...planlamaya ilişkin, seçimine ilişkin, çözümüne ilişkin, planlamaya ilişkin de soruları sorabilirsin. (...) çizim üzerine, planlama üzerine sorular, ne hissettiklerine düşündüklerine dönük sorular sorulabilir diye düşünüyorum.”* şeklinde ifade etmiştir.

Belirlenen eylem planları kapsamında ilerleyen haftalarda “Köprümü Oluşturuyorum” etkinliğinde öğrencilere oluşturmak istedikleri köprünün yapısı ve neden bu yapıda bir köprü tasarlamak istediklerinin amaçları, kullanacakları malzemelerin seçimindeki hedefleri tek tek sorgulanmıştır. Böyle yaklaşılarak öğrencilerin hangi malzemeyi ne sebeple kullandıklarını bilimsel olarak düşünmelerinin sağlanması amaçlanmıştır.

Araştırmacı tartışmalar yoluyla öğrencilerin üretken iletişim kurmalarını, fikirlerini açıklamalarını, ortaya koydukları formal argümanları gerekçelendirmelerini, savunmalarını ve gerekliyse düzeltmelerini, çözüm süreçlerine derinlemesine bir anlayış geliştirmelerini sağlamaya çalışmıştır. Eylem süreçlerinde öğrencilerin gündelik yaşamdaki örnekleri kullanma, çözüme yönelik önceki

deneyimlerin üzerine düşünme ve birbirlerinin düşüncelerini geliştirme becerilerini kullanmışlardır. Yine bu aşamada başlangıç etkinliklerinde araştırmacı tasarımlar için kendisi başarı kriteri belirlemiştir. Bu durum eylem komitelerinde irdelenmiş ve başarı ölçütlerinin öğrencilerle birlikte belirlenmesi, birden çok ölçütün belirlenmesi kararı alınmıştır. Bu duruma komite üyelerinin verdiği önerilerle ilgili konuşma metni aşağıda sunulmuştur.

“K.Ü.1: Ölçütlerin belirlenmesi grupla olması lazım. (...)

K.Ü.2: Öğrencilerde şöyle yapabilirsin. Tek bir kategoride birinci olmak zorunda değil. Mesela rampadan hızlı inen hız konusunda birinci olsun. Ama görüntüsü düzgün olan o konuda birinci olsun. Orijinal olan veya işte hiç arabaya benzemeyen en yaratıcı en farklı araba modeli mesela bir kriter olabilir. Bizdeki o şey çok önemli. Biz genellikle tek doğru cevabı sınav mantalitesi ile düşünüyoruz. Her türlü kriterde tek bir şey varmış. Her bir öğrencinin yaptığı tasarımı diğerlerinden ayırt edici şeyi, özelliği başarı kriterine dönüştür. Böylece hepsi başardığını düşünsün. Mesela her öğrenci sınıfta birinci olsun. (KT-14.11.2018, Yenilenebilir Arabamı Tasarlıyorum Etkinliği Üzerine Görüşme)”

Komite üyeleri başarı ölçütlerinin grupla birlikte çeşitli olarak belirlenerek hepsinin birden farklı alanda da başarılı olacaklarını görmelerinin önemli olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca STEM entegrasyonunun böyle bir yaklaşımla en nitelikli şekilde olacağı komitede de sıklıkla vurgulanmıştır. Örneğin “Köprümü Oluşturuyorum” etkinliğinde öğretmen köpüklerden oluşturduğu üç boyutlu görsellerle sınıfa girmiştir. Öğrencilerden iki köyün bağlantısının koptuğunu ve iki köyün arasında da su bulunduğunu fakat iki köyde sürekli görüşmesi gereken insanların olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerden bu bağlantının yeniden nasıl sağlanacağını mühendisçe ve bilimsel çözümler üreterek çözmelerini beklediğini belirtmiştir. Öğrenciler köprü tasarlayacaklarını tahmin ettikten sonra oluşturulacak köprünün ölçütleri üzerine konuşulmuştur. Bu konu ile ilgili konuşma metni aşağıda sunulmuştur.

“Öğretmen: Şimdi bir de başarı kriterlerimiz neler olacak? Bunu konuşalım. Çocuklar ben size oyuncak küçük bir araba getireceğim köprünüzde yürüteceğiz. Bir de oyuncak figür getireceğim. Onu koyacağız köprünüze. Bakalım taşıyacak mı? Başka hangi kriterler koyalım?”

İpek: Devrilmemesi.

Nilay: Ağırlığı taşıması. (Kamil parmak kaldırmaktadır.)

Öğretmen: Evet Kamil.

Kamil: Hafif olması.

Öğretmen: Evet tahtaya yazıyorum. Kerem hafif olması dedi. Başka aklınıza gelen var mı? İnşaat mühendisleri köprü yapımında hangi özelliklere bakarlar sizce? (Biraz bekledikten sonra) Uzun ömürlü olması önemli değil midir köprünün? Estetik olarak nasıl olmalıdır? (D-14.03.2019, Köprümü Oluşturuyorum Etkinliği).”

Yukarıda öğrencilerle birlikte köprünün sahip olması gereken özelliklerin belirlendiği görülmektedir. Araştırmanın başlangıç aşamasında tasarımlar ile ilgili tek başarı kriteri belirlenirken geçerlik

komitesinden alınan görüşlerle başarı kriterleri öğrencilerle birlikte belirlenmeye başlanılmıştır. Bu şekilde bir yaklaşımla öğrencilerin hem derse katılımları hem STEM eğitimine ilişkin ilgilerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Seç ve Yap

Öğrenciler bu aşamada belirledikleri sorun durumuna çözüm olabilecek mühendislik ürününe materyal seçmişler ve eskizler çimişlerdir. Malzeme seçimi için ürün tasarımında kullanılabilecek tüm materyaller ve özellikleri onlara tanıtılmıştır. Bu süreçte araştırmacı öğrencilere, aynı amaca hizmet eden fakat birbirinin alternatifi olabilecek çok sayıda materyal sunmuştur. Bununla birlikte başlangıç etkinliklerinde öğrencilerin ürün geliştirme sürecinde kullanacakları materyallerin tanıtımında sorunlar yaşanmıştır. Uygulamanın başlangıç etkinliklerinden birinde araştırmacı malzemelerin tanıtımını aşağıdaki şekilde gerçekleştirmiştir.

“Öğretmen: Ayça ve İpek bitirdi. Sessiz olun. Yeliz ve Nilay bitirdi. Şimdi çocuklar. Bitiren gruplar gelsin yanıma. Biz burada malzemelerimizi seçiyoruz. Şimdi bakın ben size şunu belirtmek istiyorum. Burada ben el işi kağıtları da aldım. Hani siz geçen yıl yaptık diyorsunuz ama STEM eğitiminin farkı nedir biliyor musunuz? (...) STEM eğitiminde size malzemeler verilir. Ben size hazır etkinlikler verip bunun aynısını yapın deseydim hamurları getirirdim. Sırayla önce şunu yapın sonra bunu derdim. Böyle bir şey yok. Bakın mukavva kâğıdı var. Burada çeşit çeşit renkli el işi kağıtları var. İsterseniz mukavvanın üzerine el işi kağıtları ile bir şey yapın isterseniz pinpon topuyla bir şey yapın. İsterseniz hamurla yapın. Neyi istiyorsanız çocuklar? Sizin seçiminiz ne? Nilay neyi istiyorsunuz?”

Nilay: Şey öğretmenim tek bir tane mi seçebiliyoruz?

Öğretmen: Birini bitirebilirsen öbürüne de geçebilirsin.

Nilay: Öğretmenim mesela hamurlarla el işi kağıtlarını bir yerde kullanabilir miyiz?

Öğretmen: Kullanabilirsin. Kendin nasıl istiyorsan? (D-04.10.2018, Dünyamı Oluşturuyorum Etkinliği)”

Komite üyeleri mühendislik uygulamaları sürecinde bütün materyallerin çizime başlanmadan önce sınıfa tanıtılması gerektiği ve materyallerin kullanım amacı üzerine öğrencilerle tartışılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bunun üzerine araştırmacı ilerleyen haftalarda malzeme tanıtımını aşağıdaki şekilde gerçekleştirmiştir.

“Öğretmen: Çocuklar bu malzemelerden hangileri ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilir? Sınıflandırılım haydi malzemelerimizi.

Berk: Bu (Eliyle göstererek)

Nilay: Köpük, alüminyum folyo, pamuk.

Öğretmen: Bu dediğin hangi malzeme? Tahtaya yazıyorum ben de ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilecek malzemelerin sınıflandırılmasını. Evet alüminyum folyo, baloncuklu naylon, pamuk. Tahtaya yazıyorum çocuklar.

Öğretmen: Peki Nilay sen bu bilgileri neye dayanarak söylüyorsun? Bilgi kaynağın ne?

Nilay: Geçen dersten öğretmenim. (D-21.02.2019, Kendi Termosumuzu Yapalım Etkinliği)”

Yine araştırmacı başlangıç etkinliklerinde öğrencilerin materyalleri hangi amaçla kullandıkları konusunda tartışmalar yapmayı göz ardı etmiştir. Bu durum üzerine komite üyeleri süreçte malzemelerin seçme amaçlarının sorgulanması gerektiğini ve böylece öğrencilerin mühendisçe düşünme becerilerine sahip olacaklarını belirtmişlerdir. Bu konu hakkındaki konuşma aşağıda sunulmuştur.

"K.Ü.2 (...) neden folyodan kamişın daha tasarımın için güçlü olduğunu düşünüyorsun. Neyse işte benzer bir soru yöneltebilirsin problem yok bunda. Onları sormamışsın. Aradan çok kötü kaçmışlar. Çünkü sen neden neden ne yaptınız diyerek amaca yönelmemişsin de sürece yönelmişsin gibi bir durum söz konusu olmuş.

K.Ü.1: Odaklanılan, koşullanmış araştırmacının beklediği yanıt var. Mühendislik ya da işte STEM'in bileşenleri. Öyle bile olsa yani illa o sözcükleri duymak istesen bile neden mühendislik olduğunu düşünüyorsun. Tamam çocuk bir şey söylüyor. Sen onu kabul etmiyorsun görmezden geliyorsun. Ama ne yaptık ne olduk (...) Tamam da ne yaptık da mühendis olduk. (KT 26.10.2018, Pelikan Yumurtalarını Koruyalım Etkinliği Üzerine Görüşme)"

Araştırmacı bu eksiklikleri ileriki eylem planlarında gidermiştir. Öğrencilerin bir mühendis olarak malzemeleri nasıl gözlemlediklerini, malzemeleri seçerken hangi özellikleri göz önüne aldıkları sorgulanmıştır. Uygulamanın ilerleyen haftalarında araştırmacı öğrencilerin seçtikleri materyalleri seçme nedenlerini sorgulamıştır. Yine araştırmacı benzer amaca hizmet edecek materyalleri belirterek öğrencilerin seçtikleri materyallerin doğruluğu üzerine düşüncelerini istemiştir. Benzer şekilde araştırmacı ile bir başka grup üyeleri arasındaki konuşmalar aşağıda görülmektedir:

"Öğretmen: Çok güzel. Peki kıyasladığınızda straforu değil de köpüğü neden tercih etmediniz?

İpek: Daha kullanışlı.

Ayça: Strafor daha sert ve suyun üstünde daha iyi.

Öğretmen: Hangi ürüne göre daha kullanışlı?

Ayça: Strafor kullanışlı.

Öğretmen: Hangi malzemeye göre kullanışlı?

İpek: Köpüğe göre. (D-02.05.2019, Kedi Evi Etkinliği)"

Materyal seçiminden sonra öğrencilerden oluşturacakları prototipin çizimlerini yapmaları istenmiştir. Başlangıçta öğrenciler çizim konusunda oldukça isteksiz davranmışlardır. Araştırmada öğrencilerin çizim yapma isteklerini geliştirme en zor aşama olmuştur. Öğrenciler çizim yapmadan direkt prototipi oluşturmayı tercih etmişlerdir. Çizimin onların hayallerini sınırladığını belirtmişlerdir. Ancak araştırmacı çizimdeki şeklin aynısını oluşturmak zorunda olmadıklarını ve çizimin bir taslak olduğunu sıklıkla belirtmiştir. Her şeye rağmen uzunca bir süre çizim konusunda başarılı olunamamıştır. Araştırmacı bu konu ile ilgili düşüncelerini günlüğüne aşağıdaki şekilde yansıtmıştır.

"Derslerde prototip çizdiremiyorum. Neden çizmiyorlar anlamıyorum. Komite hocalarıma soracağım bu konu ile ilgili ne yapabilirim. Acaba bir eksiklik mi yapıyorum. Çocuklar prototip çizmenin hayallerini bozduğunu söylediler. Çizdikleri prototipe uydurmaya çalışırken oluşturacakları tasarımların

yapımını bozduklarını söylediler. Bu benim için büyük bir sorun (AG. 08.01.2019)."

Araştırmacı komite üyelerine bu konu hakkında neler yapabileceğini iletmiştir. Komite üyeleri oluşturdukları çizimin bir taslak olduğu ve çizimlerin aynısını prototip olarak oluşturmak zorunda olmadıklarını belirtmesi gerektiğini söylemişlerdir. Öğrencilere oluşturacakları prototipi çizdikten sonra bu çizimin prototipin ilerleyişine göre değişebileceğini ya da çizimde belirtmedikleri malzemeleri prototipte ekleyebileceklerini belirtmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Böylece öğrencilerin çizim yapmaya teşvik edilebileceklerini söylemişlerdir. Bu komite sonrası araştırmacı bu konuyu eylem planlarına ekleyerek bir sonraki derste bu eylem planını harekete geçirmiştir. Hem komite üyelerinin önerilerinin uygulanması hem de öğrencilerin prototipleri test etmelerinden sonra başarısızlık yaşamalarının bir nedeninin çizim yapmamalarından kaynaklanması öğrencilerin çizime olan olumsuz ön yargılarını olumluya çevirmeye başlamıştır.

Öğrenciler sürecin ileri safhalarında çizim yapmanın önemini çeşitli görüşlerle ifade etmişlerdir. Örneğin başlangıçta çizimi yapmanın onu sıkıldığını belirten Alphan'ın *"Hata yapmamak için (prototipi oluştururken) çizim yapıyoruz."* diye belirttiği görülmüştür. Bir diğer öğrenci Ayça ise çizim yapınca yanlış yapmayacaklarını ifade etmiştir. Nilay ise *"Çünkü çizdiğimiz de hatamız az olur. Çizmeden yaptığımız tasarımlarda başarısız olduk öncekiler de ama çizdiğimizde aynısını yapmadık şu anda. Çünkü düşündüğümüz gibi olmadı (...) yaparken şaşırmamak için yaparken ne yapacaktık diye unutmamak için (çizim yapma sebebi)"* şeklinde ifade etmiştir. Bu alıntıda Nilay'ın çizdikleri şeklin aynısını oluşturmak zorunda olmadıklarını anladığı görülmektedir. Bir diğer öğrenci İpek ise *"(...) çizdiğimizde malzemeleri de yazıyoruz üzerine. Sonra biliyoruz neyi kullanacağımızı."* diyerek çizim yapmanın süreçte sağladığı faydadan bahsetmiştir. Bütün ifadelerle bakıldığında öğrencilerin çizim yapmalarının planlı ilerlemelerine ve onların hatasız ya da hata oranı en az ürünü oluşturmaya fayda sağladığını içselleştirdikleri açıkça görülmektedir.

Test Et ve Düşünce Yansıt

Prototip oluşumu bittikten sonra oluşturulan prototipleri test etme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada öğrenciler, geliştirdikleri ürünlerin başlangıçta belirledikleri ölçütleri karşılayıp karşılamadığını gözden geçirmişler ve elde ettikleri sonuçlara göre prototipin problemli yönlerini belirlemeye çalışmışlardır. Başlangıçta araştırmacı öğrenci ürünlerinin test edilmesini sağlamış ancak olası başarı ya da başarısızlıkların nedenleri üzerine öğrencilerle sorgulama yapmamıştır. Başlangıç etkinliklerinde araştırmacının kullanılan materyali neden seçtiklerini öğrencilere sorduğu görülmektedir. Ancak seçilen materyalin doğru bir tercih olup olmadığı, alternatifinin ne olabileceği,

başkaca hangi iş ve işlemler yapılsaydı prototipin başarılı olacağına yönelik bir değerlendirme yapılamadığı ile karşılaşmıştır. İlerleyen süreçte ise öğrencilerle prototipler üzerine derinlemesine tartışmalar yapılmıştır. Aşağıda öğretmen ve öğrenciler arasında daha derinlemesine yapılan bir tartışmadan örnek sunulmuştur:

“Öğretmen: Ardından prototipleri oluşturduğunuz fakat bazılarımızın eksiklikleri vardı. Yaptığımız testler sonucunda örneğin Nilay sizin tasarımınızın eksikliği neydi?”

Nilay: Öğretmenim benimki yağmura dayanıklı değildi. Poşeti tam kapatmamışım üstü sağlam değildi.

Öğretmen: Peki Ayça sizinkinin eksikliği neydi?

Ayça: Öğretmenim benim de tavanı açtı yağmurdan ıslanıp bozulabilir yuvam.

(...)

Öğretmen: O zaman bugün ne yapmamız gerekiyor?

Nilay: Geliştirmemiz gerekiyor.

Öğretmen: Neyi geliştireceğiz?

Nilay: Yaptığımız yuvaları.

Öğretmen: Çok güzel o zaman haydi bakalım herkes mühendis gözlüklerini taksın ve prototiplerinizi geliştirin çocuklar. (D-02.05.2019, Kedi Evi Etkinliği)”

Görüldüğü gibi prototipler test edildikten sonra ortaya çıkan başarısızlıkların nedenleri üzerine öğrencilerin görüşleri alınmış ve nasıl çözümler bulunması gerektiği tartışılmıştır. Gruplar ilgili etkinlikte test sonucunda inşa etmeleri beklenen kedi evlerinin rüzgâra dayanıklı, soğuğa dayanıklı ve yağmura dayanıklı olması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Paraşütümü Oluşturuyorum etkinliğinde test etme aşamasında paraşütler öncelikle sınıfta yüksek bir yere çıkılarak atılmıştır. Ardından üçüncü katta bulunan sınıftan bahçeye bırakılmıştır. Özgürlerin prototip paraşütleri sınıfta direkt yere inmiştir. Bu durum öğrencilere sorulduğunda Nilay kullandıkları malzemeden kaynaklandığını ve mesafenin azlığından dolayı içine hava dolmayacağını belirtmiştir.

