



The Effect of Earthquake-Themed Engineering Design-Based STEM Activities on Academic Achievement, Motivation, Attitude towards STEM and 21st Century Skills*

Canan Laçın Şimşek^a, Mustafa Talha Soysal^b

^a Sakarya University, Education Faculty, Hendek-Sakarya

^b MEB Akmeşe Secondary School, Kocaeli

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the effect of STEM activities carried out with the engineering design process on students' understanding of earthquake, their motivation towards learning science, their attitudes towards STEM and 21st century skills. In the research, explanatory sequential mixed methods research design was used. The process was carried out with a pretest-posttest single-group experimental design and case study. Quantitative data were collected through relevant measurement tools and qualitative data were collected through semi-structured interviews. The study group consists of 36 8th grade students studying in a state secondary school in Sakarya, located in the first degree earthquake zone. STEM activities consisting of 7 modules, created in line with the engineering design process were applied for 7 weeks. At the end of the research, it was determined that the activities carried out had positive effects on students' academic achievement, motivation towards science learning, attitudes towards STEM and 21st century skills. It has been seen that the limitations and criteria in the activities have an important place in the development of students' 21st century skills.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 16.09.2022

Received in revised form: 10.12.2022

Accepted: 13.12.2022

Available online: 31.12.2022

Article Type: Research Article

Keywords: Earthquake, Science motivation, STEM education, STEM attitude, 21st century skills

© 2022 JMSE. All rights reserved

1. Purpose of the research

In the current century, rapid developments in science and technology have increased the need for individuals who are aware of STEM disciplines. Many countries have integrated STEM education into their curriculum, giving importance to interdisciplinary integration. STEM education aims to bring together different disciplines (science, mathematics, engineering and technology) for students to associate their knowledge with daily life, to realize meaningful learning and to develop 21st century skills. It is very important for students to offer solutions to these problems by presenting interdisciplinary problems related to daily life in STEM education. Therefore, in this study, it was aimed that the students would be faced with a problem that they would encounter in their daily lives by conducting STEM activities related to the earthquake, since the place they live in is in the first degree earthquake zone. Accordingly, STEM activities according to the engineering design process (Wendel, Connolly, Wright, Jarvin, Rogers, Barnett & Marulcu, 2010) were applied.

The aim of the study

The aim of this research is to determine the effects of STEM activities prepared with the engineering design process on the subject of earthquakes on students' academic achievement, motivation towards science learning, attitudes towards STEM and 21st century skills.

*This study was produced from the second author's master's thesis named "Thematic STEM Education in The 8th Grade Science Lesson: An Earthquake Example

¹ Corresponding author's address: Sakarya University, Education Faculty, 54300 Hendek-Sakarya.

e-mail: csimsek@sakarya.edu.tr

Sub Problems

How is the effect of engineering design-based STEM activities related to the earthquake subject on

1. academic achievements,
2. their motivation towards science,
3. their attitudes towards STEM?
4. Which 21st century skills did the engineering design-based STEM activities related to the earthquake contribute to the students?

2. Method

In this study, quantitative and qualitative methods were used together. This study, which has a explanatory sequential mixed methods research design (Creswell & Clark, 2017), included a single-group pretest-posttest design in the quantitative part, and a case study in the qualitative part. In the experimental part, the variables of academic achievement, motivation towards science and attitude towards STEM were collected through scales, and quantitative findings were detailed through semi-structured interviews in the qualitative part. The study group of this research consists of 8th grade students studying in a public school in Adapazarı District of Sakarya Province in 2017-2018. The study group consists of 36 (19 female, 17 male) students. The chosen school is a public secondary school with a medium level of achievement, where children from low socioeconomic families are educated. In accordance with the mixed design, data were collected both quantitatively and qualitatively in order to find answers to the sub-problems. The academic achievement test on the subject of earthquake prepared by the researchers in the study, the "Motivation Scale for Science Education" developed by Tuan, Chin and Shieh (2005) and adapted into Turkish by Yılmaz and Huyugüzel Çavaş (2007), "STEM Attitude Scale" developed by Faber et al. (2013) and adapted into Turkish by Yıldırım and Selvi (2015) was used. After the application, semi-structured interviews were conducted with the volunteer students regarding the process. SPSS 20 statistical package program was used for the analysis of quantitative data in the research, and the collected data were evaluated with the t-test. For the analysis of the qualitative data, the audio recordings of the interviews were transcribed without any correction. The data were analyzed by content analysis. The answers to the questions in the semi-structured interviews were examined within the framework of their understanding of the subject, their interest and motivation towards science, contributions to 21st century skills, and their views on activities.

3. Findings

In line with the engineering design process, students researched the earthquake, got information about earthquake, designed an earthquake resistant house in line with the given limitations and criteria, used both their mathematical knowledge and technological applications in the design process. It was concluded that the students understood the earthquake phenomenon better. It has been observed that attitudes towards STEM, motivation towards learning science have increased, and 21st century skills have improved. It has been observed that the activities have positive contributions to communication, teamwork, learning to learn, career awareness, problem solving and life skills.

4. Conclusion and Discussion

It has been determined that engineering-based STEM activities increased academic achievement in earthquake, motivation towards science learning, and attitude towards STEM. It's seen that the criteria and limitations presented in the case of a problem are extremely important in gaining 21st century skills. When students encounter problems that they need to overcome, they need each other's ideas, listen to each other and develop the habit of working together. Therefore, it is important to present problems defined by criteria and limitations, rather than problems that students can easily overcome, and to require the use of high-level thinking skills. For this reason, while designing STEM activities, it is recommended to create problem situations in which students can use the knowledge they have acquired and associate them with daily life, and shape them with criteria and limitations that require high-level thinking.

Deprem Temalı Mühendislik Tasarım Temelli STEM Etkinliklerinin Akademik Başarı, Motivasyon, STEM'e Yönelik Tutum ve 21. Yüzyıl Becerilerine Etkisi

Canan Laçın Şimşek^a, Mustafa Talha Soysal^b

^a Sakarya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Hendek-Sakarya

^b MEB, Akmeşe Ortaokulu, Kocaeli

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin deprem konusunu anlamalarına, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına, STEM'e yönelik tutumlarına ve 21. yy. becerilerine etkisini incelemektir. Açıklayıcı sıralı desene göre düzenlenmiş olan bir karma yöntem araştırması olan çalışma, öntest-sontest tek gruplu deneysel desen ve durum çalışması ile yürütülmüştür. Nicel veriler ilgili ölçme araçlarıyla nitel veriler ise yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Çalışma grubu birinci derece deprem bölgesinde bulunan Sakarya ilindeki bir devlet ortaokulunda 8. sınıfta öğrenim gören 36 öğrenciden oluşmaktadır. Mühendislik tasarım süreci doğrultusunda oluşturulan ve 7 modülden oluşan STEM etkinlikleri 7 hafta süresince uygulanmıştır. Araştırma sonunda, yapılan etkinliklerin öğrencilerin akademik başarıları, fen öğrenimine yönelik motivasyonları, STEM'e yönelik tutumları ve 21. yy becerilerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Etkinliklerde yer alan sınırlılık ve kriterlerin öğrencilerin 21. yy. becerilerinin gelişiminde önemli bir yere sahip olduğu belirlenmiştir.