“Öğretmen: Çocuklar Özgürlerin prototipini (paraşüt) sınıfta attığımızda neden uçmuyor peki?”

Nilay: Çünkü mesafe az bir de kumaş ağır.

Öğretmen: Siz de başlangıçta kumaşı tercih ettiniz sonradan poşet kullanmayı tercih ettiniz. Neden böyle bir şey yaptınız?

Nilay: Öğretmenim çünkü kumaş ağır poşet hafif. Bildircin yumurtasını da poşet taşır. (D-10.05.2019, Paraşütümü Tasarlıyorum Etkinliği).”

Test etme ve yansıtma aşamasındaki başlangıç sorunlardan biri öğrencilerin STEM disiplini bilgilerini sorgulamamak ve onların nasıl birlikte kullanılabileceği sezdirmemek olmuştur. Komite üyeleri içeriğin değerlendirilmesinin yetersiz olduğunu, öğrencilerin tasarım süreçlerinde hangi STEM disiplin bilgisini kullandıklarını anlayamayacaklarını, öğrencilerin farklı disiplinlerin nasıl entegre edildiğine yönelik anlayış kazanamadıklarını belirtmişlerdir. Bu duruma ilişkin görüşlerini K.Ü.1 “Arada kavram yanlışları var. Sorular güzel en

azından. Değerlendirme iki boyutta dedik. Bir ortaya çıkan ürünleri geliştirilmesi sürecinde kısmen yapıyorsun. Bunu ne hissettiniz ne yaşadınız, neleri değiştirdiniz gibi bu var. Ne yok. İçerik değerlendirmesi yok. Bizim amacımız neydi?" biçiminde ifade etmiştir. (KT-06.03.2019, Gezegen Kâşif Robotumu Oluşturuyorum Etkinliği Üzerine Görüşme)." Bu durum üzerine araştırmacı eylemler planlamıştır. İlk etkinliklerde değerlendirme kısmında öğrencilerle derinlemesine iletişime geçilemezken, tasarımların tanıtımı sağlanamazken sonraki etkinliklerde araştırmacı öğrencilerin içerik bilgisi öğrenmelerini desteklemeye yönelik önlemler almıştır. Araştırmacı aşağıda örneği verilen ve etkinliğe ilişkin soruların bulunduğu formları hazırlayarak öğrencilerin doldurmalarını istemiştir. Aşağıda bu formlardan örnekler sunulmuştur.

Resim 1.

İçerik değerlendirmesine yönelik form örneği

Yapılan etkinliğin FeTeMM alanlarından hangisini veya hangilerini içerdiğini yanındaki kutucuğa işaretleyin ve işaretlediğiniz alanın etkinliğe nasıl kullanıldığını açıklayınız.

FEN	Isı yalıtımı, canlılar için bir yuva - veteriner - zooloji gördük
MATEMATİK	Ölçüm yaptık (tuvaletin, kapısının boyunu vb.)
TEKNOLOJİ	Yeni bir şey yaptık. (insanlığa fayda olsun diye)
MÜHENDİSLİK	Kedi evi tasarladık, fizim yaptık, prototip yaptık, prototipi geliştirdik, tasarımlarımızı test ettik. En geniş kedi evini ben yaptım.

Öğrencilerin etkinlik sonlarında bu formları doldurarak hem neler öğrendikleri hakkında bilinçlendikleri hem de etkinliğe ilişkin görüşlerini belirterek üst düzey düşünme becerilerinin de geliştiği söylenebilir. Sözü edilen değerlendirme etkinlikleri öğrencilerin geliştirdikleri mühendislik ürünlerde hangi STEM disiplinini nasıl kullandıklarını görmesini sağlamak bakımından önemlidir. Bu yolla öğrenciler birbirinden kopuk gibi görünen disiplinlerdeki içerik bilgisinin birlikte nasıl kullanılacağına ilişkin anlayış geliştirebilirler. Ayrıca öğrencilerin varsa eksik ve yanlış öğrenmeleri belirlenerek gerekli önlemler alınabilir.

Yeniden Oluştur

Bu aşamada bazı gruplar başarı kriterlerini sağlayamadıkları prototiplerini geliştirmişlerdir. Bazı gruplar sürecin en başına dönerek

araştırmalar yapmışlar bazıları ise grup arkadaşlarıyla tartışarak eksik yönleri tamamlamaya çalışmışlardır. Araştırmacı uygulama sürecinin başlangıç kısımlarında değerlendirme boyutunu ve yeniden oluşturma boyutunu başaramamıştır. Bu konu ile ilgili komite üyelerinin yorumları aşağıda verilmiştir.

"K.Ü.1: Daha önceki kavramsal çerçeveler bağlamında belirlenen ölçütler bu oluşturduğumuz listeyi karşılıyor. Her ne kadar ufak tefek hatalar olsa da burada belirli şeyleri görebiliyorum ben. Burada bir senaryo ile problem hissettirme var mı var evet. Çizilecek evin taslağının oluşturulması var mı yani prototip çizimi var mı var. Neden o materyallerin seçildiği üzerine konuşmalar yapılmadı. Mesela orada pamuk seçtiğin de üzerine yapışmaz mı gibi soruların değerli olduğunu düşünüyorum. Çocukların gruplar halinde çalışmaları çeşitli ölçümler yapmaları, ölçümlerine göre belirli düzenlemeler yapmaları, güzel. Öğrencilerle beraber ölçütlerin belirlenmesi güzel. Bugüne kadar belki de ilk defa bu kadar sağlam değerlendirme ölçütleri konuldu.

K.Ü.2: İlk üçünü çocuklar sonrakileri kendisi koydu dikkat et.

K.Ü.1: Evet oraya da geleceğim. Çıkarım düzeyindeki değerlendirmelerimiz gözleme uygulamayı anlam yükleme işi bazen araştırmacı tarafından hazır olarak ifade edilebiliyor. Şu an STEM üzerinden gidiyorum. Yapılan ürünlerin test edilmesi vantilatör, yağmurda bırakılma, ısıyı koruma gibi ölçütler var. Burada ne yok biliyor musun? Ürünü yeniden geliştirme yok.

K.Ü.2: Prototip de kalıyor aslında.

K.Ü.1: Tasarıma dönüştürme yok burada. (KT-10.04.2019, Balonlu Arabam Etkinliği Üzerine Görüşme)"

Komite üyeleri test yapıldıktan sonra ürünlerin yeniden geliştirilmesi boyutunda eksiklikler olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacı bu durumu eylem planlarına ekleyerek ilerleyen etkinliklerde bu konu üzerine yoğunlaşmıştır. Bu durum araştırmacı günlüğüne aşağıdaki gibi yansımıştır.

"Bugün köprülerimizi oluşturduk. Alphan ve Kâmil'in köprüsü köprü gibi değildi. Kırılıp pes etmelerinden korktuğum için bir şey diyemedim. Ama komitelerde hocalar olmadıysa söyleyeceksin ki çocuklarda hatalarını anlayıp düzeltecekler diyorlardı. Her neyse ders bitti. Çıkışta Alphan ve Kâmil ile görüşürken. "Çocuklar sizin bu köprüünüzden bir araba ya da bir insan nasıl geçecek hiç düşündünüz mü?" dedim. Bana biraz değişik geldi dedim. Alphan evet öğretmenim mantıklı dedi. "Bizde bitirince test edilirken düşündük" bunu dedi. "O halde haftaya değiştirip geliştirmeye var mısınız?" dedim. Tamam öğretmenim dediler. (AG-14.03.2019)"

Alphan ve Kâmil tarafından prototipler takip eden derste tasarıma dönüştürülmüştür. Daha sonra prototipten tasarıma dönüşen ürünleri yeniden test edilmiştir. Yukarıda günlükte bahsedilen konu ile ilgili o prototipin ve tasarımın fotoğrafları aşağıda sunulmuştur.

Fotoğraf 1

Köprümü Oluşturuyorum Etkinliği (Prototip ve Tasarım Örneği)



Benzer bir durum Kedi Evi etkinliğinde de yaşanmıştır. Bir önceki aşamada öğrencilerin oluşturdukları prototiplerin eksikliklerini fark etmeler sağlandıktan sonra sorularla nasıl bir yol izleyeceklerini kendileri keşfetmişlerdir. Bu kapsamda bardaklara sıcak su doldurulup herkesin tasarımındaki bardakların sıcaklığı ayrı ayrı ölçülmüştür. Ardından bir öğrenciye tahtaya diğer öğrenciler de defterlerine olmak üzere bir tablo çizdirilerek ilk sıcaklıklar ölçülmüştür. Aradan 20 dakika geçtikten sonra aynı anda bardakların içindeki suların sıcaklıkları tekrar ölçülerek tablonun son sıcaklık sütununa kaydedilmiştir. Öğrencilere şimdi nasıl bir yol izleyecekleri, hangi kedi evinin ısıyı daha iyi muhafaza ettiğini nasıl bir yol izleyerek bulacakları sorulmuştur. Öğrenciler de hesaplamalar yaparak bu konudaki en başarılı kedi evini tespit etmişlerdir. Sonrasında başarısız olan grupların prototiplerinin neden başarısız olduğu sorularak çıkarım yapmaları sağlanmıştır. Başarısız olan gruplarda yaptıkları hataları anlayarak prototiplerini yeniden geliştirme yoluna gitmişlerdir. Örneğin kedi evi prototipi üstü açık olduğu için ısıyı muhafaza edememiştir. Bunun sebebi konuşulduktan sonra bu gruptaki öğrenciler geliştirme sürecine başlamışlardır. Sonuçta yağmura, soğuğa karşı neler yapacaklarını düşünerek üstünü kapatma yoluna gitmişlerdir.

Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamalarına İlişkin Görüşler

Bu temanın alt boyutları *mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitime yönelik görüşler* ve *fen kariyer bilincine yönelik görüşler* olmak üzere ikiye ayrılmıştır. *Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitime yönelik görüşler* alt teması öğrencilerin verilen eğitime ilişkin görüş ve düşüncelerini kapsamaktadır. *Fen kariyeri bilincine yönelik görüşlere* ilişkin alt tema ise yapılan etkinliklerden bu alandaki mesleklerle yönelik kariyer bilinci, kariyer arzusu ve bu alandaki meslekleri takdir etmelerini kapsamaktadır. Bu alt temanın veri kaynakları hem eğitim sürecinde hem de yapılan görüşmelerle toplanmıştır.

STEM eğitime yönelik görüşler

Yapılan etkinlikler öğrenciler tarafından eğlenceli ve ilgi çekici bulunmuştur. Bunun nedeni uygulama sürecinde öğrencilerin özgür bir biçimde eyleme geçmelerinin cesaretlendirilmesi, iş birliği içinde takım olarak çalışmaları ve sürecin sonunda özgün bir ürün ortaya çıkarmalarıdır. Bu konuda araştırmacı çocuklarda gözlemlediği bu durumu günlüğüne *“Çocukların çok eğlendiğini görmek beni çok mutlu ediyor. Teneffüse çıkmak istemiyorlar. Bu dersi çok sevdiklerini ve bu derste çok eğlendiklerini söylüyorlar. Kendilerini rahat hissettiklerini belirtiyorlar. (A.G. 02.11.2018)”* biçiminde yansıtmıştır.

Öğrencilerin uygulamaları eğlenceli bulma nedenleri yeni ve farklı ürünler tasarlamaları, tasarım sürecinde yaratıcılık ve hayal güçlerinin cesaretlendirilmesi olabilir. Nitekim öğrencilerle yapılan son görüşmelerde öğrencilere *“Bir yıl boyunca beraber STEM etkinlikleri gerçekleştirdik. Yaptığımız etkinliklere ilişkin düşüncelerini anlatır mısın?”* sorusu sorulduğunda Berk *“Öğretmenim güzeldi, eğlenceliydi. Mühendis olduk. Güzel şeyler yaptık. Sonra en iyiyi seçtik.”* diye açıklarken Yeliz *“Öğretmenim eğlenceliydi. Öğretmenim çok güzel şeyler yaptık. Şey yani biz kendimiz ürettik. Tasarladık planladık ve düşündük.”* diye ifade etmiştir. Bir diğer öğrenci Özgür *“Her hafta yeni yeni şeyler tasarladık yaptık. (...) Hayaller kurduk. İstedığımız şeyleri yaptık.”* diye belirtmiştir. Benzer şekilde Nilay *“öğretmenim çok güzeldi. İlk kez STEM’i duyduğumda sıkıcı olabilir diye düşünmüştüm. Sonra buraya geldiğimde çok eğlendiğimi hissettim. İkinci dönemde de devam edeceğimizi duyunca çok sevindim.”* diye söyleyince araştırmacı uygulamaların neden eğlenceli olduğunu sormuştur. Soruya ilişkin Nilay’ın yanıtı aşağıda sunulmuştur:

“[...] öğretmenle iken o bize anlatıyor yazdırıyor uzun uzun yazdırıyor. Sonra konuyu değiştiriyor. Sürekli bir konudan başka bir konuya atlıyor. Fenden matematiğe geçiyoruz. Hep karmaşa oluyordu. Kafamız dağılıyordu. Burada rahatça siz bize video izlettiniz. Her şeyi aynı konuda anlattınız. Biz de ona göre bir şeyler tasarlayarak öğrendik ve burada eğlenerek öğrendik. [...] Çünkü birlikte faydalı tasarımlar yaptık eğlendik. Bazen biz fikirlerimizde uzlaşa sağlayamadık. Beraberce sonradan karar verdik. Bunun gibi bir sürü şey yaptık.”

Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitimlerini eğlenceli bulmalarının ve bu dersleri sevmelerinin bir diğer nedeni de süreçte özgürce hareket etmeleridir. Öğrenciler derslerde yönlendirme yapılmadan tasarımlarını geliştirmişlerdir. Nitekim yapılan son görüşmede öğrencilerin çoğunluğu bu derslerin diğer derslerden en önemli farkının bu derslerde özgür olmaları olduğu yönünde görüş belirtmişlerdir. Örneğin Berk’e dersleri neden keyifli bulduğu sorulduğunda *“İstedğimiz şekilde tasarımlar oluşturduk. Diğer derslerde hep matematik yapıyoruz Sabri Öğretmen kızıyor. Burada rahattık.”* diye açıklamıştır. Bir diğer öğrenci İpek de *“Çünkü özgürdük*

öğretmenim. İsteddiğimiz şekilde tasarımlar yapmak çok mutlu etti beni.” diye açıklamıştır. Bu durumun sebebi Kamil’e sorulduğunda mühendis oldukları için özgür olduklarını, mühendislerinde serbestçe müdahale olmadan düşüncelerini ortaya koydukları için yeni ve farklı tasarımlar geliştirdikleri yönünde bir açıklama yapmıştır.

Öğrencilerin dersleri sevmelerinin bir diğer sebebi iş birliği halinde takımla çalışmalarıdır. Görüşme yapılan öğrenciler takım olarak çalışmanın kendilerini eğlendirdiğini ifade etmişlerdir. Bu öğrencilerden biri olan İpek bu durumu “Öğretmenim grup olmak, yardımlaşmak çok güzeldi. Birbirimizle fikir alışverişi yaptık. Hem bir de grupları değiştirdince daha iyi oldu. Nilay’la samimi olduk.” şeklinde açıklamıştır. Eğitimler kapsamında öğrencilere süreç sonunda doldurmaları istenen formlar dağıtılmıştır. Aşağıdaki formda öğrencilerin grupla iş birliği halinde çalışmaktan çok mutlu oldukları görülmektedir.

Şekil 3

Etkinlik Sonunda Öğrenci Görüşleri ile İlgili Form Örneği

Fen kariyeri bilincine yönelik görüşler

Öğrenciler uygulamalar sırasında fen alanlarındaki mesleklerin sorumluluklarını öğrendiklerini ve bu mesleklere olan ilgilerinin artarak meslekleri ilerideki kariyer planlarına dahil ettiklerini ifade etmişlerdir. Örneğin İpek ilk görüşmede doktor olmak istediğini söylerken dersler ilerledikçe mimarlığın da ilgisini çektiğini ifade etmiştir. Öğretmen bu durumun nedenini sorduğunda İpek “Çünkü böyle küçük şeyler böyle tasarlıyorlar. Bazen resim çizerek tasarlıyorlar. Ve sonra da büyük binalar oluşturuyorlar ve insanlara katkıları oluyor. (...) Çok eğlenceli meslekler. Böyle çizmek, tasarlamak. Ben resim çizmeyi çok sevdiğim için bir de.” diye açıklamıştır. Bir diğer öğrenci Yeliz ders aralarında sıklıkla ileride inşaat mühendisi olabileceğini önceden bu meslekleri hiç bilmediğini ama bu mesleklerin çok eğlenceli olduğunu ve binalar oluşturarak insanlara fayda sağladığını ifade etmiştir. Bu konudaki düşüncelerini Nilay ise “Ben zoolog olmak istiyorum ama zoolog olmaktan belki vazgeçebilirim. Çünkü burada bir sürü meslek tanıdık ve çoğu da çok eğlenceliydi. Zoolojiden başka seçebileceğim meslekler var şu an aklımda. Yani bana faydalı oldu bu ders. Benim ilerideki meslek seçimimi etkileyecek.” şeklinde belirtmiştir. Yine son görüşmede İpek ile kurulan iletişim aşağıda sunulmuştur.

“Öğretmen: Çok güzel. Yaptığımız etkinliklere dayanarak mühendislik mesleği ile ilgili düşüncelerin neler anlatır mısın?

İpek: Bence mühendislik güzel bir meslek gelecekte belki yapabilirim öğretmenim.

Öğretmen: Çok güzel. Neden güzel sence?

İpek: Çünkü çok eğlenceli meslekleri var.

Öğretmen: Eğlenceli olan ne mühendislikte?

İpek: Bir şeyleri üretmek, tasarlamak.”

Yukarıda İpek’in mühendislik mesleği hakkındaki düşünceleri sorulduğunda bu mesleği kariyer planlarına kattığı ve eğlenceli bulduğu görülmektedir. Ayrıca güzel bir meslek olmasının sebebi sorulduğunda da üretmeyi ve tasarım yapmayı sağladığı için olduğunu dile getirmiştir. Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM etkinlikleri sonucunda öğrenciler bu kapsamda ele alınan meslekleri takdir ettiklerini ifade etmişlerdir. Örneğin *Kedi Evi* etkinliğinde prototipleri geliştirme aşamasında Ayça’ya bu alanlardaki mesleklerde çalışmak isteyip istemediği sorulduğunda “Evet kedileri çok seviyorum. Veteriner olmak isterim ama böceklerle uğraşmak istemem çok korkarım çünkü. (...) Zoolog da işte canlıları inceliyor. Güzel olabilir. Eğlencelidir. Mesela her canlının özelliklerini bilmek güzeldir bence.” diye ifade etmiştir.

Araştırmadan elde edilen nicel bulgular yukarıda sunulan nitel bulguları desteklemektedir. Uygulamaya katılan öğrencilerin STEM alanlarındaki kariyer bilinçlerindeki gelişimi incelemek amacıyla işe koşulan STEM mesleklerine ilgi ölçeğinden aldıkları ön test puanlarına ilişkin yapılan istatistiksel analiz Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4

STEM Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeğinden Alınan Puanların Genel Dağılımı

Ölçek	Denek Sayısı (N)	Alınan Minimum Puan	Alınan Maksimum Puan	Aritmetik Ortalama $\bar{X}$	Standart Sapma Ss
Ön test	8	105	130	119	9.08
Son test	8	163	175	169	4.03

Tablo 4’te görüldüğü gibi bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Öğrencilerin ön test ve son test puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını sınamak üzere Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi işe koşulmuştur. İlgili analiz sonuçları Tablo 5’te görülmektedir.

Tablo 5

Öğrencilerin STEM Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeğinden Aldıkları Ön test-Son test Puanlarına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	Z	p
Negatif Sıra	0	.00	.00	-2.521	.012
Pozitif Sıra	8	4.50	36.00		
Eşit	0				

*Negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları araştırmaya katılan öğrencilerin uygulama ve öncesi ve sonrasında aldıkları STEM mesleklerine ilgi puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z = -2.52$; $p < .05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında gözlenen fark pozitif sıralar, yani son test puanları lehinedir. Bu bulguya göre uygulanan bütünleştirilmiş STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM mesleklerine ilgilerini geliştirdiği söylenebilir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu araştırmada, ilkokul dördüncü sınıf fen bilimleri dersi öğrenme-öğretme sürecinde bütünleştirilmiş STEM eğitiminin nasıl uygulanabileceğini ve öğrencilerin fen kariyer bilinçlerinin nasıl geliştirilebileceğini açıklamak amaçlanmıştır. Birçok araştırmada STEM eğitiminin bütünleştirilmesi ya da nasıl bir eğitimle verileceğine dair pek çok tartışmanın mevcut olduğu bilinmektedir. Gerek ülkemizde gerekse uluslararası platformlarda hazırlanan raporlarda öğretme öğrenme sürecinde STEM eğitiminin nasıl programa dahil edileceğinin belirsiz olduğu vurgulanmaktadır (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Akgündüz ve diğerleri, 2018; Aydeniz ve Bilican, 2018; Coşkun ve Özkaya, 2020; MEB, 2016; Yılmaz ve diğerleri, 2017). Bu araştırmada ilkokulda STEM eğitiminin mühendisliğin odağa alınarak mühendislik tasarım süreçlerinin işe koşulması ile gerçekleştirilebileceği saptanmıştır.

İlkokulda Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamalarına Yönelik Sonuç ve Tartışma

Mühendisliğin merkezde olması öğrencilerin günlük hayattaki bir problemle ya da bir sorunla karşılaştırmayı ve bu konulardan yola çıkarak bilimsel dayanakları olan yeni ve farklı bilgi üretmelerini sağlaması bakımından önemlidir. Mühendislik, bireylerin gerçek yaşamda karşılaştıkları zorluklara ilişkin zengin öğrenme deneyimleri sağlar (English ve Mousoulides, 2015). Tasarım süreçleri öğrencilerin günlük yaşamdaki sorunların çözümü için farklı yollar olabileceğini kavramalarına yardımcı olur (Yamak ve diğerleri, 2014) ve onların fen ve matematik disiplin bilgilerini geliştirip güçlendirmelerini sağlar (Worker ve Mahacek, 2013). Araştırmada mühendislik süreçlerinin sözü edilen özelliklerine rağmen alışlagelmiş düzenin dışına çıkıldığı için başlangıçta kimi zorluklarla karşılaşmıştır. Öğrenciler fen ve

matematik bilgilerini somut bir ürünün ortaya çıkmasında nasıl bir aktarım yapacaklarını anlayamamışlardır fakat süreç ilerledikçe gerçek yaşam temelli sorunlarını çözmede fen ve matematiğin temel olarak bilinmesi gerektiğini ve bu bilgilerin nasıl işe yaradığı deneyimlendikçe hem derslere olan ilgileri hem de STEM disiplinlerine olan ilgileri artmıştır. Bu sonuç alanyazındaki başka araştırmalar ile de desteklenmektedir (Girgin, 2018; Hacıoğlu ve Başpınar, 2020). Örneğin Girgin'in (2018) ilkokul dördüncü sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdiği STEM temelli eğitimde öğrencilerin gerçek hayat deneyimleri ile günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunların da altından rahatlıkla kalkabildikleri tespit edilmiştir. Bir diğer STEM temelli araştırmada ise yine ilkokul öğrencilerine gerçek hayat temelli durumlar ya da sorunlar sunulmuştur. Öğrencilerin süreçte zamanla sahip oldukları bilgilerini nitelikli olarak yansıttıkları gözlenmiştir (Hacıoğlu ve Başpınar, 2020). Ortaokul öğrencileri ile yürütülen bir diğer araştırmada da mühendislik merkeze alınarak bütünleştirilmiş STEM eğitimi uygulanmıştır. Araştırma sonunda altıncı sınıf öğrencilerinin fen ve matematik bilgilerini günlük hayattaki durum ve konulara çözmek için aktarabildikleri, üretim aşamasında somutlaştırabildikleri ve bu disiplinlerin gerçek yaşamdaki yerine ilişkin nitelikli olarak anlayış geliştirdikleri rapor edilmiştir (Özkul ve Özden, 2020).

Araştırmada mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM uygulamaları problemi yapılandır, düşünce üret, seç ve yap, test et ve düşünce yansıt ile yeniden oluştur aşamalarından oluşmuştur. Belirtilen süreçler adım adım yinelemeli olarak uygulanmıştır. İlkokulda mühendislik odaklı yapılan STEM uygulamaları incelendiğinde beş ya da altı adımlı bir süreçle ilerleme kaydedildiği tespit edilmiştir. Örneğin Pekmez ve diğerlerinin (2018) ilkokul öğrencileri ile yürüttükleri STEM eğitiminde soru sor, öneri üret, planla, ürün oluştur, ürünü geliştir aşamalarından oluşan mühendislik tasarım süreçlerini işe koşmuşlardır. Bir diğer araştırmada ise yine ilkokul öğrencileri ile problemi belirleme, fikirler üretme, tasarlama ve inşa etme, tasarımı değerlendirme ve yeniden tasarlama aşamaları ile etkinlikler gerçekleştirilmiştir (English ve King, 2015). İlgili araştırmaların hepsi incelendiğinde mühendislik tasarım sürecindeki her bir adım farklı olarak isimlendirilse de hepsinin merkezinde gerçek yaşamla bağlantılı konuları/sorunları STEM disiplinleri ile entegre ederek çözme amacı olduğu saptanmıştır.

Alanyazın incelendiğinde çeşitli mühendislik tasarım süreci uygulamalarının olduğu görülmüştür (Barnett ve diğerleri, 2008; Brunzell, 2012; English, 2016; Engineering is Elementary [EIE], 2013; NAE ve NRC, 2009). Örneğin Brunzell (2012) bu döngüleri (1) Problemi tanımlama, (2) Olası çözümleri geliştirme, (3) Belirlenen çözümleri analiz etme, (4) Çözümleri en uygun hale getirme, (5) İletişim olarak ifade etmektedir. EIE (2013) ise (a) Sorma, (b) Hayal etme, (c) Planlama, (d) Tasarlama, (e) Geliştirme olarak sıralamaktadır. Var olan modeller

incelendiğinde hepsinin problem durumunu tanımlama ile başlayan ve nihai ürün ortaya çıkarma ile sonuçlanan yinelemeli süreçler olduğu görülmüştür.

Mühendislik Odaklı Bütünleştirilmiş STEM Uygulamalarına İlişkin Görüşlere Yönelik elde edilen Sonuç ve Tartışma

Araştırmada öğrencilerin yapılan eğitimle ilgili görüşlerinin olumlu olduğu bulunmuştur. Öğrenciler hem eğitimler sırasında hem de yapılan görüşmelerde STEM eğitiminden keyif aldıklarını ve bu eğitim sayesinde pek çok mesleğin görevlerini öğrendiklerini belirtmişlerdir. Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitimini çok eğlenceli bulduklarını ve bu durumun sebebinin ise takım halinde iş birliği ile süreçte aktif ve özgür olmalarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca süreçte öğrencilerin fikirleri yargılanmadan ve yönlendirilmeden STEM disiplinleri ile hareket ettiğinde başarıya ulaştıklarını görmelerinin de keyif almalarını sağladığı söylenebilir. Araştırma kapsamında işe koşulan yöntemin çocukları motive ettiği söylenebilir. Nitekim alanyazın incelendiğinde araştırma sonuçları ile örtüşen pek çok çalışmanın olduğu saptanmıştır (Bircan, 2019; Bozan ve Anagün, 2019; Dieker ve diğerleri, 2012; English ve Mousoulides, 2015; Julià ve Antolí, 2019; Konca Şentürk, 2017; Kereci ve Çınar, 2020; Yavuz, 2019). Örneğin Bircan (2019) çalışmasında uyguladığı STEM etkinliklerinin ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM disiplinlerine yönelik pozitif bir tutum geliştirirken sürece keyif alarak katıldıklarını rapor etmiştir. İlkokul ve ortaokul öğrencileri ile STEM çalışmaları yürüten bir diğer araştırmada da öğrencilerin uygulamalar sırasında heyecanla ve eğlenerek ilerlediklerini ve bu etkinliklerle daha fazla zaman geçirmek istediklerini belirttikleri saptanmıştır (Dickerson ve diğerleri, 2014). Bir diğer araştırmada ilkokul öğrencilerinden yaşadıkları yerin sorunu olan kuraklığa çözüm bulmaları yönünde bir çözüm bulmaları amacıyla süreçte mühendislik tasarım süreçleri işe koşularak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonunda öğrencilerin süreçten keyif aldıkları ve bu sürece olan ilgilerinin arttığı tespit edilmiştir (Watt ve Andrews, 2018). İlkokul öğrencileri ile yürütülen bir diğer araştırmada ise süreçte uygulanan mühendislik tabanlı STEM etkinliklerinden öğrencilerin keyif aldıkları sonucuna ulaşılmıştır (Kereci ve Çınar, 2020).

Araştırmanın nicel sonuçları incelendiğinde STEM etkinlikleri ile öğrencilerin fene yönelik kariyer bilinçlerinin son test lehine olduğu görülmüştür. Araştırmanın nitel sonuçları da bu sonucu desteklemektedir. Çünkü araştırmada hem etkinlikler sırasında hem de yapılan görüşmelerle öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin geliştiği bulunmuştur. Başlangıçta öğrencilerin yapılan görüşmelerde ilgili meslekleri bilmezken kısıtlı sayıda meslek bilirken yapılan etkinliklerle meslekler hakkında bilinç kazandıkları ve ileriye dönük kariyer planlarına bu meslekleri ekleyebileceklerini belirtmişlerdir. Bu

durumun nedenleri de etkinlik sürecinde öğrencilerin rahat çalışabilecekleri öğrenme ortamı ve süreçte her yönden yüreklendirme desteklenmeleri gibi özelliklerden dolayı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çünkü süreç boyunca öğrenciler demokratik ve özgür ortamda çalışmaları sağlanmıştır. Alan yazın incelendiğinde araştırmanın bu sonucunu destekleyen başkaca çalışmaların da mevcut olduğu görülmüştür (Acar, 2018; Doğan ve diğerleri, 2022; Topbaş, 2023; Yavuz, 2019). Örneğin Topbaş'ın (2023), yaptığı araştırmada ilkökul öğrencilerinin STEM eğitimleri ile STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin ve algılarının arttığını bulmuşlardır. Yine Yavuz (2019) ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM temelli fen bilimleri derslerinde öğrencilerin STEM mesleklerine ilgilerinin, algılarının ve tutumlarının olumlu yönde geliştiğini bulmuştur. Bir diğer araştırmada ise STEM programlarının öğrencilerin özgür ve rahat çalışmalarına imkân sağlayarak doğru orantılı olarak özgüvenlerini de arttırarak STEM mesleklerine yönelimlerini arttırdığı tespit edilmiştir (Dieker ve diğerleri, 2012). Benzer şekilde Acar (2018), ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri ile STEM alanlarındaki meslekleri tanıdıklarını ve bu mesleklere olan ilgilerinin arttığını söylemektedir. Beşinci sınıf öğrencileri ile yürütülen bir diğer araştırmada ise tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM mesleklerine ilgilerini arttırdığı rapor edilmiştir (Doğan ve diğerleri, 2022).

Genel Değerlendirme ve Sınırlılıklar

Yukarıda bahsedilen araştırmaların genel olarak nicel ve deneysel yöntemlerle yürütüldüğü görülmüştür. Eylem araştırması ile yürütülen bu araştırmada sürecin her aşamasının planlı, şeffaf, aktarılabilir olmasının ve gelişerek devam etmesinin öğretmenlere, araştırmacılara ve program hazırlayıcılara yol göstereceği düşünülmektedir. Başlangıçta başarısız olan aşamalar eylem araştırmasının özellikleri (komite desteği) ile gelişmiştir.

Araştırma genel olarak değerlendirildiğinde, ilkökulda mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitiminin nasıl olabileceğine ilişkin bir yapı ortaya koymuştur. İkinci olarak, öğrencilerin bu derslere eğlenerek devam ettikleri ve dersleri çok sevdikleri görülmüştür. Son olarak da öğrencilerin fen alanındaki pek çok meslek hakkında bilinçlendiği ve bu alanlardaki mesleklere ilişkin kariyer yönelimlerinin arttığı görülmüştür. Sonuçta araştırma kapsamında öğrencilerin bilimsel olarak düşünme, araştırma ve sorgulama becerilerini geliştirme yönünde teşvik edilmelerinin yanında onların mühendis gibi tasarlama, üretme ve hayal etme becerilerini kazanmalarına yönelik teşvik edilmeleri ile de bu sonuçlara ulaşıldığı düşünülmektedir.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Veriler araştırmacı tarafından geliştirilen eylem planları ve etkinlikleri ile yalnızca bir vakıf ilkökulunda öğrenim gören sekiz öğrenci ile çalışmalar

gerçekleştirilerek elde edilmiştir. Veriler toplam 26 hafta ve 56 ders saati süresince toplanmıştır. Bu nedenle araştırmadan elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde ve genellenmesinde sözü edilen sınırlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim araştırmada kullanılan eylem araştırması modeli de bu yargıyı destekler nitelikte “büyük doğrular” üretmek yerine kendine özgü özellikleri olan bir bağlamdaki sorun durumunun iyileştirilmesine ve geliştirilmesine odaklanır. Öte yandan araştırmadan elde edilen sonuçlar sosyoekonomik açıdan avantajlı bir gruptan elde edilmiştir. Katılımcılar başlığında da görüldüğü üzere öğrencilerin aileleri orta üst gelir grubundaki aileler olup çoğunun ailesi lisansüstü eğitim yapmıştır. Katılımcıların sahip olduğu çevresel ve kültürel koşulların öğrenme öğretme sürecine olası etkileri sonuçların yorumlanmasında göz önüne alınmalıdır.

Öneriler

Araştırmada uygulamaya ve yapılacak araştırmacılara yönelik bazı öneriler getirilmiştir. Uygulayıcılara yönelik olarak bu araştırmanın ortaya koyduğu mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitimi çerçevesinin ve uygulama örneklerinin ilkökul fen eğitiminde kullanılması önerilmektedir. Bu kapsamda öğretmenlerin öğrencilere problemi doğrudan vermek yerine öğrencilerin sorun durumunu belirlemelerine rehberlik etmeleri, belirlenen sorun durumunun çözümüne yönelik bilimsel ve mühendislik temelli düşünme süreçlerini kullanmalarını cesaretlendirmeleri, çözüme dönük malzemeleri öğrencilerin seçmesini sağlamaları ve geliştirmeyi hedefledikleri ürünleri çizimleri seçmelerini olmaları hissettirmeleri ve öğrencilerden prototip çizimleri gerçekleştirmelerini desteklemeleri önerilmektedir. İleri araştırmalara yönelik olarak ise araştırmacıların farklı sınıf düzeylerinde bütünleştirilmiş STEM eğitimi nasıl gerçekleştirebileceklerine yönelik uygulamalı çalışmalar yapmaları önerilmektedir. Son olarak araştırmacılar bu araştırmada ortaya konulan mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM eğitimi test etmek amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirebilirler.