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihi:

Alındı: 16.09.2022

Düzeltilmiş hali alındı: 10.12.2022

Kabul edildi: 13.10.2022

Çevrimiçi yayımlandı: 31.12.2022

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: Deprem, Fen öğrenme yönelik motivasyon, STEM eğitimi, STEM'e yönelik tutum, 21. yy becerileri

© 2022 JMSE. Tüm hakları saklıdır

1. Giriş

İçinde bulunduğumuz yüzyılda bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler STEM disiplinlerinin farkında olan bireylere ihtiyacı arttırmıştır. Birçok ülke disiplinler arası entegrasyona önem vererek (National Academy of Engineering [NAE], 2009; National Research Council [NRC], 2009; NRC, 2012) STEM eğitimi öğretim programlarına entegre etmiştir (Doppelt, Mehalik, Schunn, Silk ve Krysinski, 2008; Ercan ve Şahin, 2015; Olivarez, 2014; Riechert ve Post, 2010; Smith ve Karr-Kidwell, 2000). STEM eğitimiyle farklı disiplinleri (bilim, matematik, mühendislik ve teknoloji) bir araya getirerek öğrencilerin sahip oldukları bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirmeleri, anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmeleri ve 21. yüzyıl becerilerinin gelişmesi hedeflenmektedir (Beswick ve Fraser, 2019; Bybee, 2010; Morrison, 2006; NAE, 2014; National Academy of Engineering and National Research Council, 2014).

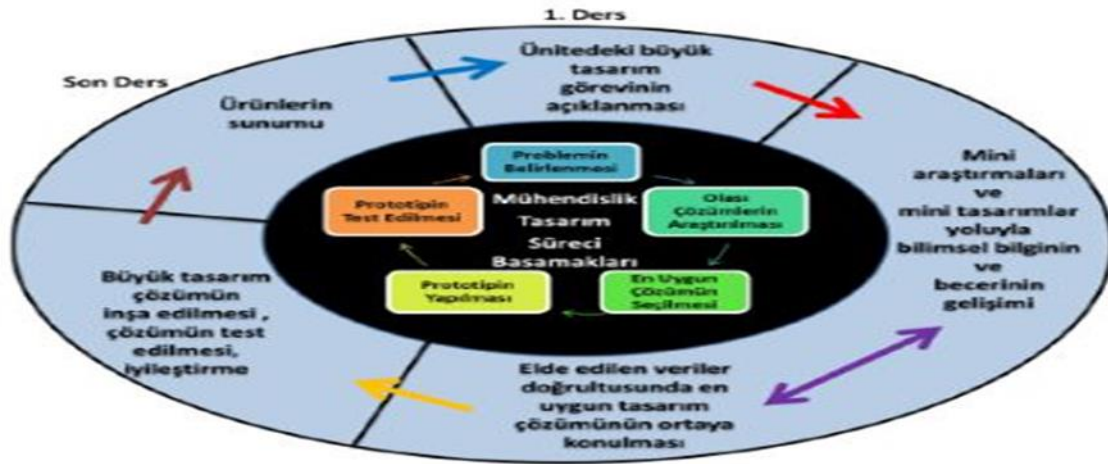
STEM eğitiminde günlük hayat ile ilişkili disiplinler arası problemler sunularak öğrencilerin bu problemlere çözüm önerileri geliştirmeleri (Breiner, Harkness, Johnson ve Koehler, 2012; Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014; Morrison, 2006; Sanders, 2009) oldukça önemlidir. Bu durum hem bireyin problem çözümünde merak ve motivasyonunu arttıracak hem de süreç boyunca edindiği bilgiler ona daha anlamlı gelecektir. Bu süreçte, fikir üretmeleri, fikirlerini paylaşmaları, çözüm yolları aramaları, birbirlerini dinleyip farklı bakış açıları kazanmaları, çalışmayı birlikte yürütmeleri gerekmektedir. Bunun için seçilen konu, bağlam ve problem iyi tasarlanmalı, süreç iyi yönetilmelidir (Clough ve Olson, 2016). Süreçte, bir kapsam ve sıra, hedefler, faaliyetler ve değerlendirmeler olmalı ve bunlar hem disiplin alanına özgü hem de disiplinler arası kesişen kavramları, uygulamaları ve temel disiplin fikirlerini içermelidir (Furner ve Kumar, 2007; Vallera ve Bodzin, 2020). Bunun için ise takım çalışması ve mühendislik tasarım modelini birleştirerek, uygun teknolojiyi kullanarak, matematik ve bilimin kavram ve prosedürlerinden yararlanarak problemleri çözmek gereklidir (Shaughnessy, 2013).

Literatürdeki STEM çalışmalarında, STEM etkinliği planlamak için kullanılacak disiplinlerin sayısı ve entegrasyonlarının niteliği (birarada kullanılan disiplin sayısı, nasıl kullanıldığı, ilişkilendirildiği ve

kapsamı) ile ilgili olarak farklı uygulamaların olduğu görülmektedir (Drake ve Burns, 2004; English ve King, 2019; Fogarty, 1991; Lederman ve Niess, 1997; Petrie, 1992; Roehrig, Moore, Wang ve Park, 2012; Smith, 2006). Bu uygulamaların bazılarında disiplin sayısı ve entegrasyonu farklılaşırken bir kısmında da uygulama süreci farklılaşmaktadır. Bunlardan biri mühendislik tasarım temelli uygulamalardır.

Mühendislik tasarım temelli uygulamalarda, mühendislerin bir problemi ele alıp çözme süreci esas alınmaktadır. Burada STEM uygulaması, problemi çözmek için mühendislik uygulamaları ve içerik bilgisinin bir kombinasyonu (Park, Park ve Bates, 2018) ile fen ve matematik prensiplerinin kullanımını gerekli kılmaktadır (Cantrell, Pekcan, Itanı ve Velasquez-Bryant, 2006; Householder ve Hailey, 2012;). Bu uygulamada, öğrencilerin çalışmalarını yaparken mühendislerin nasıl çalıştığını anlamaları ve bizzat deneyimlemeleri beklenmektedir.

Mühendislik tasarım temelli uygulamalar ile ilgili yaş gruplarına ve adımlarına bağlı olarak farklı uygulamalar bulunmaktadır (Örneğin; Hynes ve diğ. 2011; Mentzer, 2011; Wendel, Connolly, Wright, Jarvin, Rogers, Barnett ve Marulcu, 2010). Bu çalışmada, Wendel ve diğ.'nin (2010) belirledikleri adımlar takip edilmiştir:



Şekil 1. Mühendislik tasarım süreci ekseninde yapılandırılan fen eğitimi (Wendell vd. 2010; Ercan & Şahin, 2015).

Problemin Belirlenmesi: Mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı bir problem durumu belirlemektir. Belirlenen problem, öğrencilerin sonraki çalışmalarını şekillendireceğinden oldukça önemlidir. Öğrencilerin, disiplinlerin sınırlarını aşmayı gerektiren gerçekçi problemlerle uğraşmalarını sağlayan durumlar aracılığıyla öğrenmelerini sağlamak STEM entegrasyonunun kalbidir (Moore ve diğ. 2014). Problemler, gerçek hayatla bağlantılı olmalı (Nargund-Joshi ve Liu, 2013; Wang, 2013) öğrencilerin yaşam deneyimleri ile sınıfta öğrendiklerini ilişkilendirmelerini sağlamalı (Kolodner ve Camp, Crismond, Fasse, Holbrook, Puntambekar ve Ryan, 2003), disiplinler arası olmalıdır. Verilen problemde bir takım kriterler sunularak öğrencilerin düşünme becerileri geliştirilmelidir (Morgan, Moon ve Barroso, 2013).

Olası Çözümlerin Araştırılması: Problem durumu belirlendikten sonra, mühendislik tasarım sürecinde olası çözümlerle ilgili fikirler yürütülür ve daha önceden var olan çözümler incelenir. Amaç, en iyi sonuca ulaşmak için, var olan çözümleri değerlendirip karşılaştırmak ve olası çözümlerle ilgili kararlar almaktır.