Etik Kurul İzin Bilgisi: *Bu araştırma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Etik Kurulu’nun 11/10/2018 tarihli 2018/06 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür.*

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: *Yazarların beyan edeceği bir çıkar çatışması yoktur.*

Yazar Katkısı: *Yazar eşit oranda katkı sağlamıştır.*

Kaynakça

Acar, D. (2018). *FeTeMM eğitiminin ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, eleştirel düşünme ve problem çözme becerisi üzerine etkisi* [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S., (2015a). STEM eğitimi Türkiye raporu: "Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi?". İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi.
- Akgündüz, D., Ertepinar, H., Ger, A. M. ve Türk, Z. (2018). STEM eğitiminin öğretim programına entegrasyonu: Çalıştay raporu. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Aydeniz, M. ve Bilican, K. (2018). STEM eğitiminde global gelişmeler ve Türkiye için çıkarımlar. S. Çepni (Ed.). *Kuramdan Uygulamaya STEM+A+E Eğitimi*. (69-90) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Barnett, M. Connolly, K. G., Jarvin, L., Marulcu, I., Rogers, C., Wendell, K. B., & Wright, C. G. (2008). Science through LEGO engineering design a people mover: simple machines. http://www.legoengineering.com/wp-content/uploads/2013/05/LEcom_Compiled_Packet_Machines_LowRes.pdf adresinden erişildi.
- Bircan, M. A. (2019). *STEM eğitimi etkinliklerinin ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarına, 21. yüzyıl becerilerine ve matematik başarılarına etkisi* [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Bozan, M. A. ve Anagün, S. Ş. (2019). Sınıf öğretmenlerinin STEM odaklı mesleki gelişim süreçleri: Bir eylem araştırması. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 9(1), 279-313.
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Psikolojide tematik analizin kullanımı. (S. N. Şad , N. Özer ve A. Atli, Çev.). *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 873-898. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.17m>
- Brunsell, E. (2012) The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) *In Integrating engineering + science in your classroom* (3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2016). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton & T. J. Moore (Eds.). *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp. 23-37). New York: Routledge.
- Büyüköztürk, Ş. (2016). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Atıf İndeksi, 001-214.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö. ve Köklü, N. (2012). *Sosyal bilimler için istatistik*. Ankara: Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2017). Identifying and verifying earthquake engineering concepts to create a knowledge base in STEM education: A modified Delphi study. *International Journal of Education in*

- Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 40-52. <https://doi.org/10.18404/ijemst.60674>
- Christensen, R., & Knezek, G. (2017). Relationship of middle school student STEM interest to career intent. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 3(1), 1- 13.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research methods in education (6th ed.). New York: Routledge/Taylor ve Francis Group.
- Coşkun, V. ve Özkaya, A. (2020). Öğretmen eğitiminde mühendislik odaklı disiplinlerarası işbirliğine dayalı STEM uygulaması ve ders izlencesi. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 327-361. <https://doi.org/10.47479/ihead.823328>
- Creswell, J. W. (2017). *Eğitim araştırmaları: Nicel ve nitel araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi* (H. Ekşi, Çev. Ed.). İstanbul: EDAM Yayıncılık.
- Daugherty, J. (2012). Infusing Engineering Concepts: Teaching Engineering Design. National Center for Engineering and Technology Education.
- Dickerson, D. L., Eckhoff, A., Stewart, C. O., Chappell, S., & Hathcock, S. (2014). The examination of a pullout STEM program for urban upper elementary students. *Research in Science Education*, 44(3), 483-506. <https://doi.org/10.1007/s1165-013-9387-5>
- Dieker, L., Grillo, K., & Ramlakhan, N. (2012). The use of virtual and simulated teaching and learning environments: Inviting gifted students into science, technology, engineering, and mathematics careers (STEM) through summer partnerships. *Gifted Education International*, 28(1), 96-106. <https://doi.org/10.1177/0261429411427647>
- Doğan, H., Savran Gencer, A. ve Bilen, K. (2022). STEM öğrenme modülü geliştirilmesi: Tasarım tabanlı araştırma uygulaması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* (61), 390-424.
- Dugger, W. E. (2010, December). Evolution of STEM in the United States. The 6th Biennial International Conference on Technology Education Research Bildiriler Kitabı. Gold Coast, Queensland, Australia.
- Engineering is Elementary (2013). The engineering design process. United States of America: Museum of Science. <http://www.eie.org> adresinden erişildi.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2018). Learning while designing in a fourth grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 1011-1032. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9482-z>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14). doi: 10.1186/s40594-015-0027-7

- English, L. D., & Mousoulides, N. (2015). Bridging STEM in a real-world problem. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(9), 532-539. <https://doi.org/10.5951/mathteacmiddscho.20.9.0532>
- English, L. D., Hudson, P., & Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education*, 3(2), article 5. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1081>
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>
- Ercan, S. ve Şahin, F. (2021). Mühendisliğin Fen Eğitime Entegrasyonu: Mü(Fen)dislik. *International Symposium On Changes And New Trends In Education*, 391-396.
- Erkuş, A. (2013). *Davranış bilimleri için bilimsel araştırma süreci*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 107-129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>
- Gencer, A. S., Doğan, H., Bilen, K. ve Can, B. (2019). Bütünleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 38-55.
- Girgin, Ş. (2018). *Ethnographic case study of early STEM education: investigating students' authentic learning experiences* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Guzey, S.S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207-222. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9673-x>
- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550-560. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9612-x>
- Gürgür, H. (2017). Eylem araştırması. A. Saban ve A. Ersoy (Ed.), *Eğitimde nitel araştırma desenleri* (31-78) içinde. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Hacıoğlu, Y. ve Başpınar, A. (2020). Bir Sınıf Öğretmeni ve Öğrencilerinin İlk STEM Eğitimi Deneyimleri. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(22), 1-23. <https://doi.org/10.38155/ksbd.690919>
- Johnson, A. P. (2015). *Eylem araştırması el kitabı* (Y. Uzuner ve M. Özten Anay, Çev.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of*

- Technology and Design Education*, 29(2), 303-327. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9441-8>
- Karahan, E. (2017). STEM eğitimi. Ö. Taşkın (Ed.), *Fen eğitiminde güncel konular* (318-333) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Karahan, E. (2018). STEM eğitim merkezleri. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya STEM+A+E eğitimi* (93-113) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Karahan, E., Akçay, A. ve Tiftikçi, C. (2019). Elementary School Students Designing Engineering-Based Rube Goldberg Machine Projects: A Case Study. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 10(4), 386-408. DOI: 10.17569/tojq.598606
- Karakaya, F., Yantırı, H., Yılmaz, G. ve Yılmaz M. (2019). İlkokul öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkında görüşlerinin belirlenmesi: 4. sınıf örneği. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(13), 1-14. <https://doi.org/10.46778/goputeb.592351>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11. DOI 10.1186/s40594-016-0046-z
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The action research planner: Doing critical participatory action research. Springer Science ve Business Media.
- Kereci, N. ve Çınar, S. (2020). Mühendislik Tasarıma Dayalı Hayat Bilgisi Öğretimi: Örnek Bir Etkinlik. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 3(3), 219-235.
- Kier, M. W., Blanchard, M. R., Osborne, J. W., & Albert, J. L. (2014). The development of the STEM career interest survey (STEM-CIS). *Research in Science Education*, 44(3), 461-481. DOI 10.1007/s11165-013-9389-3
- Konca Şentürk, F. (2017). *FeTeMM etkinliklerinin fen bilimleri dersindeki kavramsal anlama ve bilimsel yaratıcılıkları üzerindeki etkileri ve öğrenci görüşleri* [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Koyunlu Ünlü, Z., Dökme, İ. ve Ünlü, V. (2016). Adaptation of the science, technology, engineering, and mathematics career interest survey (STEM-CIS) into Turkish. *Eurasian Journal of Educational Research*, 63, 21-36, <http://dx.doi.org/10.14689/ejer.2016.63.2>
- McFadden, J., & Roehrig, G. (2018). Engineering design in the elementary science classroom: supporting student discourse during an engineering design challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 231-262. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9444-5>
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2016). STEM eğitim raporu. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK).
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*, Ankara: MEB Yayınları.

- Mills, G. (2011). E. Action research. A guide for the teacher researcher. (Second ed.). New Jersey: Person Education, Inc.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014a). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 2. doi:10.7771/2157-9288.1069
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. İçinde S. Purzer, J. Strobel & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). West Lafayette, Indiana: Purdue University Press.
- Morrison, J. S. (2006). Attributes of STEM education: The students, the academy, the classroom. TIES STEM Education Monograph Series. Baltimore: Teaching Institute for Excellence in STEM.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/12635
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: The National Academies Press.
- Okulu, H. Z. ve Oğuz Ünver, A. (2021). Mühendisliğin STEM eğitime entegrasyonunda kuramsal bir inceleme. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 545-558. DOI: 10.21666/muefd.841152
- Özkul, H. ve Özden, M. (2020). Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine ve STEM meslek ilgilerine etkisinin incelenmesi: Bir karma yöntem Araştırması. *Eğitim ve Bilim*. 45(204), 41-63. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2020.8870>
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri* (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.
- Pekmez, E., Yılmaz, H., Alaçam Akşit, A. C. ve Güler, F. (2018). İlköğretim öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir eğitim modülü uygulaması. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(1), 135-160. DOI: 10.12984/eegefd.343374
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>

- Strong, M. G. (2013). *Developing elementary math and science process skills through engineering design instruction* [Doctoral Dissertation, Hofstra University].
- Şen, C. (2018). *Mühendislik tasarımı odaklı bütünleşik STEM etkinliklerinde üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin kullandığı beceriler* [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Topbaş, S. (2023). *STEM eğitiminin ilkökul öğrencilerinin temel becerilerine, problem çözmeye yönelik yansıtıcı düşünme becerilerine ve STEM kariyer ilgilerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- Türkkan, B. (2008). *İlköğretim görsel sanatlar dersi bağlamında görsel kültür çalışmaları: Bir eylem araştırması* [Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- Watt, E., & Andrews, G. (2018). How can we store water during a drought? A sustainability engineering design problem for fourth graders. *Science and Children*, 56(1), 68-73.
- Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children. Unpublished Qualifying Paper, Tufts University.
- Worker, S., & Mahacek, R. (2013). 4-H out-of-school STEM education. *Children's Technology and Engineering*, 18(2), 16-20.
- Yavuz, Ü. (2019). *İlkokul fen bilimleri dersinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) etkinlikleri ile işlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, H., Yiğit Koyunkaya, M., Güler, F. ve Güzey, S. (2017). Fen, teknoloji, mühendislik, matematik (STEM) eğitimi tutum ölçeğinin Türkçe'ye uyarlanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(5), 1787-1800.



Improving Primary School Students' Awareness of Science Careers through STEM Education Practices: An Action Research

Hicran ÖZKUL¹, Muhammet ÖZDEN²

Abstract

This action research aimed to explain how integrated STEM practices can be implemented in a fourth-grade science curriculum and how students' awareness of science careers can be improved. The research was carried out with fourth-year primary school students studying at a primary school located on a university campus in the Aegean Region of Turkey in the 2018-2019 academic year. The action research method was utilized to gather quantitative data using the STEM Professions Interest Scale, while qualitative data were obtained through personal information forms, video and photo recordings, semi-structured interviews, a researcher diary, student diaries, and audio recordings of validity committee meetings. The quantitative data were analyzed using Wilcoxon Signed Rank Test, and qualitative data analysis was employed using thematic analysis. As a result of the research, it was indicated that integrated STEM practices in primary schools can be implemented with an engineering-based approach that includes the stages of "identify the problem," "generate ideas," "select and implement," "test and reflect," and "recreate." It was observed that the most difficult component of the mentioned steps for students was drawing prototypes. Results showed that students recognized the duties of professions in science fields, their interest in these professions increased, and students included these professions in their career plans. The quantitative results of the study also support these results. Specifically, the results indicated that students' interest in STEM professions showed a statistically significant difference in favor of the post-test after the implementation. Analysis of qualitative and quantitative research results revealed that students' awareness of science careers improved.

Article Details

Research
Article

Received
21/12/2023

Accepted
17/12/2024

Key words

STEM
education,
Integrated
STEM
education,
Engineering-
oriented
integrated
STEM
education,
Engineering
education,
Action research,
Primary school
students

**This article was produced from the doctoral thesis prepared by the first author under the supervision of the second author.*

¹ Kütahya Dumlupınar University, 0000-0002-1248-1628, hicran.ozkul@dpu.edu.tr

² Kütahya Dumlupınar University, 0000-0003-4325-0803, muhammetozden@gmail.com

Suggested Citation:

Özkul, H., & Özden, M. (2025). Improving Primary School Students' Awareness of Science Careers through STEM Education Practices: An Action Research. *Pamukkale University Journal of Education [PUJE]*, 64, 51-91 <https://doi.org/10.9779/pauefd.1408156>

Introduction

STEM Education

Contemporary approaches frequently emphasize the need for integrating disciplines to develop skills required in the 21st century workforce, such as collaborative work, analytical and critical thinking, and solving problems through scientific reasoning (Guzey et al., 2016; National Research Council [NRC], 2012). One of the most current educational approaches designed to cultivate such a skilled workforce is Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education (Karahan, 2017). STEM education is a pedagogical approach that provides integration of science, technology, engineering, and mathematics disciplines and shows the place and importance of science and mathematics disciplines in daily life (Dugger, 2010; Morrison, 2006; Tsupros et al., 2009). According to another definition, by adapting engineering and technology fields to science and mathematics lessons, STEM education allows the development of 21st-century life skills such as computational and systematic thinking, critical thinking, solving problems in daily life individually, adapting to the environment they live in (Bybee, 2010, 2013; NRC, 2011). Based on relevant definitions, it can be said that the purpose of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education is to: (i) integrate science, technology, engineering, and mathematics, (ii) deepen students' perspectives on STEM through the social and cultural integration of these disciplines, and (iii) enhance students' interest in STEM fields (Roehrig et al., 2012). The foundation of STEM education is the integration of the disciplines of science, technology, engineering, and mathematics (Wang et al., 2011). However, researchers have no complete consensus on how these disciplines should be integrated (Gencer et al., 2019). This uncertainty has led to the development of various educational models and practices.

Integrated STEM Education

There are different approaches to how and in what way STEM disciplines can be integrated to reach the mentioned goals in STEM education (Bryan et al., 2016; Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016; Roehrig et al., 2012; Wang et al., 2011). Examples of these approaches include the multidisciplinary approach, interdisciplinary approach, and transdisciplinary approach (Karahan, 2018; Wang et al., 2011), content and context integration models (Roehrig et al., 2012), and integrated STEM education (Bryan et al., 2016). The Integrated STEM education approach combines two or more of the STEM disciplines under a single roof with a focus on problem situations in real-world contexts (Bryan et al., 2016).

In the integrated STEM education approach, the focus is on engineering. Researchers in this area believe that engineering acts as a catalyst for the use of science and mathematics knowledge (Cavlazoglu & Stuessy, 2017; Daugherty, 2012; NAE & NRC, 2009), and in this way, students believe that they learn science concepts more meaningful and permanent (Ercan & Şahin, 2021; Okulu & Oğuz Ünver, 2021). In integrated STEM education practices with an engineering focus, engineering design processes are central to teaching practices (Guzey et al., 2017; English, 2018; McFadden & Roehrig, 2018; Pekmez et al., 2018). For example, in a research study by Pekmez et al. (2018), 4th, 5th, and 6th grade students were provided with designing a bridge task. In the beginning, students read a story about bridge construction. Next, discussions on bridge types and civil engineering were held with the students. Then, the students were guided to associate the concepts of push, pull, and balance, which are science subjects, with civil engineering. Students created their bridges by using engineering design processes. In the study, science was used as the primary discipline, and engineering was used as the context. In another study, Watt and Andrews (2018) provided a design task to 3rd-grade primary school students to find a solution to a scarcity problem in their region. A problem situation related to water scarcity was introduced with a scenario, news, and story. After determining the scarcity problem, the students were asked to create a list explaining each situation related to water needs and the reasons for these situations. After the students identified ways to save water, each group of students was asked to design a building that could capture snow and rainwater. As a result, the students modeled the whole system using engineering design processes. In addition, the students were encouraged to use scientific language in the process. Since engineering practices require applications of mathematics and science in the process of creating a technological product, these practices can provide meaningful and qualified integration of STEM disciplines (Moore et al., 2014a).

In previous studies, researchers have reported that integrating engineering practices into science content supports students in many ways. For example, research has shown that such integration improves students' attitudes toward science (Toma & Grace, 2018) and enhances their academic achievement in science (Guzey et al., 2017). Additionally, research studies in related literature stated that focusing engineering in STEM practices enriches students' skills including (a) high-level and scientific thinking, (b) doing inquiry and research, and (c) using scientific process (English, 2018; Fan & Yu, 2017; NAE & NRC, 2009; Okulu & Oğuz Ünver, 2021; Özkul & Özden, 2020; Strong, 2013; Şen, 2018; Wendell, 2008). For example, Özkul and Özden (2020) documented that engineering-oriented STEM integration activities enhance students' multidimensional thinking, scientific thinking, and creative thinking

skills. Yavuz (2019) reported that engineering-oriented STEM practices in a science course improved fourth-grade primary school students' interests, perceptions, and attitudes toward STEM professions. In another study, researchers concluded that engineering-oriented STEM education practices improved primary school fourth-grade students' skills in integrating science and mathematics knowledge, problem-solving, collaboration, and teamwork (Karahan et al., 2019). Additionally, some research studies indicated that students' engineering career awareness, profession awareness, and attitudes toward STEM disciplines increased through engineering-oriented STEM practices (Acar, 2018; Christensen & Knezek, 2017; English, 2018; Guzey et al., 2016; Karakaya et al., 2019; Özkul & Özden, 2020; Yavuz, 2019).

A review of the literature reveals a limited number of studies conducted with primary school students. Additionally, how to integrate engineering into STEM classrooms is still a matter of debate in the related research area (Bybee, 2013; English et al., 2017; English & King, 2015; Moore et al., 2014b; Okulu & Oğuz Ünver, 2021; Roehrig et al., 2012; Wang et al., 2011). Many researchers have not come to a consensus on this issue.

For this research study, we thought it is critical to (a) draw a framework on how STEM education practices in primary school can be integrated into the teaching and learning process and (b) explain an implementation through action research with students at primary school level. Additionally, we thought that this research is significant in terms of contributing to the development of an understanding of the implementation of the STEM approach in learning environments and explaining the structure and processes of STEM education. Research on STEM education also highlights the strategic importance of familiarizing primary school students with STEM careers. This study is expected to enrich the literature by providing insights into how to enhance students' awareness of science careers. This research, which aimed to explore how integrated STEM education could be applied within the scope of fourth-grade primary school science curriculum, was limited to eight students attending a private primary school located on a state university campus in the Aegean Region of Turkey. For this purpose, answers to the following questions were sought:

- How does the teaching-learning process that includes integrated STEM practices occur in primary school science lessons?
- What are the participating students' views on the integrated STEM education process?
- How does integrated STEM education affect students' awareness of career-building in science?