En Uygun Çözümün Seçilmesi: Bir mühendis, çalışmalarında olası çözüm yolları içinden en uygununu bulmayı amaçlar. Bunun için verimlilik, kullanılabilirlik, maliyet, dayanıklılık gibi kriterler doğrultusunda çözüm önerilerini değerlendirmeli ve karar vermelidir. Öğrencilerden beklenen; problemde sunulmuş kriterler doğrultusunda, en iyi çözüme ulaşması; bunun içinde verimlilik, ekonomiklik, dayanıklılık,

kullanışlılık, zaman gibi birçok kriteri göz önünde bulundurmasıdır. Bu değerlendirme süreci, öğrencilerin karar verme becerilerinin gelişmesi için oldukça önemli ve gereklidir. Karar verme becerilerinin gelişmesi için öğrencilere basit bir problem durumu sunmak yerine, belirli kriterleri ve sınırlılıkları (Morgan et al., 2013) olan problemler sunmak her zaman daha etkili olacaktır.

Prototipin Yapılması: Mühendisler olası çözüme karar verdikten sonra, bu çözümün ne kadar işe yarar olduğunu görmek için çözümleri doğrultusunda bir prototip hazırlarlar. Çünkü teorik bilgiler doğrultusunda aldığımız kararlar ya da kağıt üstündeki çözümlerimiz kimi zaman gerçek hayatta beklenen sonuçları vermeyebilir. Bu yüzden, çözüm yolları denenmeli ve söz konusu çözüm yollarının işe yarayıp yaramadığı kontrol edilmelidir. Öğrencilerden de çözüm önerileri doğrultusunda ürünlerini hazırlayıp test etmeleri beklenir. Bu süreçte, öğrencilerin oluşturdukları çözümün probleme ne kadar cevap verdiğini, kriter ya da sınırlamalara ne kadar uyduğunu kontrol etmeleri gereklidir.

Prototipin Test Edilmesi: Prototip hazırlandıktan sonra test edilerek, beklenen sonuçları verip vermediği gözlemlenmelidir. Test sonuçlarına göre, çözüm önerisi gözden geçirilerek kontrol edilmeli, gerekli ise yeniden düzenlenmelidir. Ürünün, kriterler ve sınırlılıkları ne kadar karşıladığı gözden geçirilmelidir. Yapılan düzenlemeler varsa ürün tekrar test edilerek, istenen sonucu verip vermediği kontrol edilmelidir.

Sunum: Sonuca ulaşmak kadar, ulaşılan sonucun başkaları ile paylaşılması ve bu paylaşımın etkili bir şekilde yapılması da önemlidir. Mühendislik problemleri en az dört iletişim tarzında deneyim gerektirmektedir: kişilerarası, sözlü, görsel ve yazılı (Morgan ve diğ., 2013). Yapılan çalışmanın rapor haline getirilmesi ve en etkili şekilde sözlü olarak sunulması, bu sunumlarda teknolojiden yararlanılması iletişim becerilerini geliştirmek açısından etkili olacaktır. Bu yüzden, elde edilen sonuç/ürün en iyi şekilde sunulmalıdır.

STEM çalışmalarında, problemlerin nasıl kurgulandığı ve uygulandığı oldukça önemlidir. Bu projeler öğrencilerin tasarımlarında bilimsel bilgi kullanımını pekiştirmiyorsa, sanat ve zanaat projelerine dönüşürler (Guzey, Harwell ve Moore, 2014). Oysaki, mühendislik projeye sistematik çalışmayı kazandıracak şekilde entegre edilmeli ve dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır. Fen dersinde etkili mühendislik entegrasyonu, mühendislik eğitimi ve fen bilgisi öğretimi verimli bir şekilde etkileşime girdiğinde ve öğrencilerin bilim ve mühendislik hakkında bilme, yazma, uygulama ve konuşma yollarını öğrenmelerini desteklediğinde gerçekleşir (Guzey, Ring-Whalen, Harwell ve Peralta, 2019). Bu nedenle, fen dersinde mühendisliğin ne zaman ve nasıl öğretileceğini dikkatlice planlamak önemlidir. Öğrenciler ancak, bu şekilde hem mühendislerin nasıl çalıştığını fark edebilecekler hem de fen kavramlarını anlayacaklardır. Dolayısıyla, iyi tasarlanmış, bilim ile mühendisliği iyi entegre etmiş uygulamalar oldukça önemli ve gereklidir (Crismond ve Adams, 2012; Kolodner et al., 2003; NRC, 2009; NRC, 2012).

STEM eğitimine mühendislik disiplini entegrasyonunun nedenleri arasında STEM uygulamalarının akademik başarıyı arttırması (Becker ve Park, 2011; Fortus ve diğerleri, 2004; Olivarez, 2014; Yıldırım ve Altun, 2015), bilimsel kavramların öğrenilmesini sağlaması (Holbrook ve Kolodner, 2004; Ricks, 2006), bireylerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarını arttırması (Sadler, Coyle ve Schwartz, 2000), problem çözme becerilerini geliştirmesi (NRC, 2012; Petroski, 1996), fen, teknoloji ve matematik alanlarını içermesi ve geliştirmesi (NAE, 2009), bilimsel düşünme becerilerini geliştirmesi (Dym, Agogino, Eris, Frey ve Leifer, 2005), STEM'e yönelik tutumu arttırması yer almaktadır. Yapılan birçok çalışmada da bunları destekler bulgulara ulaşılmıştır (Becker ve Park, 2011; Ceylan, 2014; Dewaters ve Powers, 2006; Ercan, 2014; Fortus, Dersheimer, Krajcik, Marx ve Mamlök-Naaman, 2004; Gülen, 2016; Irkçatal, 2016; Öner ve Capraro, 2016;). Mühendislik tasarım süreci ile ilgili örneğin; English ve diğerleri (2013) mancınık tasarımı, English ve Mousoulides (2015) köprü inşaatı, Purzer, Goldstein, Adams, Xie ve Nourian (2015) enerji verimli güneş binaları tasarımı, English, King ve Smeed (2017) depreme dayanıklı bina inşaatı, Barrett, Moran ve Woods (2014) meteoroloji uygulaması yapmışlardır. Bu uygulamaların hepsinde öğrencilerin bir mühendis gibi çalışmaları ve fen bilimlerinden yararlanarak problemi çözmeleri istenmiştir. STEM eğitimi içerisinde mühendislik tasarım süreci uygulanarak

yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarda bu uygulamaların bilimsel kavramların inşasını, üst düzey düşünmeyi sağladığı, bilimsel süreç becerilerini, karmaşık problemleri çözme becerisini, yaratıcılık, problem çözme, eleştirel düşünme, karar verme becerilerini geliştirdiği, gerçek yaşam problemleri üzerinden matematik, bilim ve teknoloji arasında bağlantı kurulmasını sağladığı, meslek bilinci geliştirdiği, keşfetme ve benzersiz çözümler bulma alışkanlığı kazandırdığı, başarılı işbirliği ve ekip çalışması için gerekli becerileri geliştirdiği, mühendislik mesleğinin tanınmasının ve nasıl çalıştıklarının anlaşılmasını sağladığı tespit edilmiştir (örneğin; Apedoe, Reynolds, Ellefson ve Schunn, 2008; Bozkurt, 2014; Doppelt, Mehalik, Schunn, Silk ve Krysinski, 2008; English vd., 2013; Ercan, 2014; Ercan ve Şahin, 2015; Morgan ve diğ., 2013).

STEM uygulamalarında, disiplinler arası entegrasyon hedeflenirken süreç içerisinde 21. yy. becerilerinin kazandırılması da öncelikli hedefler arasında yer almaktadır (Akgündüz, 2018). 21. yy. becerilerinin birçok farklı tanımı ve sınıflandırması bulunmaktadır (NRC, 2012; Kotluk ve Kocakaya, 2015). 21. yy. becerileri, temel becerileri kapsamakla birlikte; “öğrenme ve yenilik becerileri”, “bilgi, medya ve teknoloji becerileri” ve “yaşam ve kariyer becerileri” olarak (Kylonen, 2012; Partnership for 21st Century Learning, 2015; Trilling ve Fadel, 2009; Yalçın, 2018) ya da “bilişsel beceriler”, “kişilerarası beceriler” ve “içsel beceriler” (Binkley, Erstad, Herman, Raizen ve Ripley, 2010; Kylonen, 2012; Soland, Hamilton & Stecher, 2013) olarak sınıflandırılabilirler görülmektedir (P21, 2015). Bu beceriler arasında, yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim kurma, takım çalışması, kariyer bilinci, inovasyon (yenilikçilik), bilgi ve teknoloji okuryazarlığı, özdenetim gibi beceriler yer almaktadır (Beers, 2011; Griffin ve Care, 2014; P21, 2018). Bir STEM uygulaması esnasında, bir problemin en iyi, en verimli, en ekonomik, en sağlam şekilde çözümünü (problem çözme), bu çözümlere ulaşırken eleştirel bir bakış açısıyla, doğru analizler ve akıl yürütmeler ile konunun ele alınması (eleştirel düşünme), var olan çözümlerin incelenmesi ve o çözümlerin ötesinde farklı çözümler (inovasyon) önerebilmek için farklı ve yaratıcı bir düşünme sürecinin yaşanması (yaratıcı düşünme), fikirlerin aktarılıp, farklı fikirlerin uygun şekilde tartışılması (iletişim), elde edilen sonuçlar arasından en uygun olanın seçilmesi (karar verme), bir grup halinde bir araya gelerek ekip çalışmasının yapılması (takım çalışması), bir sorumluluğu birlikte sahiplenme alışkanlığının gelişmesi (birlikte çalışma), araştırma sürecinde çeşitli kaynaklara ulaşılması (basılı ve/veya dijital), bu kaynaklardan ulaşılan bilgileri analiz edilip kullanılması (bilgi ve teknoloji okuryazarlığı), aksilikler karşısında pes etmeden çalışmanın sürdürülmesi (esneklik ve uyum), planlanan zamanda ürünün ortaya çıkarılması (özdenetim) gibi becerilerin kazandırılması hedeflenmektedir. Bu beceriler, öğrencilerin konu alanı içeriğini öğrenirken ve içeriği anlamalarını derinleştirmek için başkalarıyla birlikte çalışırken kullanacakları düşünme süreçleri ve davranışları ile ilgilidir. Bu kazanımların kazandırılabilmesi için iyi kurgulan, iyi planlanmış problemlerin sunulması gereklidir.

STEM uygulamalarında gerçek hayat bağlamında oluşturulmuş problemlerin yer alması da önemlidir (Beers, 2011; Çorlu vd., 2014). Bu araştırmada ele alınan deprem konusu uygulamanın yapıldığı ilin yüksek riskli bölgede bulunması sebebiyle gerçek yaşam bağlamına uygun bulunmuştur. Deprem ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin depremin ne olduğunu kavrayamadıkları, deprem konusunda yeterli bilinç düzeyine sahip olmadıkları görülmüştür (Laçın-Şimşek, 2007; Ross ve Shuell, 1993; Tasai, 2001). Oysaki, önlenemez bir doğal afet olan depremden korunmanın yolu, onu iyi anlamaktır. Fay hatları üzerinde bulunun Sakarya şehri birinci dereceden deprem bölgesidir. Sakarya, son ciddi depremini 1999 yılında 7.9 şiddetinde yaşamıştır. Şu an araştırmanın çalışma grubunu oluşturan öğrencilerin çoğunun ailesi ya da yakınının bu depremi yaşamış olma ihtimali yüksektir. Bu yüzden bu çalışmada, çalışmanın uygulandığı bölgenin deprem kuşağında yer almasından dolayı deprem konusu önemli bir gerçek yaşam bağlamı oluşturmaktadır. Deprem konusu 2013 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında 8. sınıf konuları arasında yer aldığından bu sınıf düzeyi ile uygulamalar yapılmıştır. Bu konu 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda 5. sınıfta Yıkıcı Doğa Olayları konusu altında işlenmektedir. Ortaokul düzeyinde yapılan STEM ve deprem konularıyla ilgili çalışmaların sınırlı olduğu tespitinden dolayı, bu araştırmanın literatüre katkı sağlayacağı, deprem ile ilişkili örnek bir STEM uygulaması sunacağı düşünülmektedir.

1.2. Amaç

Bu araştırmanın amacı, deprem ile ilgili hazırlanmış mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına, STEM'e yönelik tutumlarına ve 21. yy. becerilerine etkisini belirlemektir.

1.3. Alt Problemler

- Deprem konusu ile ilgili mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına etkisi nasıldır?
- Deprem konusu ile ilgili mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin fene yönelik motivasyonlarına etkisi nasıldır?
- Deprem konusu ile ilgili mühendislik tasarım temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına etkisi nasıldır?
- Deprem konusu ile ilgili mühendislik tasarım odaklı STEM etkinliklerinin öğrencilerin hangi 21. yy. becerilerine katkısı olmuştur?

2. Yöntem

Bu çalışma, nicel ve nitel yöntemlerin bir arada kullanıldığı karma yöntem araştırmasıdır. Desen olarak açıklayıcı sıralı desen (Creswell ve Clark, 2018) kullanılmıştır. Bu desene göre ilk olarak nicel veriler toplanmış, daha sonra nitel veriler toplanarak nicel veriler desteklenmiştir. Çalışmanın nicel kısmında tek gruplu öntest-sontest deseni, nitel kısımda ise durum çalışması yer almıştır. Deneysel kısımda, deprem konusuna ilişkin akademik başarı, fene yönelik motivasyon ve STEM'e yönelik tutum değişkenleri ölçekler aracılığıyla toplanmış, nitel kısımda yer alan yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla nicel bulgular detaylandırılmıştır.

2.1. Çalışma Grubu

Uygun örnekleme yöntemiyle seçilmiş olan çalışma grubunu 2017-2018 yılında Sakarya İli Adapazarı İlçesinde bir devlet okulunda, 8. sınıfta öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Çalışma grubunda 36 (19 kız, 17 erkek) öğrenci bulunmaktadır. Seçilen uygulama okulu, sosyoekonomik düzeyi düşük aile çocuklarının eğitim gördüğü ve orta düzeyde başarı seviyesi olan bir devlet ortaokuludur.