Method

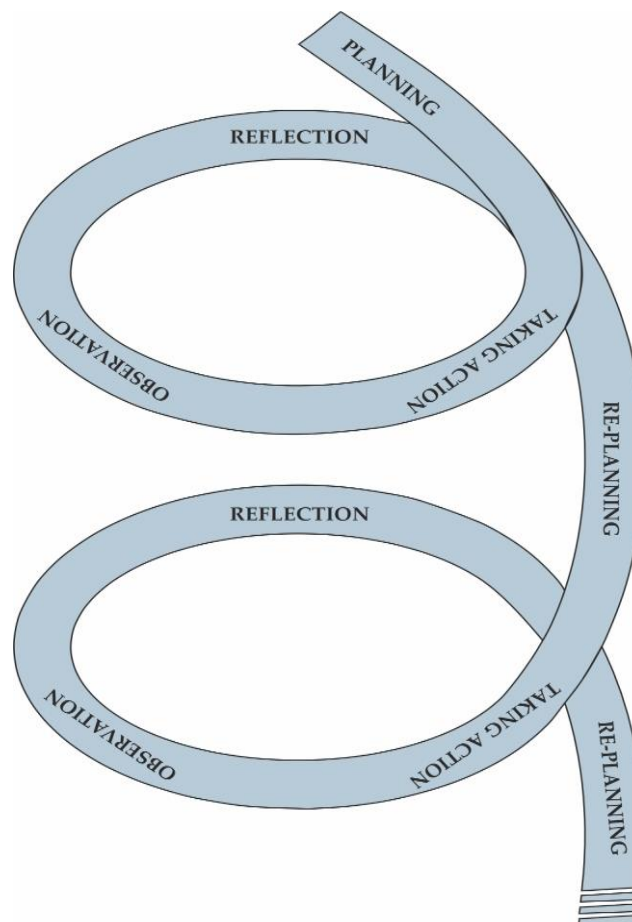
Research Design

This research was conducted using an action research design (Kemmis et al., 2014). The reasons for employing this design were: (i) the need for cooperation of all stakeholders (researcher, committee, and students) to develop integrated STEM education contents and processes applied to students in a classroom setting, (ii) the necessity to explain how actions and related action strategies allowing the development of teaching-learning process related to integrated STEM education occur, (iii) the willingness of researchers to observe their practices.

Due to the different perspectives of researchers and the dynamic structure of research, many models have been proposed for conducting action research. Related models have a spiral structure in which (a) a subject or problem situation is at the center, (b) observations are made during the research process, and (c) collected data are analyzed (Gürgür, 2017). The model adopted in this research is presented in Figure 1.

Figure 1

The Participatory Action Research Process



The cycle used in this study consists of four stages: planning, taking action, observation, and reflection (Kemmis et al., 2014). The planning stage was the first step of the research process. The research subject, observation process, and data collection tools were determined at this stage. In the taking action stage, integrated STEM education activities were planned and implemented. In the observation stage, researchers implemented activities, recorded the whole process with a video camera and voice recorder, and transcribed the data from these recordings. In addition, the progress in action research was observed through researcher diaries, committee meetings for validity, and semi-structured interviews with students throughout the process. In the reflection stage, after the implementation of activities, transcripts were presented to the second author of this study and two field experts at validity committee meetings. Researchers and experts discussed their opinions and determined precautions and action plans for future activities. Then, researchers planned activities by creating new action plans for the next classroom meeting.

Research Environment and Participants

Critical case sampling was implemented to determine the research environment (Yıldırım & Şimşek, 2013). Critical case sampling aims to apply targeted knowledge at the highest (maximum) level in similar situations. In this study, critical case sampling was accepted as a logical sampling strategy with the choice of a school that can make the greatest impact on this issue to determine how the teaching-learning process that includes integrated STEM education within the scope of fourth-grade primary school science curriculum can be successfully carried out. This choice is based on the consideration that schools' physical and economic conditions can significantly influence the implementation of new teaching approaches. Therefore, the research aimed to explore how STEM education practices can be effectively integrated into the teaching-learning process and to describe the structure and processes of STEM education. For these reasons, conducting the study in a school with medium to high socio-economic status was considered critical. The rationale is that if issues arise in integrating STEM education in such a well-resourced school, it is likely that schools with more limited resources would face even more significant challenges.

This research was conducted in a private school in the Aegean region, with the participation of primary and secondary school level students studying at the school. The practices were carried out with fourth-grade primary school students in the Fall 2018 and Spring 2019 school semesters. The fact that engineering and design skills were shown as needed skills to be gained from fourth grade in the Science Curriculum (MEB, 2018) was effective in carrying out the research with the fourth-

grade students. Additionally, students' experiences related to science subjects and students' maturity in psychomotor and cognitive development were also critical in selecting the sample in this study.

The research practices were implemented in a classroom different from the students' actual classrooms. The classroom where practices were applied had drawing tables so students could do their STEM studies comfortably. Four groups were formed, with two students in each group. In addition, two drawing tables were placed in front of the classroom window, and a station was placed for materials to be used during the application process. These stations were used at the beginning of each STEM activity to place various materials related to each activity, enabling students to observe materials easily. There was also a computer and projector in the classroom. A computer or overhead projector in the classroom was used when necessary for students to watch videos or do research on the computer.

There were eight students in the classroom where the research was conducted. For this reason, all the students were accepted as focus students. At the beginning of the research, parents and students were informed about expectations from them in the research process, how the process would be developed, how obtained data would be stored, how students' privacy would be protected, and students' withdrawing options from the research upon their wishes. Students were grouped into two groups throughout the implementation. Group members of students changed in the next practices. The participating students were given pseudonyms. Table 1 displays the demographic characteristics of each participant obtained as a result of personal information form, interviews with the classroom teacher, and researchers' observations in this study.

Table 1

Demographic Characteristics of Participants

Student Code	Gender	Mother Education Level	Father Education Level	Mother Occupation	Father Occupation
Ayça	Female	High School	Graduate	Housewife	Professor
Berk	Male	High School	High School	Housewife	Tradesman
Özgür	Male	High School	Undergraduate	Self-employment	Officer
Kâmil	Male	University	High School	Teacher	Police Officer
Yeliz	Female	Primary School	Primary School	Self-employment	Self-employment

Nilay	Female	High School	High School	Officer	Banker
İpek	Female	Graduate	Graduate	Professor	Professor
Alphan	Male	High School	Undergraduate	Officer	Officer

Data Collection Tools

Quantitative and qualitative data collection techniques can be employed in action research (Creswell, 2017; Mills, 2011). Within the scope of this research, data were collected with the STEM Professions Interest Scale, video and audio recordings, semi-structured interviews, a researcher's diary, and student diaries. The data collection tools used in this study are explained below.

STEM Career Interest Scale

The Science, Technology, Engineering, and Mathematics Careers Interest Scale (STEM-CIS) was utilized at the beginning and end of the study to reveal how participating students' science career awareness changed as a result of the implementation.

The STEM-CIS developed by Kier, Blanchard, Osborne, & Albert (2014) and adapted into Turkish by Koyunlu Ünlü, Dökme, & Ünlü (2016) contains 40 questions. The scale is a five-point Likert-type scale. Within the scope of this research study, the scale form was composed of three parts. In the first part, there is information about STEM professions. In the second part, there are questions about the demographic characteristics of the students. In the third part, there are scale items consisting of 40 questions. In each of the scale items, there are options including strongly agree, agree, undecided, disagree, and strongly disagree.

The scale was administered to the participants before (pre-test) and at the end (post-test) of the implementation. In order to calculate the reliability coefficient of the scale (Cronbach's alpha) in this research, data were obtained from 370 students from six schools determined by the cluster sampling method. As a result of the analysis, the reliability coefficient was found to be 0.92. For sub-dimensions, the reliability was 0.82 for science, 0.80 for mathematics, 0.80 for technology, and 0.90 for engineering. Examples of items related to the sub-dimensions of the scale include: for the science sub-dimension, "I am interested in careers in the field of science"; for the mathematics sub-dimension, "I would look up to someone working in the field of mathematics as a professional example"; for the technology sub-dimension, "If I learn a lot about technology, I might encounter many job opportunities"; and for

the engineering sub-dimension, "I enjoy activities that require engineering skills."

Video and Audio Recordings

Video recordings provide information about students' behavior, their movements during classroom meetings, and the performance of researchers (Johnson, 2015). With video recordings, it is possible to capture interactions that researchers can miss during lessons (Mills, 2011). All activities in this study were recorded with video and audio recorder. In order to adapt students to video camera recording, a video camera was placed in students' classroom for three weeks in other lessons. Recording activities with video and audio recorders allowed lessons to be watched multiple times and facilitated the data transcription process. Sections considered significant were shown to committee members in weekly validity committee meetings. Thus, the identification of action plans became more effective. Additionally, the validity committee meetings were recorded using a voice recorder to serve as a supplementary data source.

Semi-Structured Interviews

There are three types of interviews: conversational style, standardized open-ended, and semi-structured (Patton, 2014). In this research study, opinions were collected via the semi-structured interview technique. The reason for using the semi-structured interview technique is that it allows systematic comparison of participants' answers on interview subjects. In this study, researchers employed semi-structured interviews with participants at the beginning and end of the process. Additionally, at the end of each activity, two participants were identified and participated in additional semi-structured interviews. Examples of interview questions include: "How did we use science and mathematics knowledge in the engineering design and application processes during our activities? Can you explain?" and "Can you describe how the activities we conducted influenced your career choices in the fields of Science, Technology, Engineering, and Mathematics?"

Researcher's Diary

Throughout the research process, a researcher in this study kept a diary in which she noted her observations, expectations, thoughts, opinions, and problems. While the researcher initially wrote her thoughts in a notebook, she later recorded them in a computer file. Impressions, comments about students and committees, feelings, and thoughts can be included in diaries (Johnson, 2015). In this study, the researcher documented all her feelings and thoughts in a diary at the end of each activity and after each committee meeting throughout the process. It can be said that diaries are essential in directing research and can help to miss vital points in research.

Student Diaries

Student diaries are data sources where students share their feelings and thoughts about their learning experiences after activities (Jewell & Tichenor, 1994, as cited in Türkkkan, 2008, p. 81). It can be noted that student diaries are critical in contributing to the development of research and enriching data. However, in this research study, participants (i.e., students) did not want to write diaries. To solve this problem, a researcher in this study created colorful and interesting diary forms. In these forms, questions such as "What is the purpose of today's activity?" "What did you learn in this lesson?" "What are the difficult parts of the activity?," and "What are your suggestions to make the activity we are doing better?" were included. In addition, daily activity reflection forms were developed to get students' opinions about each activity of the day. The activity form examples are illustrated in Appendix 4, Appendix 5, and Appendix 6. The collected and analyzed data based on the research questions in this study are presented in Table 2.

Table 2

Collected and Analyzed Data Based on Research Questions

Research Question	Collected Data	Analyzed Data
How does a teaching-learning process that includes integrated STEM practices occur in primary school science lessons?	- Video and audio recordings - Semi-structured interviews - Researcher's diary - Student diaries	Thematic Analysis
What are students' views on the integrated STEM education process?	- Video and audio recordings - Semi-structured interviews - Researcher's diary - Student diaries	Thematic Analysis
How does integrated STEM education affect students' awareness of career-building in science?	- STEM Professions Interest Scale - Video and audio recordings - Semi-structured interviews - Researcher's diary - Student diaries	Wilcoxon Signed Ranks Test Thematic Analysis

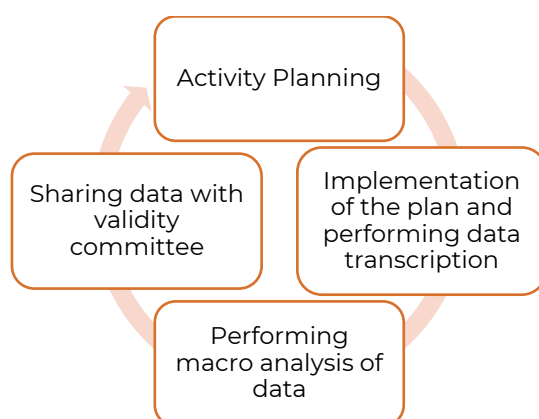
Action Plan Development Cycle

Action research is a cyclical and iterative process until its goal is achieved. In this process, the research develops and progresses with

each cycle iteration. During this research study, 18 action plans were developed. Researchers planned the actions based on learning outcomes in the 2018 Turkish Science Curriculum. A weekly action plan development cycle is illustrated in Figure 2.

Figure 2

Action Plan Development Cycle



As seen in Figure 2, the process started with the researchers' activity planning. Then, the researchers implemented planned activities. After the activities, the recorded video and audio files were transcribed. Some sections of video records were shown to committee members at validity committee meetings to get the opinions of the members. In addition, researchers transcribed all records right after each activity week to do macro analyzes and discuss at committee meetings. Committee members and researchers determined action plans to develop the following activities by reading transcripts and watching video records. Researchers used suggested action plans and planned new activities accordingly for upcoming implementations. This process continued until the end of implementation. Although researchers planned each activity at the beginning of the research, the plans progressed and changed by developing new plans based on suggestions from the validity committee meetings at the end of each activity. Committee members completed video checklists at each action committee meeting. The members marked "yes," "no," and "partially" options according to the criteria that researchers needed to develop within the scope of the research and whether the goal was achieved or not. This list consists of eleven items covering the features expected to be developed in action processes. It was observed that while committee members mostly marked "no" option at the beginning, the number of marked "yes" options increased as the committee meetings progressed.

The research data were collected between October 4th, 2018, and May 15th, 2019. The activities took place at the primary school in the last two lesson hours on Thursday of each week. However, for a week, activities occurred on Thursday and Friday. In addition, activities were carried out once in geology and mining engineering laboratories, once in electrical electronics and computer engineering laboratories, and once in a university central laboratory. The activities developed in the study based on the identified action plans and the professions highlighted within these activities are as follows:

- Creating My World (Geophysical Engineer, Space Engineer)
- Let's Protect Pelican Eggs (Environmental Engineer, Design Engineer, Biologist, Zoologist)
- Geology and Mining Engineering Laboratory Trip (Geological Engineer, Mining Engineer)
- Creating Dinosaur and Mussel Fossils (Paleontologist, Industrial Design Engineer)
- Designing My Renewable Car (Mechanical Engineer, Automotive Engineer, Industrial Design Engineer)
- We Became Dietitians (Dietitian, Biologist)
- ILTEM Laboratory Trip (Physicist, Chemist, Biologist, Food Engineer, Ceramic Engineer)
- Harms of Smoking and Alcohol (Creating Posters with Scratch Program and Coding) (Computer Engineer, Software Engineer)
- Electrical Electronics and Computer Engineering Laboratory Trip (Electrical and Electronics Engineer, Computer Engineer)
- We Create Our Circuit (Electrical and Electronics Engineer)
- I Create My Watercraft (Naval Engineer, Electrical and Electronics Engineer)
- I Do Design with Marshmallows (Civil Engineer, Architect, Geological Engineer)
- Let's Make Our Thermos (Physicist, Chemist, Industrial Engineer)
- Creating My Planet Explorer Robot (Mechatronics Engineer, Physicist)
- Building My Bridge (Civil Engineer, Geological Engineer, Physicist)
- My Balloon Car (Physicist)
- Cat House (Veterinarian, Zoologist, Biologist)
- Designing My Parachute (Textile Engineer)

Initially, the activities planned for this study and those used in similar research were reviewed (English et al., 2013; English & King, 2015). Subsequently, activities tailored to the research's objectives were developed. These activities were evaluated based on their suitability for students' levels and their emphasis on science, technology, engineering, or mathematics content. The implementation began with

the first activity, "Creating My World." Following each activity, feedback from the committee meetings was used to refine and adapt the upcoming activities according to the action plans. All activities evolved weekly within the framework of action research. Through these activities, students had the opportunity to explore various careers in the field of science.

Data Analysis and Interpretation

Since both qualitative and quantitative data were obtained in this study, various analysis techniques were utilized to analyse both data types. The qualitative data were analyzed using thematic analysis (Braun & Clarke, 2019), and the quantitative data were analyzed using the Wilcoxon Signed Rank Test (Cohen et al., 2007). The techniques used in the analysis of qualitative and quantitative data within the scope of the research questions are shown in Table 2.

This study used the thematic analysis technique (Braun & Clarke, 2019) to analyze the collected data. Within the scope of this research, used thematic analysis steps were a) researchers' recognition of the data, b) creating initial codes, c) searching for themes by associating codes, d) reviewing themes, e) creating and naming themes, and f) writing report (Braun & Clarke, 2019).

In the researchers' data recognition step, the first author of this study transcribed research data obtained from interviews, video, and audio recordings. Then, both two researchers of this study coded the data related to the research questions. At the end of this step, the first author created 491 codes, and the second author created 465 codes. Examples of the created codes were "improving the slots," "lacking in the prototype," "lightweight," and "doing everything together."

In the third step, the researchers rechecked the codes they determined, and after discussing and agreeing on all codes, the step of creating a category from the codes was started. To identify themes, codes that were similar to each other or codes that showed the same purpose were written under a common category. In other words, the codes were clustered. In this process, the initial categories determined as "engineering design skills," "science and career awareness," and "sense of science and career awareness" were revised and changed in researchers' evaluation meetings. The categories as mentioned earlier were renamed as "selecting materials/drawing sketches," "converting/testing drawings into prototypes," "career desire for professions," and "appreciation of professions."

In the fourth step, the researchers independently examined the categories they had created and identified themes that emerged from these categories. As a result of the researchers' initial evaluation, four themes were created as: "STEM Education Approach in Primary School,"

"Engineering-Oriented Integrated STEM Education Approach," "Emotion," and "Skill." After examining the compatibility of the determined themes with the data and making their definitions, it was seen that the mentioned themes were insufficient to reflect the research. For this reason, researchers gathered to reevaluate the categories based on their common characteristics. They combined the themes of "STEM Education Approach in Primary School" and "Engineering-Focused Integrated STEM Education Approach," and created a new theme. Finally, the theme was designated as "Engineering-Oriented Integrated STEM Practices in Primary School." Additionally, instead of the candidate themes of "Emotion" and "Skill," the theme "Views on Engineering-Oriented Integrated STEM Practices" was created. As a result, the researchers decided that organizing the categories under the two themes was appropriate to reflect the essence of the research.

In the fifth step, researchers decided on the themes' scope and defined the themes they presented in detail in the results section. In the last step, the results were written in accordance with research questions.

Researchers conducted in-group comparisons for the analysis of the study's quantitative data. In this context, they examined the Skewness and Kurtosis coefficients, the Q-Q Plot graph, the Shapiro-Wilk value, and the normal distribution curve (Büyükoztürk et al., 2012). The analysis revealed that the Skewness value was -1.746, the Kurtosis value was 2.651, and the Shapiro-Wilk value was .016. Considering these results as a whole, the Skewness and Kurtosis values were not within the range of -1 to +1 (Büyükoztürk et al., 2012), and the Shapiro-Wilk value was less than .05 (Büyükoztürk, 2016), indicating that the data did not follow a normal distribution. Since the number of subjects was less than 30 (Erkuş, 2013) and the data were not normally distributed, the Wilcoxon Signed Rank Test (Cohen et al., 2007) was employed for in-group comparisons. The significance level was accepted as .05 in statistical analysis (Creswell, 2017).

Validity and Reliability

Since researchers carry out implementation processes in action research, researchers' positions, qualifications, personal values, and perspectives are vital to the validity and reliability of research. In this study, researchers aimed to conduct a study on STEM education, which has become increasingly central in recent years. At the beginning of the study, researchers provided parents with information and consent forms related to the research and requested their permission for the students to participate. In this action research, to confirm data credibility, (a) data collection sources were diversified, (b) researchers stayed in the research area until satisfactory data saturation was reached, (c) the research cycle was constantly advanced with action

plans, (d) data collection and analysis processes were detailed, and (e) the control of obtained data was ensured. At the end of each activity implementation throughout the research process after data transcription, the data were presented to the committee, which had three experts, to receive opinions and criticisms of the validity committee to develop action plans.

To ensure consistency and validity in this research, a three-member validity committee consisting of experts in the field was established. Meetings with the committee members were held at the end of each activity. During these meetings, the experts reviewed video recordings and lesson documents. At the end of the meetings, the researchers prepared video checklists, which were reviewed and approved by the committee members with modifications. These checklists were used to evaluate the lessons that had been conducted and to develop action plans for upcoming lessons. These action plans were written in the committee decision notebook as committee decisions at the end of each committee meeting. The first validity committee meeting was held on October 5th, 2018, and the last validity committee meeting was held on May 15th, 2019. In total, 14 validity committee meetings occurred. Direct quotations from the opinions expressed by the members of the validity committee at the validity committee meetings were used, and their contributions to the research development were indicated in the results section. Codes shown as CM1, CM2, and CM3 indicate quotations from the opinions of the committee members.

Research Ethics

For this study, all relevant documents were submitted to the University Ethics Committee for review. After obtaining the necessary approvals, the research was presented to the Provincial Directorate of National Education in the city where the study was conducted. After obtaining the necessary permission from the Provincial Directorate of National Education, a researcher of this study had meetings with a school principal and a classroom teacher in a school where the implementation would be done. At this stage, the researcher made a presentation about the research to the school principal and classroom teacher. Since participants in this study included primary school students, the required information was given to each parent of students about the research in individual meetings before beginning the research. Additionally, it was addressed that the research would be carried out voluntarily, and the participants had the right to withdraw from the research at any stage. Then, all parents were provided with the required consent forms for their approval. In this study, participants' real names were not used, and photos revealing their faces were obscured

with an emoji in the research report. All collected data were archived in three separate formats (1 DVD and 2 hard drives).

Findings

As a result of the analysis of the obtained data from the research, two themes were identified as: "Engineering-Oriented Integrated STEM Practices in Primary School" and "Views on Engineering-Oriented Integrated STEM Practices in Primary School." The features related to the themes mentioned under two main headings and supported by direct quotations are documented below.

Engineering-Oriented Integrated STEM Practices in Primary School

As a result of the analysis of action plans implemented in this research, it was found that integrated STEM practices in primary schools can be implemented with an engineering-based approach that includes the stages of "identify the problem," "generate ideas," "select and implement," "test and reflect," and "recreate." It was indicated that STEM practices developed under these stages should show a revisable and cyclical structure.

Identify the Problem

In the initial engineering-oriented integrated STEM activities, real-life problems were presented to the students by the researchers as ready-made. During these activities, the students were not fully immersed in scenarios involving problem situations and were not encouraged to analyze these situations. The first practice was Creating My World activity. In this activity, a researcher directly told students what they would design without trying to guess problem situations. For this practice, the researcher received feedback from the committee members. Committee members suggested that instead of telling students what to design directly, it was vital to enable students to make predictions to improve their thinking skills and ensure their development within the scope of integrated STEM education. The researcher used the suggestions to update action plans and approached students in various ways to let them determine problem situations in different ways in each activity and make activities more interesting. For this purpose, the researcher planned to present problems via cartoons, videos, animations, newspaper news, case studies, visuals, or three-dimensional models. How problem situations were presented to students in the "I Create My Watercraft" activity, which was an example of this decision, is shown below:

"Teacher: Guys, I'm not going to tell you what we're going to design this week. You will guess. Guys, you know the cartoon "Water Ambassadors."

Kids: Yeah.

Teacher: I will show you a section of the water ambassadors. From there, you will guess what we will design today and what profession we will be. I'm opening, guys.

Berk: It starts, teacher. (D-20.12.2018, I Create My Watercraft Activity)"

The purpose of the above communication was to let students identify problem situations based on the cartoon. It can be said that cartoons are an interesting context in terms of students' cognitive and social development. Another example of identifying a problem situation can be given as the teacher's attempt to attract the attention of the students by entering the classroom with a cup of tea in the Let's Make Our Thermos activity. A relevant conversation is provided below.

"Teacher: Guys (...) More precisely, you will guess what we will design as a result of something I have said. (The teacher is showing a cup of tea in his hand.)

Guys, did I ever come with tea in my hand?

Kids: No, you did not come.

Teacher: I brought tea to drink in class today. But right now I'm looking at tea. (After taking a sip of tea) Oh, this tea is cold and I don't like cold tea at all. I like hot tea. Then what do you think that I will ask you to do?

İpek: Whattt? 😊 (Excited) (The students got excited suddenly. They asked questions like what are we going to do, teacher, what do you want?)

Teacher: Yes, let's take your guesses. Yes, İpek, let's start with you.

İpek: Something to keep it warm?

Teacher: Look, what did İpek say? Did she say something to keep it warm?

Nilay: Teacher, we will design a house. We will design something to keep that house warm so that the heat of the house does not go out.

Teacher: Huh, nice approach. What do you think Yeliz?

Yeliz: Teacher, I think we will heat that tea and try to keep that heat inside.

Teacher: Nice! Berk, what do you think we will do today?

Berk: Teacher, you will give us a cold matter. We will try to warm it up. (...)

Teacher: Guys, you all came close, but you could not clearly guess the name of the design. (...) Actually, you use this design in your daily life and you know what it is. I want to give you a tip.

Kids: Give! Give!

Teacher: Guys, what do you usually bring with you when going on a picnic in the summer (After waiting a bit.)

Make a connection with tea.

Alphan: Thermos. Thermossss!

Teacher: What did Alphan say? He said thermos. Do you all agree with your friend?

Kids: Yeah. (D- 14.02.2019, Let's Make Our Own Thermos Activity)"

In the above conversation, it can be seen that the researcher associated the problem situation with a problem in daily life, and students began to make predictions. For example, Yeliz, Nilay, and Berk associated their design with the topic of heat. The researcher guided students with an inquiry-based approach. Instead of simply telling them, "I want you to prepare a thermos," a real-life problem scenario was created, and the students were guided to identify the problem on their own. By doing this, the researcher aimed to help students realize that the role of engineers is to find solutions to everyday problems. Throughout the activities, questions such as "How would you think as an engineer?"

were posed to raise students' awareness of engineering. As the activities progressed, it was observed that the students approached the issues in an engineer-like manner and made scientific predictions. The following support was received from the committee members regarding the approaches to letting students feel problem situations in the following activities.

“CM1: (...) Let's come to the sixth page. There has to be a real-life-based problem in STEM. So it has to start with such a problem. There is a "case" here. Very nice situation here. You say that I brought a cup of tea to the class today, but I saw that the tea was cold. I'm looking at something very beautiful. The script doesn't need to be written here. The script doesn't have to be with pictures. The teacher himself is here, so you brought an instrument and his own tea. I don't like cold tea, I wonder how we can preserve it. I think this is a very beautiful thing. What about those who come after that, we will build a house. Kids are reasoning there about temperature. Wonderful. I put stars. (Laughs)

CM2: Do you know what's going on here? You don't give the problem situation ready to the kids here. You want the kids to predict what will be done in the given scenario and identify the problem. I think it's very valuable.

CM2: Well, she gave another dimension to the concept of design there. I liked it too. You know, she says to the kids there, to guess what we are going to design. Either way, she clearly made the point that there are alternative solutions to the problem in the concept of design without actually doing anything there.

CM1: Exactly.

CM2: You sweetly gave the definition of design there. By feeling. (KT-27.02.2019, Interview on Let's Make Our Thermos Activity)”

Generate Ideas

This stage of the research evolved into generating solution ideas for the problem after the problem was identified. After structuring the problem, the students created ideas for solving it, developed solutions, and determined success criteria for their designs. While some students preferred to present their identified solutions orally, others wrote them down in their STEM notebooks. Researchers frequently asked students for scientific justification of the generated ideas. Students presented their ideas, sometimes related to daily life and sometimes scientifically, to their friends and focused on the positive and negative aspects of the ideas. In this way, the social structuring of knowledge was ensured, and reasoning skills were developed. However, in the initial activities, the questioning of students' answers was incomplete. In the initial activities, it was observed that students who approached the process with a game idea could suggest many non-scientific solutions. Committee members criticized researchers for not sufficiently allowing students to use scientific questioning in their communication. For example, one of the committee members, CM2, stated it would be more appropriate to adopt such an approach by saying, *“Please listen to the students actively. The students are telling you that. By choosing materials and planning how not to break them. What did you do to*

keep them away from breaking?" Likewise, CM1 expressed "...you can ask questions about planning, your choice, your solution, and planning. (...) I think it is possible to ask questions about drawing, planning, how they feel, and what they think."

Within the scope of the determined action plans, in the following weeks, in the "Building My Bridge" activity, the students were asked one by one about the structure of the bridge they wanted to build, the purposes of why they wanted to design a bridge of the structure, and their goals in choosing the materials they would use. Using this approach ensured that students think scientifically about which materials they use and the reasons for their material selection.

Through conversations, the researcher tried to enable students to communicate productively, explain their ideas, justify the formal arguments they generated ideas, defend their ideas, change them if necessary, and develop an in-depth understanding of the solution processes. During the practices, the students used their skills of using examples from daily life, reflecting on previous experiences to find solutions, and developing each other's ideas. Again, at this stage, the researcher identified success criteria for the designs in the initial activities. This situation was examined in committee meetings, and it was suggested that more than one criterion be identified and success criteria determined together with students. The transcripts regarding committee members' suggestions for this situation are noted below.

"CM1: Determining the criteria should be done with groups. (...)

CM2: You can do this with students. It doesn't have to be first in a single category. For example, one design can be the first in terms of speed. Another one with good shape can be the first in that category. For example, the most creative and different car model, which is original or does not look like a car at all, can be a criterion. That thing we have is very important. We usually think that with one correct answer exam mentality, there is only one correct answer. There was only one thing in every criterion. Turn each student's design, which distinguishes it from the others, into a success criterion. So that they all think they are successful. Each student can be first in a class. (KT-14.11.2018, Interview on Designing My Renewable Car activity)"

Committee members stated that it was essential to see that all the students would be successful in a different field by determining success criteria in a variety of ways together with students' groups. In addition, it was frequently emphasized during the committee meetings that STEM integration would be more successful with this approach. For example, in the "Building My Bridge" activity, the teacher went to the classroom with three-dimensional visuals. Students stated that the connection between two villages was broken and that there was water between the two villages, but there were people who had to meet constantly in the two villages. Students were expected to figure out how to reestablish this connection by producing engineering and scientific solutions. After the students guessed that they would design

a bridge, building criteria for bridges were discussed. The conversation on this subject is documented below.

“Teacher: Now, what will be our success criteria? Let's talk about it. Guys, I'll bring you a little toy car, and we'll walk it on your bridge. I'll also bring a toy figure. We'll put it on your bridge. Will it carry it? What other criteria should we set?”

İpek: Not tip over.

Nilay: To carry the weight. (Kamil raises his finger.)

Teacher: Yes, Kamil.

Kamil: Being light.

Teacher: Yes, I am writing on the board. Kamil said it should be light. Any other thoughts? What features do civil engineers look for in bridge construction? (After waiting for a while) Isn't it important that the bridge is long-lasting? How should it be aesthetically? (D-14.03.2019, Building My Bridge activity)”

As seen in the above conversation, the bridge criteria were determined together with students. At the beginning of the research, while only a single success criterion related to designs was created, the teacher and students together started to identify success criteria after receiving feedback from the validity committee. It was observed that with such an approach, students' participation in activities and their interest in STEM education increased.

Select and Implement

At this stage, the students selected materials and drew sketches to solve the problem they identified for their engineering product ideas. For material selection, the properties of all materials that could be used in product design were introduced to them. In this process, researchers presented students with many materials that served the same purpose but could be alternatives to each other. However, during the initial activities, there were problems with introducing the materials that students would use in the product development process. In one of the initial practices activities, researchers introduced the materials as follows.

“Teacher: Ayça and İpek finished. Be quiet. Yeliz and Nilay finished. Now guys. Let the completed groups come to me. We choose our materials here. Now look, I want to tell you this. I also bought craft papers here. You say you did it last year, but do you know what's different about STEM education? (...) In STEM education, you are provided with materials. I would bring dough if I gave you ready-made activities and told you to do the same. I would say, in order, first do this, then do that. There is no such thing here. Look, there is cardboard paper. There are a variety of colorful craft papers here. If you want, make something with construction paper on cardboard or make something with a ping pong ball. Make it with dough if you want. What do you want, guys? What's your choice? Nilay, what do you want?”

Nilay: Well, teacher, can we choose just one?

Teacher: If you can finish one, you can move on to the other.

Nilay: Teacher, for example, can we use dough and construction paper somewhere?

Teacher: You can use it. Do it however you want yourself. (D-04.10.2018, Creating My World Activity)"

Committee members recommended that during the engineering practices process, all materials should be introduced to students before starting drawing and the purpose of using materials should be discussed with students. Then, researchers introduced materials in the following weeks.

"Teacher: Kids, which of these materials can be used for thermal insulation? Let's classify our materials.

Berk: This (showing with his hand)

Nilay: Foam, aluminum foil, cotton.

Teacher: What material is this you speak of? I write on the board the classification of materials that can be used for thermal insulation. Yes, aluminum foil, bubble wrap, cotton. I'm writing on the board, guys.

Teacher: So Nilay, on what basis do you say this information? What is your source of information?

Nilay: From the last lesson, teacher."

Again, the researcher was not able to discuss the purpose of selecting materials for the initial activities. In this situation, committee members indicated that the purpose of choosing materials should be questioned in the process. In this situation, committee members indicated that the purpose of choosing materials should be questioned so that students would develop engineering thinking skills. The conversation on this issue is presented below.

"CM2: (...) Why do you think the foil straw is stronger for your design? Anyway, you can ask a similar question, no problem. You didn't ask them. They got away badly. It's like you didn't focus on the goal by asking why and what you did; instead, you focused on the process.

CM1: There is the answer that the focused, motivated researcher expects. Here are the components of engineering or STEM. Even so, even if you want to hear those words, why are you thinking about engineering? Okay, the kid is saying something. You don't consider it, and you ignore it. But what did we do and what did we become (...)? Okay, what did we do to become engineers? (KT 26.10.2018, Interview on the Let's Protect Pelican Eggs Activity)"

The researcher addressed these deficiencies in future action plans. Students were questioned about how they observed materials as engineers and what features they considered when selecting materials. In the following weeks of the implementation, the researcher inquired about why the students chose materials. Additionally, the researcher suggested alternative materials that could serve similar purposes and encouraged students to reflect on the accuracy of their selected materials. Similarly, conversations between the researcher and another group member are seen below:

"Teacher: Very nice. So when you compared it, why didn't you choose foam instead of styrofoam?

İpek: More useful.

Ayça: Styrofoam is harder and floats better on water.

Teacher: Which product is more useful?

Ayça: Styrofoam is useful.

Teacher: According to which material is it useful?

Silk: Compared to the foam. (D-02.05.2019, Cat House Activity)"

After material selection, students were asked to draw the prototypes that they would create. At first, students were quite reluctant to draw. In the research, developing students' desire to draw was the most difficult stage. Students preferred to create prototypes directly with no drawing. They stated that drawing limited their dreams. However, the researcher often reminded that they did not have to create the same shape as in drawings and that drawings were drafts. Despite everything, it was not possible to successfully draw for a long time. The researcher reflected her thoughts on this issue in her diary as follows.

"I can't let students draw prototypes in activities. I don't understand why they don't draw. I will ask my committee professors, what can I do about this issue. Am I making a mistake? The kids said that drawing prototypes limited their dreams. They said that they disrupted the construction of the designs they would create while trying to fit the prototype they had drawn. This is a big problem for me (AG. 08.01.2019)."

The researcher conveyed this problem to the committee members and asked for their opinions. Committee members recommended that students be informed that the drawings they created were draft and that they did not have to create the same drawings as a prototype. The members emphasized that after drawing prototypes, students could change their drawings based on their prototype progress or add materials they did not specify in prototype drawings. Doing so could encourage students to draw prototypes in activities. After getting feedback from committee members regarding the drawing problem, the researcher updated action plans accordingly and implemented new action plans in the next activity. After implementing committee members' recommendations and students' prototype tests, students realized that they could fail when they did draw prototypes and their negative prejudices towards drawing began to turn positive.

The Students expressed the significance of drawings in the later stages of the process. For example, Alphan, who stated that making the drawing bored him initially, said, *"We draw (while creating the prototype) so as not to make mistakes."* Another student, Ayça, affirmed that they would not make mistakes when they drew. Nilay said:

"Because when we draw, there are few mistakes. We failed in the designs we made without drawing, but we did not make the same mistakes when we drew. Because it didn't happen as we thought (...) in order not to be surprised while doing it, so as not to forget what we were going to do while doing it. (the reason for drawing)"

In this conversation, it is seen that Nilay understood that they did not have to draw the same shapes. On the other hand, another student, İpek mentioned the benefit of drawing in the process as “(...) *when we draw, we write the materials on it. Then we know what to use.*” Looking at all students’ statements, it can be seen that the students internalized that drawings helped them to progress in a planned manner and create products with no or low error.