2.2. Veri toplama araçları

Karma desene uygun olarak, alt problemlere cevap bulabilmek için veriler hem nicel hem de nitel olarak toplanmıştır. Araştırmada kullanılan veri toplama aşağıda sunulmuştur:

2.2.1. Akademik başarı testi

Araştırma kapsamında yer alan ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin uygulama öncesinde ve sonrasında deprem ile ilgili akademik başarı düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılan ölçek araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Test soruları için önceki yıllarda (2012-2017) MEB tarafından ilköğretim okulları için uygulanan sınavlarda çıkmış olan sorulardan [Seviye Belirleme Sınavı (SBS), Açık öğretim Sınavları, Devlet Parasız Yatılı Sınavı (DPY)] ve MEB onaylı test, ders kitapları ve kazanım testlerinden (2014-2016 yılları arası) yararlanılmıştır. Deprem konusu ile ilgili 66 çoktan seçmeli sorunun yer aldığı bir madde havuzu oluşturulmuştur. Oluşturulan madde havuzunda yer alan soruların uygunluğunun tespiti için üç fen bilimleri eğitimi uzmanının görüşlerine başvurulmuştur. Uzmanların görüşleri doğrultusunda, 25 sorunun aynı kazanımları ve 13 sorunun ise aynı bilişsel alan basamaklarını ölçtüğü belirlendiğinden 38 madde testten çıkarılmıştır. Üç fen eğitimi uzmanının görüşleri doğrultusunda gerekli düzeltmeleri yapılan ve bu doğrultuda 27 sorudan oluşan akademik başarı testinin pilot uygulaması, Sakarya ili Adapazarı İlçesinde düşük gelirli bir devlet ortaokulunda 8. sınıfta öğrenim görmekte olan 80 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. 27 maddenin geçerlik ve güvenilirlik değerleri için madde ayırt edicilik ve güçlük indekslerine bakılmıştır. Pilot uygulama sonucunda çoktan seçmeli sorulardan oluşan ölçeğin ITEMAN programında madde analizi yapılmış her bir maddenin madde güçlük ve ayırt edicilik indekslerine bakılmıştır. Oluşturulan 27 maddelik başarı testinin yapılan güvenilirlik analizi sonucu KR 20 değerinin 0,903 olduğu tespit edilmiştir.

2.2.2. Fen Öğrenimine Yönelik Motivasyon Ölçeği

Çalışmada STEM etkinliklerinin, öğrencilerin fen bilimleri dersi öğrenimine yönelik motivasyon düzeylerini belirlemek amacıyla Fen Öğrenimine Yönelik Motivasyon Ölçeği kullanılmıştır. Tuan, Chin ve Shieh (2005) tarafından geliştirilen ölçeğin Türkçe'ye uyarlaması Yılmaz ve Huyugüzel Çavaş (2007) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından uyarlaması yapılan ölçeğin Cronbach Alfa güvenirlik katsayısı 0.87 olarak bulunmuştur. Ölçek, beşli likert tipinden ve 33 maddeden oluşmaktadır. Bu ölçekte yer alan maddelerin cevap seçenekleri sırasıyla; kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, kararsızım, katılmıyorum ve kesinlikle katılmıyorum şeklindedir. Bu çalışmada, ölçeğin güvenirlik değeri, Cronbach Alfa, 0.81 olarak bulunmuştur.

2.2.3. STEM Tutum Ölçeği

Öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla Faber ve diğ. (2013) tarafından geliştirilen ve Yıldırım ve Selvi (2015) tarafından Türkçe'ye uyarlanan STEM Tutum Ölçeği (STEM Attitude Scale) kullanılmıştır. Türkçe'ye uyarlama çalışmasını yapan araştırmacılar tarafından ölçeğin Cronbach Alfa değeri tüm maddeler için 0,94 olarak bulunmuştur. Ölçek; Matematik, Fen, Mühendislik-Teknoloji ve 21.yüzyıl yetenekleri alt boyutlarından oluşmaktadır. Ölçek 5'li likert tipindedir. Bu çalışmada ölçümlerin güvenirlik değeri, Cronbach Alfa, 0.89 olarak bulunmuştur.

2.2.4. Yarı yapılandırılmış görüşme

Nitel veriler, yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanmıştır. Çalışmaya katılan ve görüşmeyi kabul eden 10 öğrenci ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu öğrenciler, öğretmenin gözlemler doğrultusunda, etkinliklere etkin katılım gösteren ve daha az katılım gösterenler arasından seçilmiştir. Görüşme sorularının hazırlanmasında, öncelikle çalışmanın amacı dikkate alınarak bir soru havuzu oluşturulmuştur. Bu havuz içerisinden, bir taslak form oluşturulmuştur. Bu taslak form fen eğitimi alanında uzman ve eğitim bilimlerinden bir öğretim üyesine sunulmuş, soruların geçerliliği ile ilgili fikirleri alınmıştır. Gelen öneri ve eleştiriler doğrultusunda, sorular yeniden düzenlenerek, görüşmede sorulacak ana sorular belirlenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme sorularında, yapılan etkinliklerin değerlendirilmesi, grup çalışması ile ilgili düşünceler, etkinlikler yapılırken kendileri ile ilgili fark ettikleri herhangi bir şey olup olmadığı, etkinlikleri gerçekleştirirken yaşadıkları olumsuzluklar, etkinlikleri yaparken zorlandıkları yerler, etkinliklerin kendilerine katkıları ve depresyon konusunu anlamaya etkisi ile ilgili sorular sorulmuştur.

Görüşmeler ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Ses kaydı için öğrencilere çalışmanın bilimsel bir çalışma olduğu, verilerin bir araştırmada kullanılacağı ve isimlerinin kullanılmayacağı bilgisi verilerek izin istenmiştir. Görüşmeler ortalama 20 dakika sürmüştür.

2.3. Verilerin Analizi

Araştırmada nicel verilerin analizi için SPSS 20 istatistik paket programı kullanılmıştır. Öncelikle Shapiro-Wilk testi ile normallik analizi yapılmış ve dağılımın normal olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sorularına cevaplar bulmak için ölçeklerden elde edilen ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı sorgulanmıştır.

Nitel verilerin analizi için, yapılan görüşmelerin ses kayıtları, hiçbir düzeltmeye gidilmeden yazıya dökülmüştür. Veriler içerik analizi ile analiz edilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerde yer alan sorulara verilen cevaplar, konuyu anlamaları, fene yönelik ilgi ve motivasyonları, kendilerinde oluşan farklılıklar ve 21. yy becerilerine katkıları ve etkinliklerle ilgili görüşleri çerçevesinde incelenmiştir.

Yazılı dokümanların analizi için, yapılan transkriptler öncelikle araştırmacılar tarafından bağımsız olarak okunmuş, kodlar belirlenmiştir. Bağımsız analiz sürecinden sonra araştırmacılar bir araya gelerek, belirledikleri ifadeleri karşılaştırmışlardır. Hem fikir olunan kodlar aynen alınmıştır. Fikir ayrılığı olan kodlar üzerinde tartışmalar yapılarak fikir birliğine varılmıştır. Görüşmelere ilişkin veriler, karma yöntemin doğasına uygun olarak nicel veriler ile ilişkilendirilerek sunulmuştur.

Kodlara ilişkin örnek ifadeler, tablolar altında sunulmuştur. İfadeler verilirken, öğrenciler yeniden isimlendirilmiştir. Görüşme yapılan öğrenciler aynı sınıf seviyesinde olduğu için isimlendirmeler, görüşme sırası ve cinsiyete göre kodlanarak yapılmıştır. Örneğin, üçüncü görüşülen erkek öğrenci 3E şeklinde isimlendirilmiştir.

2.4. Uygulama Süreci

Yedi hafta süren uygulama süreci, deprem konusuyla ilgili kazanımları kapsayacak şekilde tematik olarak organize edilmiş, STEM eğitimi modülü çerçevesinde yürütülmüştür.

STEM Etkinlik Modülü, 2017-2018 eğitim öğretim yılı Fen Bilimleri dersinde yer alan “Deprem ve Hava Olayları” ünitesi deprem konusu ile ilgili tasarlanmıştır. STEM etkinlik modülü hazırlanırken; Wendell ve diğerleri (2010) tarafından ilköğretim öğrencileri için tasarlanan mühendislik tasarım süreci dikkate alınmıştır. Modüller, ders planları ve çalışma kağıtları ile ilgili detaylı bilgilere Soysal ve Laçın Şimşek (2021) kaynağından ulaşılabilir. Modüllerin içerikleri genel olarak şu şekildedir:

2.4.1. Birinci Modül: Problem durumu nedir?

Bu modülün amacı; öğrencileri çalışacakları probleme durumuna hazırlamaktır. Bunun için öncelikle yaşadıkları çevreyi incelemeleri hedeflenmiştir. Modülde; Merak Ediyorum, Gözlemliyorum, Hipotez kuruyorum ve Gezelim Öğrenelim başlıkları kullanılmıştır.