Test and Reflect

After the prototype creation was completed, the prototypes' testing stage began. At this stage, the students reviewed whether the products they developed met the criteria they initially determined and tried to identify the problematic parts of prototypes based on the results they obtained. Initially, the researcher tested students’ products but did not question students about the reasons for possible success or failure. In the initial activities, it was observed that the researcher asked students why they selected the materials they used. However, no testing could be made as to whether the selected material was the right choice, what alternatives could be, and what other work and processes would have been done to make prototypes successful. In the following process, in-depth discussions on the prototypes were held with the students. Below is an example of a more in-depth discussion between the teacher and students:

Teacher: (...) Then you created the prototypes, but some of us had shortcomings. As a result of our tests, for example, what was missing in your design, Nilay?

Nilay: Teacher, mine was not resistant to rain. I did not close the bag completely, the top was not intact.

Teacher: Ayça, what was missing in yours?

Ayça: Teacher, my roof was open too, and my home could get wet and broken with rain.

(...)

Teacher: So what are we supposed to do today?

Nilay: We need to improve.

Teacher: What will we improve?

Nilay: The nests we built.

Teacher: Very good then, let's see, everyone, put on the engineer's glasses and develop your prototypes, guys. You know what it's like, it's a test of cars. What is it called? (D-02.05.2019, Cat House Activity)”

As can be seen, after the prototypes were tested, students' opinions were taken on the reasons for the failures and what solutions should be found were discussed. As a result of the tests in the relevant activity, the groups concluded that the cat houses they were expected to build should be wind-resistant, cold-resistant, and rain-resistant.

In the "Designing My Parachute" activity, during the testing stage, the parachutes were first dropped from a high point in the classroom. The parachutes were then thrown from a classroom on the third floor to the

school garden. Özgür's prototype parachute landed directly on the ground in the classroom. When this situation was asked of students, Nilay stated that it was due to the materials they used and that air would not fill it due to the small distance.

“Teacher: Guys, why doesn't the prototype (parachute) of the Özgür's ones fly when we throw it in the classroom?”

Nilay: Because the distance is short and the fabric is heavy.

Teacher: You also chose fabric initially, but later, you preferred to use bags. Why did you do such a thing?

Nilay: Because the fabric is heavy, the bag is light. Bags carry quail eggs. (D-10.05.2019, Designing My Parachute)”

One of the initial problems during the testing and reflection stage was not questioning students' STEM discipline knowledge and not understanding how they could be used together. Committee members stated that the testing of the content was insufficient, students could not understand which STEM discipline knowledge they used in the design processes, and students could not gain an understanding of how different disciplines were integrated. CM1 commented on this situation as follows: *“There are misconceptions. The questions are good. We indicated that testing in two dimensions. You are doing this partially in the process of creating products. How did you feel, what did you experience, what would you change? What not? No content rating. What was our purpose? (KT-06.03.2019, Interview on Creating My Planet Explorer Robot Activity).* Based on this situation, the researcher planned actions. While it was not possible to engage in-depth communication with the students or introduce the designs during the testing phase of the initial activities, in the subsequent activities, the researcher took steps to support the students' learning of content knowledge. The researcher prepared forms containing questions about activities and asked students to fill them out. Examples of these forms are presented below.

Picture 1

Example of a form for content analysis

Yapılan etkinliğin FeTeMM alanlarından hangisini veya hangilerini içerdiğini yanındaki kutucuğa işaretleyin ve işaretlediğiniz alanın etkinlikte nasıl kullanıldığını açıklayınız.

FEN
Isı yalıtımı, canlılar için bir yuva
- veteriner
- zooloji gördük

MATEMATİK
Ölçüm yaptık (tuvalet, kapısını boyadık)

TEKNOLOJİ
Yeni bir şey yaptık. (İnsanlığa fayda olsun diye)

MÜHENDİSLİK
Kedi evi tasarladık, çizim yaptık, prototip yaptık, prototipi geliştirdik, tasarımlarımızı test ettik. En geniş kedi evini ben yaptım.

"Explain which or which of the FeTeMM (STEM) areas the activity you performed involved, and how you used the areas indicated in the boxes."

SCIENCE: We studied heat insulation and the benefits it provides to living beings – we saw (veterinary and zoology).

MATHEMATICS: We took measurements (such as the size of the door, the frame, etc.).

TECHNOLOGY: We made something new (thinking about how it could benefit humanity).

ENGINEERING: We designed a cat house, made drawings, created a prototype, and improved the prototype. We tested the design. I made the largest cat house.

It can be said that by filling out these forms at the end of each activity, students became conscious of what they learned and improved their higher-level thinking skills by expressing their opinions about the activity. These reflection activities are important to ensure that students see which STEM disciplines they use and how they use them in engineering products that they develop. In this way, students can cultivate an understanding of how to use content knowledge from seemingly disconnected disciplines together. In addition, students' incomplete and incorrect learning, if any, can be identified and necessary precautions can be taken.

Recreate

At this stage, some groups recreated prototypes that could not meet the success criteria. Some groups went back to the beginning of the process and conducted research, while others tried to complete the missing aspects by discussing with their group friends. The researcher failed to achieve the testing and recreating dimensions in the practices' initial parts. Comments of committee members regarding this issue are given below.

CM1: The criteria identified in the context of previous conceptual frameworks meet the list we have created. Even though there are minor errors, I can see certain things here. Is there a problem with the scenario here? Yes, there is. Is there a draft of the house to be drawn, that is, a prototype drawing? There were no conversations about why those materials were chosen. For example,

I think questions such as whether it will stick to you if you choose cotton are valuable. It is nice for children to work in groups, make various measurements, and make certain arrangements according to their measurements. It is good to identify the criteria together with the students. Perhaps such solid evaluation criteria have been set for the first time to date.

CM2: Be careful; the children identified the first three and the rest themselves.

CM1: Yes, I will come there too. Our evaluations at the inference level and the task of attributing meaning to observation can sometimes be expressed readily by the researcher. I'm going with STEM now. There are criteria for testing the products, such as ventilating, leaving them in the rain, and maintaining heat. You know what's not here? No product recreating.

CM2: Actually, the prototype remains.

CM1: There is no conversion into design here. (KT-10.04.2019, Interview on My Balloon Car Activity)

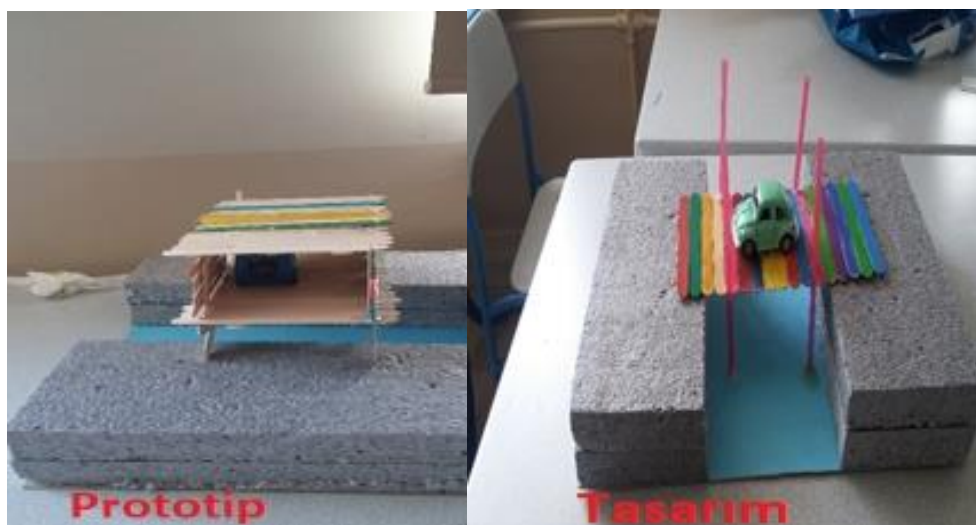
Committee members indicated deficiencies in the recreating of products after testing. The researcher added this situation to the action plans and focused on this issue in the following activities. This situation was reflected in the researcher's diary as follows.

"Today, we created our bridges. Alphan and Kamil's bridge was not like a bridge. I couldn't say anything because I was afraid they would get hurt and give up. However, the committee members were saying that if things are not going well, you should tell them. The children will understand their mistakes and correct them.. Anyway, class is over. While meeting with Alphan and Kamil at the end I asked "Guys, have you ever thought about how a car or a person will cross this bridge of yours?" and told them, "It seemed a little different to me." Alphan said yes, teacher, it makes sense, "We thought about it while we were testing it after we finished it." I asked, "Then are you ready to change and improve it next week?" and they responded, "Okay teacher." (AG-14.03.2019)"

Alphan and Kâmil transformed the prototypes into designs in the following lesson. The products, which later transformed from prototype to design, were tested. Photos of that prototype and design related to the subject mentioned in the researcher's diary are presented below.

Photo 1

Building My Bridge Activity (Prototype and Design Example)



A similar situation occurred at the Cat House activity. After students realized the shortcomings of the prototypes they created in the previous stage, they discovered how to proceed with the questions. In this context, the glasses were filled with hot water, and the temperature of everyone's designed glasses was measured individually. Then, the first temperatures were measured by having one student draw a table on the board and other students draw in their notebooks. After 20 minutes, the temperatures of the water in the glasses were measured again and recorded in the last temperature column of the table. The students were asked how they would proceed now and how they would find out which cat house preserves heat better. By making calculations, the students identified the most successful cat house. Afterward, the unsuccessful groups were asked why their prototypes failed and were allowed to make inferences. In the unsuccessful groups, they realized their mistakes and tried to recreate their prototypes. For example, the cat house prototype could not retain heat because its top was open. After the reason for this was discussed, the students in this group started the development process. As a result, they decided to cover themselves up, thinking about what to do against rain and cold.

Views on Engineering-Oriented Integrated STEM Practices

This theme is divided into two subthemes: opinions towards engineering-oriented integrated STEM education and opinions towards science career awareness. The subtheme of opinions towards engineering-oriented integrated STEM education includes students' views on provided practices. The sub-theme of opinions towards science career awareness includes career awareness for professions in STEM fields, career desire, and appreciation of occupations in these fields. The data sources of this sub-theme were collected both during practices and through interviews.

Opinions on STEM education

The participants found the activities fun and interesting. This is because students were encouraged to take action freely during the implementation process, worked collaboratively in groups, and produced unique products at the end of the process. The researcher in this study observed this situation and reflected in her diary: *"It makes me very happy to see that children have a lot of fun. They don't want to go out in breaks. They say that they like this lesson too much and they have a lot of fun in this lesson. They state that they feel comfortable (A.G. 02.11.2018)."*

The reasons why students found the practices fun include allowing students to design new and various products and encouraging their creativity and imagination in the design process. As a matter of fact, in the last interviews with the students, students were asked, "We carried

out STEM activities together for a year. Can you tell us your thoughts on the activities we do?" Berk said, "My teacher was nice, it was fun. We became engineers. We did good things. Then we selected the best" and Yeliz expressed, "My teacher was fun. Teacher, we have done very good things. Well, we produced it ourselves. We designed, planned, and thought." Another student, Özgür, said, "We designed and made new things weekly. (...) We had dreams. We did what we wanted." Similarly, Nilay said, "My teacher was very nice. When I first heard about STEM, I thought it might be boring. Then when I came here, I felt like I had a lot of fun. I was very happy to hear that we will continue in the second term." Then, a researcher of this study asked Nilay why she found activities fun. Nilay's answer to the researcher's question is presented below:

"[...] while we were with the teacher, he tells us, he dictates, he dictates for a long time. Then, he changes the subject. He is constantly jumping from one subject to another. We move from science to math. There was always confusion. Our minds were falling apart. Here, you allowed us to watch videos comfortably. You told everything on the same subject. We learned by designing and we learned here by having fun. [...] Because we made useful designs together and had fun. Sometimes we could not reach a consensus on our ideas. Together, we decided later. We did a lot of things like this."

Another reason for their enjoyment of engineering-oriented integrated STEM education practices was the freedom to participate in the process. Students developed their designs without being guided in the activities. In fact, during the final interview, the majority of students stated that the most important difference between these activities and others was the freedom students had during the activities. For example, when Berk was asked why he found the practices enjoyable, he explained as *"We created designs as we wanted. In other lessons, we always do the math. Teacher Sabri gets angry. We were comfortable here."* Another student, İpek, said, *"Because we were free, teacher. Making designs the way we wanted made me very happy."* When Kamil was asked about the reason for this enjoyment, he noted that they were free because they were engineers and they were able to develop new and different designs because engineers can freely express their thoughts without interference.

Another reason why students love the practices was their collaborative work in groups. Interviewed students stated that working in groups amused them. İpek, one of these students, explained, *"Teacher, it was very nice to be in a group and help each other. We exchanged ideas with each other. Also, it got better when we changed groups. We became friend with Nilay."* Within the scope of the activities, students were requested to fill in student opinion forms at the end of the process. In the form below, it can be seen that students were happy to work collaboratively in groups.

Figure 3**A Form Example Regarding Student Opinions at the End of Activities**

2. Tasarımınızı yaparken eğlendiniz mi? Sıkıldınız mı? Neden?

Birlikte ŞAHİNLER takımı olarak çok eğlendik. Hayır aksine bizi çok eğlendirdi. Çünkü Birlikte birlik olarak çalışmak çok eğlenceli.

Question: Did you have fun while working on your design? Were you bored? Why?

Answer: As the ŞAHİNLER team, we had a lot of fun together. No, on the contrary, it entertained us a lot. Because working together as a team is very enjoyable.

Opinions towards science career awareness

Participating students stated that they learned the responsibilities of the professions in the field of science during the practices, their interests in these professions increased, and they included the professions in their future career plans. For example, while İpek stated that she wanted to be a doctor in the first interview, she mentioned that architecture also attracted her attention as the activities progressed. When asked why this change was made, İpek said, *"Because they design small things like this. Sometimes they design by drawing pictures. And then they create huge buildings and contribute to people. (...) Fun professions. This is how to draw and design. Also, I love drawing."* Another student, Yeliz, often stated that she could become a civil engineer someday. She realized that she did not know about this profession before, but later, she indicated that this profession is entertaining and provides benefits to people by creating buildings." Nilay expressed her thoughts on this issue as:

"I want to be a zoologist, but I may change my mind about being a zoologist because we learned a lot of professions here and most of them were very fun. I can think of careers other than zoology. I mean, these activities were useful to me. It will affect my future career choice."

Additionally, the communication with İpek in the last meeting is presented below.

Teacher: Very nice. Based on our activities, what do you think about the engineering profession?

İpek: I think engineering is a good profession; maybe I can do it in the future, teacher.

Teacher: Very nice. Why do you think it's beautiful?

İpek: Because they have a lot of fun jobs.

Teacher: What's fun in engineering?

İpek: To produce or design something."

When İpek was asked about her thoughts on engineering professions, as seen in the above conversation, she indicated that she added this profession to her career plans and found it fun. In addition, when she was asked why she saw engineering as a good profession, she noted that it was because it enabled her to produce and design. As a result of

the engineering-oriented integrated STEM activities, the students revealed that they appreciated the professions covered in this context. For example, at the Cat House activity, when Ayça was asked if she would like to work in professions in these fields while she was developing prototypes, she said:

"Yes, I love cats very much. I would like to be a veterinarian, but I do not want to deal with insects because I am so afraid. (...) A zoologist studies living things. It could be beautiful. It's fun. For example, I think it is good to know the characteristics of every living thing."

The quantitative results obtained from the research support the qualitative results presented above. The statistical analysis of the pre-test scores obtained from the STEM Professions Interest Scale used to examine participating students' development of career awareness in STEM fields is presented in Table 4.

Table 4

General Distribution of Scores from the STEM Professions Interest Scale

Scale	Number of Subjects (N)	Minimum Score	Maximum Score	Arithmetic Average $\bar{X}$	Standard Deviation SD
Pre-test	8	105	130	119	9.08
Post-test	8	163	175	169	4.03

As shown in Table 4, integrated STEM applications positively impacted students' interest in STEM professions. Wilcoxon Signed Rank Test was utilized to test whether the difference between students' pre-test and post-test scores was statistically significant. The relevant analysis results are shown in Table 5.

Table 5

Wilcoxon Signed Rank Test Results Regarding the Pretest-Posttest Scores Obtained from the STEM Professions Interest Scale

Post test-Pre test	n	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	p
Negative Ranks	0	.00	.00	-2.521	.012
Positive Ranks	8	4.50	36.00		
Ties	0				

* Based on negative ranks

Results showed that there was a significant difference between participating students' STEM professions interest scores before and after the implementation ($z = -2.52$; $p < .05$). When the mean rank and totals of the difference scores were considered, the observed difference was in favor of the positive ranks, that was, the post-test scores.

According to this result, it can be concluded that integrated STEM activities improved students' interest in STEM professions.

Discussion, Conclusion, and Suggestions

In this research, researchers aimed to explain how integrated STEM education can be applied and how students' science career awareness can be improved in the teaching-learning process of fourth-grade science lessons in primary schools. In many previous studies, there have been discussions about the integration of STEM education or how STEM should be implemented. In the reports prepared both in national and international platforms, it is emphasized that it is unclear how STEM education can be included in teaching-learning process (Akgündüz et al., 2015; Akgündüz et al., 2018; Aydeniz & Bilican, 2018; Coşkun & Özkaya, 2020; Ministry of National Education [MEB], 2016; Yılmaz et al., 2017). This research study determined that STEM education in primary school can be implemented by focusing on engineering and employing engineering design processes.