2.4.1.1. Merak Ediyorum

Bilimin merakla başladığını vurgulanarak, bu başlık altında öğrencilerde merak uyandırmak amacıyla yaşadıkları yeri <http://maps.google.com> adresinden bulmaları ve yaşadıkları yerin deprem riskini araştırmaları istenmiştir.

2.4.1.2. Gözlemliyorum

Öğrencilerden yaşadıkları mahalledeki evlerin fiziksel özelliklerine yönelik gözlemler yapmaları istenmiştir. Grup üyeleri bir araya gelerek gözlemlerindeki ortak özellikleri belirlemiş ve nedenlerini tartışmışlardır.

2.4.1.3. Gözleme Dayalı Hipotezler

Öğrencilerden, gözlemlerinden yola çıkarak, evlerin ortak özellikleri ve deprem arasında ilişki ile ilgili tahminler yapmaları istenmiştir.

2.4.1.4. Gezelim ve Öğrenelim

Deprem konusuna yönelik bilgi toplamak için Adapazarı İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nün ziyaret etmeleri ve uzmanlara hazırladıkları soruları sormaları istenmiştir. Elde ettikleri veriler ışığında tahminlerini gözden geçirmeleri beklenmiştir.

2.4.2. İkinci Modül: Problemi nasıl çözelim?

Öğrencilere “depreme dayanıklı bina tasarımı yapma” proje konusu olarak verilmiştir. Bu doğrultuda öğrencilere aşağıda yer alan görevler sunulmuştur:

“Siz bir inşaat mühendisisiniz. Yaşadığımız bölge deprem bölgesi. Sizden depreme en dayanıklı binayı inşa etmeniz isteniyor. Ekip olarak tasarlayacağınız bina sağlamlık testine tabi tutulacaktır. En iyi tasarımı yapan ekibin projesi hayata geçirilmek üzere bir firma tarafından desteklenecektir. Görevinizde başarılar dileriz.”

Bu kapsamda hazırlanan modülde öğrencilerden; bir önceki modülde elde ettikleri bilgiler ışığında proje amacına uygun kriter ve sınırlamaları belirleyerek çözüm adımlarını ortaya koymaları istenmiştir. Öğrencilerden problem durumuna yönelik ilk tasarımlarını çizimleri ve çözüm önerilerini sunmaları beklenmiştir. Daha fazla çözüm üretmeleri için araştırma yapmaya yönlendirilmişlerdir. Bu kapsamda neleri bildiklerini ve neleri bilmeleri gerektiğini not almaları istenmiştir.

2.4.3. Üçüncü Modül: Çözüm önerilerini deneyelim

Proje konusuna yönelik bilgi ve becerileri desteklemek amacıyla araştırmacı tarafından planlanan üç farklı mini tasarım hazırlanmıştır. Gruplar halinde çalışan öğrencilerden; Levha Hareketleri Simülasyonu, Yerleşim Yeri Modeli ve Dayanıklı Kolonlar tasarımlarını yapmaları ve olası çözümlerini not almaları istenmiştir.

2.4.3.1. Mini Tasarım 1 (Levha Hareketleri Simülasyonu)

Öğrenciler, PHET kapsamında geliştirilen simülasyon dosyasını kullanarak, modül üzerinde doldurmaları gereken boş yerlere elde ettikleri verileri ve bilgileri yazmışlardır. Bu tasarımın amacı öğrencilerin simülasyon üzerinde depremlerin nasıl oluştuğunu ve ne kadarlık alanı etkilediklerini görmelerini sağlamaktır.

2.4.3.2. Mini Tasarım 2 (Yerleşim Yeri Modeli)

Bu tasarım görevinde öğrencilere verilen binaları temsil eden altı adet küp şeker ve binalara zemin olması için A-4 kağıdını kullanmaları istenmiştir. Binalarını yaparken altı adet küp şekerden üç katlı bina tasarımları oluşturmaları amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda A-4 kağıdı üzerine ortak merkezli 3 cm, 6 cm ve 9 cm çaplı daireler çizmeleri bu dairelerin her birine bina tasarımlarını yerleştirerek ortak merkezli noktaya darbe yapıldığında hangi tasarımların öncelikle zarar gördüğünü tespit etmeleri istenmiştir. Böylece öğrenciler bu tasarım ile oluşan depremlerin sonucunda binaların odak noktasından nasıl etkilendiği çıkarımına varmaları amaçlanmıştır.

2.4.3.3. Mini Tasarım 3 (Dayanıklı Kolonlar)

Mini tasarım 3'ün amacı; grupların bina tasarımı yaparken, kolonlar arasındaki bağlantıların ve binanın yapıldığı zeminin önemini kavramalarıdır. Bu tasarım görevinde öğrencilere üç adet özdeş tahta parçası ve iki adet özdeş kürdan ve bir miktar oyun hamuru verilmiştir. Tahta parçalarını bina kolonları ve tabanını temsil edecek şekilde yerleştirdikten sonra kürdanlar ile kolonlar arasında bağlantılar kurmaları istenmiştir. Bu doğrultuda farklı bağlantı şekilleri keşfederek binaların yapımında kolonların ve bağlantı biçimlerinin önemini fark etmeleri amaçlanmıştır.

2.4.4. Dördüncü Modül: En uygun çözüm yolunu deneyelim

Öğrenciler yaptıkları mini tasarımlar aracılığıyla yeni bilgilere sahip olduktan sonra bu modülde en uygun çözümü aramaları istenmiştir. Karar verme sürecinde birinci modüldeki proje konusu olan depreme dayanıklı bina tasarlama görevi hatırlatılmıştır. Tasarımı yaparlarken verilen malzemeler dışında malzeme kullanmamaları, bina tasarımı için alanın %20'lik kısmını kullanmaları, binanın tabanının kare olması ve binanın en az 45 cm yükseklikte olması sınırlamalarını gözden geçirmeleri hatırlatılmış ve öğrencilerden en uygun çözüm için hangi kriterden ödün vermeleri gerektiğini belirlemeleri istenmiştir. Öğrenciler, en iyi çözüm için karar matrisleri hazırlamışlar ve taslak çizimlerini bu kararlara göre yeniden düzenlemişlerdir.

2.4.5. Beşinci Modül: Prototipi test edelim

Gruplar en iyi çözüm yolunu belirledikten sonra prototip yapımı için araştırmacı tarafından verilen malzemeleri kullanmışlardır. Malzemelerden strafor köpük bir adet olarak sınırlandırılmış ve yanlış kesimlerinde yenisinin verilmeyeceği belirtilmiştir. Bu doğrultu da modülde, kesim işlemine geçilmeden önce işlem kağıdı üzerinde ölçülerini dikkatli bir şekilde hesaplamaları istenmiştir. Maliyet hesabı için ise sayıca sınırsız tutulan çöp şişlerin kullanım sayısına göre maliyet artacağı ve pazarlama sürecini düşünerek malzeme kullanımını hesaplamaları istenmiştir. Prototiplerini tamamlayan gruplar, depreme dayanıklılık testi için telefon uygulaması olan Vibration Meter uygulaması kullanılmışlardır. Dayanıklılık testinde yıkılan bina prototipleri için iyileştirme yapılarak tekrardan test aşaması gerçekleştirilmiştir.

2.4.6. Altıncı Modül: Projeyi sunalım

Ürünlerini tasarlayan ve test edildikten sonra gerekli iyileştirmeleri yapan gruplardan, bilimsel gerekçeleri ile tasarımlarını okul ortamındaki eğitimcilerle ve öğrencilere sunmaları istenmiştir. Sunum için Web 2.0 araçlarını kullanarak slayt gösterisi, poster, afiş ve slogan hazırlayarak tasarımların reklamını yapmışlardır. Tasarımların tanıtımı için QR kodlar hazırlamışlardır.

3. Bulgular

Elde edilen bulgular, alt problemlere uygun olarak nicel ve nitel verilerle birlikte sunulmuştur. Bunun için öncelikle, ölçeklerde alınan puanların karşılaştırması yapılarak analizler sunulmuş, daha sonra yapılan görüşmelerden elde edilen veriler alt problemler ile ilişkilendirilmiş, böylece bulgular detaylandırılmıştır.

Tablo 1. Akademik Başarı Testi Öntest ve Sontest Ortalama Puanların t-Testi Sonuçları

Akademik Başarı Testi Ölçeği	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Ön test	36	59,14	6,36	35	2,66	,012
Son test	36	62,56	3,32			

Tablo 1’de görüldüğü gibi, öğrencilerin akademik başarıları ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir [$t(35)=2.66$, $p<.05$]. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde akademik başarı puanlarının ortalaması $\bar{X}=59,14$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=62,56$ ’ya yükselmiştir. Bu bulgu STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarını arttırmada etkili olduğunu göstermektedir.

Öğrencilere yapılan etkinliklerin kendilerine katkıları sorulduğunda, akademik teması altında deprem konusunu daha iyi anlama (4) ve test sorularını daha kolay çözme (2) kodlarına ulaşılmıştır. Örneğin, 4K kodlu öğrenci, “Depremle ilgili soruları daha kolay çözebiliyorum. Bana güven verdi.” demiş ve “Çok güçlü depremler olabiliyor. Yeni bilgiler öğrendim. Yanal hareket ile depremler olduğunu. Ne tür depremler olduğunu levha hareketleri nasıl onları öğrendim. Bina yapımında çapraz kolonlar daha sağlam, kolon genişliği önemli.” diyerek bilgilerinin detaylandırmış, öğrendiği kavramları ve yeni bilgileri belirtmiştir.

1K kodlu öğrenci; “Burada öğrendiğim bilgileri fen dersine kolaylıkla geçirdiğimi sanıyorum ve testleri çözmemde başarılı oldum.”, 2E kodlu öğrenci “Depremi nasıl oluştuğunu ve deprem için hangi önlemleri alabileceğimizi öğrendim.” diyerek yaptıkları etkinliklerin konuyu anlamalarına etkisini ifade etmişlerdir.

Tablo 2. Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği Ön test-Son Ortalama Puanların t-Testi Sonuçları

Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği	N	\bar{X}	S	sd	t	p
FÖYMÖ Ön Test	36	108,69	14,32	35	2,34	0,025
FÖYMÖ Son Test	36	115,47	9,77			

Tablo 2’de görüldüğü gibi, öğrencilerin fen öğrenmeye yönelik motivasyon ölçeği ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir [$t(35)=2.34$, $p<.05$]. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde fen öğrenmeye yönelik motivasyon puanlarının ortalaması $\bar{X}=108,69$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=115,47$ ’e yükselmiştir. Bu bulgu, STEM etkinliklerinin öğrencilerin fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artırdığını göstermektedir.

Öğrencilere uygulamalar sonrasında yapılan etkinliklerin fen dersine yönelik düşünce, ilgi ve motivasyonlarını nasıl etkilediği sorulduğunda elde edilen bulgular Tablo 3’de sunulmuştur:

Tablo 3. STEM etkinliklerin öğrencilerin fen dersi ile ilgili düşünce, ilgi ve motivasyonlarına etkisi ile ilgili cevaplar

Fen Dersi ile ilgili değerlendirme		Sıklık	Kişiler
Tema	Kod		
Tutum	Sevme	2	(3K), (5K)
	Sıkıcı ve zor olduğu fikrinin değişmesi	1	(1E)
	Güven vermesi	1	(4K)
Farkındalık	Eğlenceli ve kolay olduğunu fark etme	3	(1E), (3E), (4E)
	Formül olarak düşünme	1	(2E)
	Sadece ders olduğunu düşünme	1	(5E)
	Mühendislik-Fen ilişkisini fark etme	1	(2E)
	Dersin içeriğini fark etme	1	(5E)

Tablo 3 incelendiğinde, yapılan etkinliklerin öğrencilerin fen dersi ile ilgili düşüncelerine etkisi ile ilgili kodların tutum (4) ve farkındalık (7) olmak üzere iki tema altında toplandığı görülmektedir. Tutum temasında; sevme (2), sıkıcı ve zor olduğu fikrinin değişmesi (1) ve güven vermesi (1); farkındalık temasında, eğlenceli ve kolay olduğunu fark etme (3), formül olarak düşünme (1), sadece ders olduğunu düşünme (1), mühendislik-fen ilişkisini fark etme (1) ve dersin içeriğini fark etme (1) kodları belirlenmiştir.

“Eğlenceli ve kolay olduğunu fark etme” ile “sıkıcı ve zor fikrinin değişmesi” kodlarına yönelik 1E kodlu öğrenci; “*Eskiden fen dersini çok sıkıcı ve zor bir ders olarak görüyordum ama şimdi etkinlikleri yaparak hem eğlenceli olduğunu hem de kolay olduğunu anladım.*” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Öğrenci düşüncesine göre; etkinliklerin, fen dersine yönelik tutumunun olumlu yönde geliştirdiği görülmektedir.

5K kodlu öğrenci ise; “*Olumlu yönde değiştirdi. Fen bilimleri dersine konuyu anlayarak gittiğim için katılma isteğim arttı.*” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Öğrenci ifadesine göre; etkinlikler ile fen dersindeki konuları kavradığı ve bu doğrultuda derse katılma isteğinin arttığını vurgulamıştır.

Sevme ile ilgili olarak 3K kodlu öğrenci; “*Fen bilimlerini sevmiyordum ama tasarım yaptığımız için tasarımla fen bilimlerini sevmeye başladım.*” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Öğrenci düşüncesine göre, etkinliklerde özellikle tasarım sürecinin fen dersine yönelik olumlu tutum oluşturduğu görülmektedir. Bu durum öğrencinin fen dersine bakış açısını değiştirmiştir.

“Formül olarak düşünme” ile “mühendislik-fen ilişkisini fark etme”, kodlarına yönelik 2E kodlu öğrenci; “*Daha önceden fen bilimlerinde sadece formülleri öğrenirken şimdi bir mühendisin fen bilimlerindeki bilgileri kullanarak neler yaptığını öğrendim. Deprem nasıl oluştuğunu ve deprem için hangi önlemleri alabileceğimizi öğrendim.*” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Öğrenci düşüncesi incelendiğinde; etkinliklerdeki konular oluşturulurken, günlük hayatlarında karşılaştıkları gerçek problemlerin ele alınmasının, öğrencinin fen bilimleri dersinde öğrendiklerini gerçek yaşamda kullanmasını sağladığı görülmektedir. Bu doğrultuda öğrenci bilgilerini hayata geçirirken, disiplinlerin birbiri ile ilişkili olduğunun farkına da varmıştır. Böylece öğrencide fen dersine bakış açısı olumlu yönde değişerek, fen dersine karşı olumlu tutum geliştirmiştir.

“Sadece ders olduğunu düşünme” ile “dersin içeriğini fark etme” kodlarına yönelik 5E kodlu öğrenci; “*Ben fen bilimlerini dersten ibaret sanıyordum. Sonra böyle evrenin gerçeklerini açıklayan bir ders olduğunu öğrendim.*” şeklinde düşüncelerini ifade etmiştir. Öğrencinin, etkinlikler ile ders kapsamında

öğrendikleri bilgileri günlük hayatıyla bağdaştırarak, derslere karşı farkındalık kazandığı görülmektedir.