Conclusion and Discussion on Engineering-Oriented Integrated STEM Practices in Primary School

Employing engineering in the center of practice is critical to enable students to compare engineering knowledge and problems in daily life and produce new and distinctive knowledge within a scientific basis. Engineering provides meaningful learning experiences related to individuals' difficulties in real life (English & Mousoulides, 2015). Design processes help students understand that there are different ways to solve problems in daily life (Yamak et al., 2014) and enable them to develop and strengthen their knowledge of science and mathematics disciplines (Worker & Mahacek, 2013). Despite the mentioned features of engineering knowledge and design processes, some difficulties were encountered at the beginning of implementation because the activities were unfamiliar to students' routine learning process. Students could not understand how to transfer their science and mathematics knowledge in the development of a concrete product. However, as the process progressed and they experienced the need to know science and mathematics as a basis for solving real-life-based problems and how this information works, their interest in activities and STEM disciplines increased. This result is also supported by other studies in the related literature (Girgin, 2018; Hacıoğlu & Başpınar, 2020). For example, in a STEM-based education research study conducted by Girgin (2018) with primary school -grade students, the researcher found that students can easily cope with problems they encounter daily with their real-life experiences. In a different STEM-based study, real-life scenarios or problems were presented to primary school students. It was noted that students progressively demonstrated their knowledge with increasing quality throughout the process (Hacıoğlu & Başpınar,

2020). In another study conducted with secondary school students, integrated STEM education utilizing engineering at the center was conducted. At the end of the research, it was reported that sixth-grade students were able to transfer their science and mathematics knowledge to (a) solve situations and issues in daily life, (b) embody them in the production phase, and (c) develop a good understanding of these disciplines in real life (Özkul & Özden, 2020).

In this research study, engineering-oriented integrated STEM practices included the stages of "identify the problem," "generate ideas," "select and implement," "test and reflect," and "recreate." The specified processes were applied step by step iteratively. When engineering-oriented STEM practices in primary school were examined, it was determined that the practices contained a five or six-step process. For example, in a STEM education research conducted by Pekmez et al. (2018) with primary school students, they employed engineering design processes consisting of asking questions, creating suggestions, planning, creating a product, and improving the product. In another study, activities were carried out with primary school students, such as identifying problems, generating ideas, designing and constructing, evaluating, and redesigning (English & King, 2015). When all related studies in the literature are examined, it appears that although each step in the engineering design process is named differently, they all aim to solve real-life issues/problems by integrating them with STEM disciplines.

In the relevant literature, various implementations of the engineering design process can be observed (Barnett et al., 2008; Brunsell, 2012; English, 2016; Engineering is elementary [EIE], 2013; NAE & NRC, 2009). For example, Brunsel (2012) describes these cycles as (1) Defining the problem, (2) Developing possible solutions, (3) Analyzing identified solutions, (4) Optimizing solutions, and (5) Communication. EIE (2013) lists them as (a) Asking, (b) Imagining, (c) Planning, (d) Designing, (e) Developing. When the existing models are examined, it is seen that all of them include iterative processes that start with defining a problem situation and finish with a final product.

Conclusion and Discussion on Views on Engineering-Oriented Integrated STEM Practices

In this study, it was found that the students' opinions about the implementations were positive. The students affirmed in activities and interviews that they enjoyed STEM education and learned the responsibilities of many professions. They stated that they found the engineering-oriented integrated STEM education enjoyable because they were active and free in the process with their cooperation in teams. Additionally, it can be said that the students enjoyed seeing their success when they practiced with STEM disciplines without being

judged or directed. Researchers of this study noted that the implemented method employed within the scope of this research motivated the students. In fact, when literature is examined, many studies overlap with this research results (Bircan, 2019; Bozan & Anagün, 2019; Dieker et al., 2012; English & Mousoulides, 2015; Julià & Antolí, 2019; Konca Şentürk, 2017; Kereci & Çınar, 2020; Yavuz, 2019). For example, Bircan (2019) reported that fourth grade primary school students enjoyed STEM activities while developing positive attitudes towards STEM disciplines that he applied in his study. In another study that carried out STEM activities with primary and secondary school students, researchers observed that students progressed with excitement and fun during practices and wanted to spend more time with these activities (Dickerson et al., 2014). Watt and Andrews (2018) carried out a research study by employing engineering design processes in practices with primary school students to find a solution to a drought problem, which was a problem in the place where they live. At the end of the research, it was documented that the students enjoyed the process and their interest in it increased (Watt & Andrews, 2018). Another study conducted with primary school students found that the students enjoyed the engineering-oriented STEM activities implemented during the process (Kereci & Çınar, 2020).

The analysis of the quantitative results revealed that STEM activities positively affected the students' career awareness in science, as demonstrated by the post-test results. This finding is further supported by the qualitative data, which show that students' interest in STEM professions increased, as indicated by their feedback during activities and interviews. Before implementation at pre-interviews, students stated that they knew a limited number of STEM professions. However, after implementation, students expressed that they gained awareness about the professions through activities and that they could add these professions to their future career plans. It can be said that the reasons for this situation would be a well-designed learning environment in which students can work comfortably during the activities, and encouragement and support in the process. Throughout the implementation, students were provided to work in a democratic and free environment. The research results are supported by other studies in the literature (Acar, 2018; Doğan et al., 2022; Topbaş, 2023; Yavuz, 2019). For example, Topbaş (2023) found that STEM education increased primary students' interest in and perceptions of STEM careers. Similarly, Yavuz (2019) observed that fourth-grade students' interests, perceptions, and attitudes toward STEM professions positively improved through STEM-based science courses. In another study, it was demonstrated that STEM programs increased students' orientation to STEM professions by allowing students to work freely and comfortably, improving their self-confidence (Dieker et al., 2012). Similarly, Acar (2018)

found that primary school fourth-grade students enhanced their knowledge of professions in STEM fields through STEM activities and their interest in these professions increased (Acar, 2018). Another study conducted with fifth-grade students reported that design-based STEM activities increased students' interest in STEM professions (Doğan et al., 2022).

General Evaluation and Limitations

Previous related studies were generally carried out using quantitative and experimental methods. In this research, which is carried out with an action research method, it was thought that since each step was planned, transparent, and transferable this research can guide teachers, researchers, and program stakeholders. The initial unsuccessful steps evolved with the features of action research (e.g., validity committee support).

After evaluating this research in general, a structure about how engineering-oriented integrated STEM education in primary school was generated. Secondly, it was observed that the students continued the activities with fun and liked the activities greatly. Finally, it was detected that students became conscious of many professions in the field of science, and their career orientations towards professions in these fields increased. As a result, it is thought that these results were achieved by encouraging students to develop their scientific thinking, research, and questioning skills and to acquire the skills of designing, producing, and imagining like engineers.

This research study has some limitations. The data were obtained from eight students attending a private primary school, using action plans and activities developed by the researchers. Data were collected in a total of 26 weeks and during 56 course hours. Thus, limitations should be considered in evaluating and generalizing the results obtained from the research. Supporting this judgment, the action research model employed in this research study focuses on improving and developing a problem situation in a context with its characteristics instead of producing "great truths." On the other hand, the results obtained from the research were collected from a socioeconomically advantageous group. As can be seen in the demographic characteristics of participants, the students' families were from middle and upper income families, and most of their families had postgraduate education. The possible effects of the environmental and cultural conditions of the participants on the learning and teaching process should be considered in interpreting the results.

Recommendations

In this research study, some recommendations are provided for practitioners and researchers. For practitioners, researchers of this

study recommended that the engineering-oriented integrated STEM education framework and activity examples presented in this research be used in primary school science education. In this context, we recommend teachers to (a) guide students in identifying problem situations instead of giving problems directly, (b) encourage students to use scientific and engineering-based thinking processes for the solution of the identified problem situations, (c) enable students to choose solution-oriented materials and draw the products they aim to develop, and (d) support students to make prototype drawings. For future research studies, it can be recommended that researchers conduct practical studies on how to perform integrated STEM education practices at different grade levels. Finally, researchers can conduct experimental studies to test the engineering-oriented integrated STEM education presented in this research.

Ethics Committee Approval: *This research was conducted by Kütahya Dumlupınar University, Ethics Committee, dated 11/10/2018, 2018/06. It was carried out with permission obtained from the numbered decision.*

Conflict of Interest: *The authors declare that there is no conflict of interest.*

Author Contribution: *All authors contributed equally to the research process.*

References

- Acar, D. (2018). *FeTeMM eğitiminin ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin akademik başarı, eleştirel düşünme ve problem çözme becerisi üzerine etkisi* [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S., (2015a). STEM eğitimi Türkiye raporu: "Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi?". İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi.
- Akgündüz, D., Ertepinar, H., Ger, A. M., & Türk, Z. (2018). STEM eğitiminin öğretim programına entegrasyonu: Çalıştay raporu. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Aydeniz, M., & Bilican, K. (2018). STEM eğitiminde global gelişmeler ve Türkiye için çıkarımlar. S. Çepni (Ed.). Kuramdan Uygulamaya STEM+A+E Eğitimi. (69-90) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Barnett, M. Connolly, K. G., Jarvin, L., Marulcu, I., Rogers, C., Wendell, K. B., & Wright, C. G. (2008). Science through LEGO engineering design a people mover: simple machines. http://www.legoengineering.com/wp-content/uploads/2013/05/LEcom_Compiled_Packet_Machines_LowRes.pdf adresinden erişildi.

- Bircan, M. A. (2019). *STEM eğitimi etkinliklerinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarına, 21. yüzyıl becerilerine ve matematik başarılarına etkisi* [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Bozan, M. A., & Anagün, S. Ş. (2019). Sınıf öğretmenlerinin STEM odaklı mesleki gelişim süreçleri: Bir eylem araştırması. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 9(1), 279-313.
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Psikolojide tematik analizin kullanımı. (S. N. Şad , N. Özer ve A. Atli, Çev.). *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 873-898. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.17m>
- Brunsell, E. (2012) The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) In Integrating engineering + science in your classroom (3-5). Arlington, Virginia: National Science Teacher Association [NSTA] Press.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2016). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton & T. J. Moore (Eds.). *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp. 23-37). New York: Routledge.
- Büyüköztürk, Ş. (2016). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Atıf İndeksi, 001-214.
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö., & Köklü, N. (2012). *Sosyal bilimler için istatistik*. Ankara: Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2017). Identifying and verifying earthquake engineering concepts to create a knowledge base in STEM education: A modified Delphi study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 40-52. <https://doi.org/10.18404/ijemst.60674>
- Christensen, R., & Knezek, G. (2017). Relationship of middle school student STEM interest to career intent. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 3(1), 1- 13.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). New York: Routledge/Taylor ve Francis Group.
- Coşkun, V., & Özkaya, A. (2020). Öğretmen eğitiminde mühendislik odaklı disiplinlerarası işbirliğine dayalı STEM uygulaması ve ders izlencesi. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 327-361. <https://doi.org/10.47479/ihead.823328>
- Creswell, J. W. (2017). *Eğitim araştırmaları: Nicel ve nitel araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi* (H. Ekşi, Çev. Ed.). İstanbul: EDAM Yayıncılık.

- Daugherty, J. (2012). Infusing Engineering Concepts: Teaching Engineering Design. National Center for Engineering and Technology Education.
- Dickerson, D. L., Eckhoff, A., Stewart, C. O., Chappell, S., & Hathcock, S. (2014). The examination of a pullout STEM program for urban upper elementary students. *Research in Science Education*, 44(3), 483-506. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9387-5>
- Dieker, L., Grillo, K., & Ramlakhan, N. (2012). The use of virtual and simulated teaching and learning environments: Inviting gifted students into science, technology, engineering, and mathematics careers (STEM) through summer partnerships. *Gifted Education International*, 28(1), 96-106. <https://doi.org/10.1177/0261429411427647>
- Doğan, H., Savran Gencer, A., & Bilen, K. (2022). STEM öğrenme modülü geliştirilmesi: Tasarım tabanlı araştırma uygulaması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* (61), 390-424.
- Dugger, W. E. (2010, December). Evolution of STEM in the United States. The 6th Biennial International Conference on Technology Education Research Bildiriler Kitabı. Gold Coast, Queensland, Australia.
- Engineering is Elementary (2013). The engineering design process. United States of America: Museum of Science. <http://www.eie.org> adresinden erişildi.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2018). Learning while designing in a fourth grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 1011-1032. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9482-z>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14). doi: 10.1186/s40594-015-0027-7
- English, L. D., & Mousoulides, N. (2015). Bridging STEM in a real-world problem. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(9), 532-539. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.20.9.0532>
- English, L. D., Hudson, P., & Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education*, 3(2), article 5. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1081>
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>
- Ercan, S., & Şahin, F. (2021). Mühendisliğin Fen Eğitimine Entegrasyonu: Mü(Fen)dislik. *International Symposium On Changes And New Trends In Education*, 391-396.

- Erkuş, A. (2013). *Davranış bilimleri için bilimsel araştırma süreci*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 107-129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>
- Gencer, A. S., Doğan, H., Bilen, K., & Can, B. (2019). Bütünleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 38-55.
- Girgin, Ş. (2018). *Ethnographic case study of early STEM education: investigating students' authentic learning experiences* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Guzey, S. S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207-222. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9673-x>
- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550-560. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9612-x>
- Gürgür, H. (2017). Eylem araştırması. A. Saban ve A. Ersoy (Ed.), *Eğitimde nitel araştırma desenleri* (31-78) içinde. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Hacioğlu, Y., & Başpınar, A. (2020). Bir Sınıf Öğretmeni ve Öğrencilerinin İlk STEM Eğitimi Deneyimleri. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(22), 1-23. <https://doi.org/10.38155/ksbd.690919>
- Johnson, A. P. (2015). *Eylem araştırması el kitabı* (Y. Uzuner ve M. Özten Anay, Çev.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303-327. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9441-8>
- Karahan, E. (2017). STEM eğitimi. Ö. Taşkın (Ed.), *Fen eğitiminde güncel konular* (318-333) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Karahan, E. (2018). STEM eğitim merkezleri. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya STEM+A+E eğitimi* (93-113) içinde. Ankara: Pegem Akademi.
- Karahan, E., Akçay, A., & Tiftikçi, C. (2019). Elementary School Students Designing Engineering-Based Rube Goldberg Machine Projects: A Case Study. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 10(4), 386-408. DOI: 10.17569/tojq.598606
- Karakaya, F., Yantırı, H., Yılmaz, G., & Yılmaz M. (2019). İlkokul öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkında görüşlerinin belirlenmesi: 4. sınıf örneği. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(13), 1-14. <https://doi.org/10.46778/goputeb.592351>

- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11. DOI 10.1186/s40594-016-0046-z
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The action research planner: Doing critical participatory action research. Springer Science ve Business Media.
- Kereci, N., & Çınar, S. (2020). Mühendislik Tasarıma Dayalı Hayat Bilgisi Öğretimi: Örnek Bir Etkinlik. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 3(3), 219-235.
- Kier, M. W., Blanchard, M. R., Osborne, J. W., & Albert, J. L. (2014). The development of the STEM career interest survey (STEM-CIS). *Research in Science Education*, 44(3), 461-481. DOI 10.1007/s11165-013-9389-3
- Konca Şentürk, F. (2017). *FeTeMM etkinliklerinin fen bilimleri dersindeki kavramsal anlama ve bilimsel yaratıcılıkları üzerindeki etkileri ve öğrenci görüşleri* [Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Koyunlu Ünlü, Z., Dökme, İ., & Ünlü, V. (2016). Adaptation of the science, technology, engineering, and mathematics career interest survey (STEM-CIS) into Turkish. *Eurasian Journal of Educational Research*, 63, 21-36, <http://dx.doi.org/10.14689/ejer.2016.63.2>
- McFadden, J., & Roehrig, G. (2018). Engineering design in the elementary science classroom: supporting student discourse during an engineering design challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 231-262. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9444-5>
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2016). STEM eğitim raporu. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK).
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*, Ankara: MEB Yayınları.
- Mills, G. (2011). E. Action research. A guide for the teacher researcher. (Second ed.). New Jersey: Person Education, Inc.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014a). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1), 2. doi:10.7771/2157-9288.1069
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. İçinde S. Purzer, J. Strobel & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). West Lafayette, Indiana: Purdue University Press.
- Morrison, J. S. (2006). Attributes of STEM education: The students, the academy, the classroom. TIES STEM Education Monograph Series. Baltimore: Teaching Institute for Excellence in STEM.

- National Academy of Engineering and National Research Council. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/12635
- National Research Council. (2011). Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. Washington: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington: The National Academies Press.
- Okulu, H. Z., & Oğuz Ünver, A. (2021). Mühendisliğin STEM eğitime entegrasyonunda kuramsal bir inceleme. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 545-558. DOI: 10.21666/muefd.841152
- Özkul, H., & Özden, M. (2020). Mühendislik odaklı bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine ve STEM meslek ilgilerine etkisinin incelenmesi: Bir karma yöntem Araştırması. *Eğitim ve Bilim*. 45(204), 41-63. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2020.8870>
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri* (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.
- Pekmez, E., Yılmaz, H., Alaçam Akşit, A. C., & Güler, F. (2018). İlköğretim öğrencilerinin fen-teknoloji-tasarım süreci ile ilgili becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir eğitim modülü uygulaması. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(1), 135-160. DOI: 10.12984/egeefd.343374
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Strong, M. G. (2013). *Developing elementary math and science process skills through engineering design instruction* [Doctoral Dissertation, Hofstra University].
- Şen, C. (2018). *Mühendislik tasarımı odaklı bütünleşik STEM etkinliklerinde üstün zekâlı ve yetenekli öğrencilerin kullandığı beceriler* [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Topbaş, S. (2023). *STEM eğitiminin ilköğretim öğrencilerinin temel becerilerine, problem çözmeye yönelik yansıtıcı düşünme becerilerine ve STEM kariyer ilgilerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- Türkkan, B. (2008). *İlköğretim görsel sanatlar dersi bağlamında görsel kültür çalışmaları: Bir eylem araştırması* [Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- Watt, E., & Andrews, G. (2018). How can we store water during a drought? A sustainability engineering design problem for fourth graders. *Science and Children*, 56(1), 68-73.
- Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children. Unpublished Qualifying Paper, Tufts University.
- Worker, S., & Mahacek, R. (2013). 4-H out-of-school STEM education. *Children's Technology and Engineering*, 18(2), 16-20.
- Yavuz, Ü. (2019). *İlkokul fen bilimleri dersinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) etkinlikleri ile işlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, H., Yiğit Koyunkaya, M., Güler, F., & Güzey, S. (2017). Fen, teknoloji, mühendislik, matematik (STEM) eğitimi tutum ölçeğinin Türkçe'ye uyarlanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(5), 1787-1800.