1E kodlu öğrenci; *“Yani eskiden fen dersine katılmak istemiyordum. Çok zor hep ön yargılı davranıyordum. Şimdi ise eğlenceli ve kolay olduğunu anladım ve bundan sonra katılmaya çalışacağım.”*, 4E kodlu öğrenci *“Daha çok katılma isteği oldu tasarımlar yapınca bir şeyler yapabileceğimi fark ettim.”* şeklinde düşüncelerini ifade ederek derse katılım isteklerinin arttığını belirtmişlerdir. Öğrenci ifadelerine göre; etkinlik sürecinde yapılan tasarımların, öğrencide özgüven ve bu doğrultuda derse karşı olumlu tutum oluşturduğu görülmektedir. 5K kodlu öğrenci ise; *“Olumlu yönde değiştirdi. Fen bilimleri dersine konuyu anlayarak gittiğim için katılma isteğim arttı.”* şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Öğrenci ifadesine göre; etkinlikler ile fen dersindeki konuları kavradığı ve bu doğrultuda derse katılma isteğinin arttığını vurgulamıştır. Öğrenci ifadelerinden de görüldüğü gibi; STEM etkinlikleri sürecinde tasarım oluşturmanın, öğrenciler için daha eğlenceli bir ortam sağladığı, dersteki konuları kavramalarını sağladığı, ortaya bir ürün çıkarmanın özgüvenlerini arttırdığı söylenebilir. Bu doğrultuda; STEM etkinliklerinin, öğrencilerde fen dersine yönelik farkındalık ve olumlu tutum oluşturarak fen dersine katılma isteklerini ve fene yönelik motivasyonlarını artırdığı tespit edilmiştir.

Nicel ve nitel bulgular incelendiğinde, elde edilen verilerin birbirlerini desteklediği görülmektedir. İstatistik olarak anlamlı farklılık elde edilmiş olan akademik başarı ve fene yönelik motivasyon değişkenleri, nitel verilerle de desteklenerek, STEM etkinliklerinin öğrenciler üzerindeki olumlu etkileri görülmüştür.

Tablo 4. STEM Tutum Ölçeği Ön test-Son Ortalama Puanların t-Testi Sonuçları

STEM Tutum Ölçeği	N	\bar{X}	S	sd	t	p
STÖ Ön Test	36	123,78	21,65	35	3,29	,002
STÖ Son Test	36	138,83	11,77			

Tablo 4’de görüldüğü gibi, öğrencilerin STEM tutum ölçeği ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir [$t(35)=3.29$, $p<.05$]. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde STEM tutum puanlarının ortalaması $\bar{X}=123,78$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=138,83$ ’e yükselmiştir. Bu bulgu STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM’e yönelik tutumlarını artırdığını göstermektedir.

STEM tutum ölçeği 4 alt boyuttan oluşmaktadır. Bu alt boyutlara ilişkin analizler de yapılmıştır. Analiz sonuçları; matematik tutumları (MatT), fen tutumları (FenT), mühendislik ve teknoloji tutumları (MühveTekT) ile 21. yüzyıl yetenekleri tutumları (21YYT) olarak Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. STEM Tutum Ölçeği Alt boyutlarına İlişkin Öntest-Sontest Ortalama Puanları t-Testi Sonuçları

STEM Tutum Ölçeği Alt Boyutları	Test	N	\bar{X}	S	sd	t	p
MatT	Ön Test	36	23,86	4,26	35	2,06	,047
	Son Test	36	25,67	3,36			
FenT	Ön Test	36	28,61	6,29	35	3,32	,002
	Son Test	36	33,19	3,88			
MühveTekT	Ön Test	36	31,75	7,87	35	2,25	,030
	Son Test	36	35,53	4,38			
21YYT	Ön Test	36	39,56	11,39	35	2,15	,038
	Son Test	36	44,44	5,79			

Tablo 5’de görüldüğü gibi, öğrencilerin STEM tutum ölçeği alt boyutlarından matematik tutumu (MatTÖ) ön test son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir [$t(35)=2,06$, $p<.05$]. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde matematik tutum puanlarının ortalaması $\bar{X}=23,86$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=25,67$ ’ye yükselmiştir. Bu bulgu STEM etkinliklerinin öğrencilerde matematik tutumlarını artırdığını göstermektedir.

Öğrencilerin STEM etkinlikleri çalışmaları sonrasında STEM tutum ölçeği alt boyutlarından mühendislik ve teknoloji tutum ölçeği (MühveTekTÖ) ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür [$t(35)=2,25$, $p<.05$]. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde mühendislik ve teknoloji tutum puanlarının ortalaması $\bar{X}=31,75$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=35,53$ ’e yükselmiştir. Bu bulgu STEM etkinliklerinin öğrencilerde mühendislik ve teknoloji tutumlarını artırdığını göstermektedir.

Öğrencilerin STEM etkinlikleri çalışmaları sonrasında STEM tutum ölçeği alt boyutlarından yirmi birinci yüzyıl becerileri tutum ölçeği (21YYTÖ) ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. $t(35)=2,15$, $p<.05$. Öğrencilerin STEM etkinlikleri öncesinde yirmi birinci yüzyıl becerileri tutum puanlarının ortalaması $\bar{X}=39,56$ iken, etkinlikler sonrasında $\bar{X}=44,44$ ’e yükselmiştir. Bu bulgu STEM etkinliklerinin öğrencilerde yirmi birinci yüzyıl becerileri tutumlarını artırdığını göstermektedir.

Ölçeklerden elde edilen veriler, görüşme verileriyle de desteklenmiş, öğrencilerin STEM disiplinlerine yönelik farkındalıklarının arttığını, dolayısıyla tutumlarının değiştiğini gösteren verilere ulaşılmıştır. 1E kodlu öğrenci; *“İlk bakışta hepsi farklı gibi duruyor. Fakat mühendislikte hepsine ihtiyacımız olduğu için hepsi birbiri ile ilişkili. [Nasıl bir ilişki bu?] mesela ev yaparken matematiğe ihtiyacımız oldu. Hesap yaptık. Bilgileri fenden sağladık. Ev yaparken teknolojiye ihtiyacımız oldu sarsıntıyı görmek için. Mühendislik zaten en önemli faktör, tasarımı yaptık.”* şeklinde düşüncelerini belirtmiştir. Öğrenci düşüncesine göre, başlangıçta disiplinlerin birbiri ile ilişkili olmadığını fakat bu düşüncesinin etkinlikler ile değiştiği görülmektedir. 4E kodlu öğrenci ise; *“Hepsi ayrılmaz hocam. Biri olmasa diğeri olmuyor. Fen olmazsa hiçbir şey olmuyor, bilgilere sahip oluyoruz. Matematik olmadan ölçü alamayız. Tasarımda ölçü aldık matematikle, depremi tanudık fen sayesinde, mühendislik ve teknoloji yardımı ile bina tasarımı yaptık mesela.”* şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Görüldüğü gibi, etkinliklerde bilgi için fen bilimlerinden, tasarım sürecinde hesaplama işlemleri için matematikten, bina tasarımı için ise mühendislik ve teknolojiden faydalandıklarını belirterek tüm disiplinleri birbiri ile bütünleştirmişler ve bir bina inşası yapabildiklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin STEM alanlarını birbirleriyle ilişkilendirdikleri görülmektedir.

Mühendislik ile ilgili düşüncelerinde ise öğrenciler; mühendislerin ne iş yaptıklarını anladıklarını ve etkinlik öncesinde mühendisliğin sadece meslek olduğunu sandıklarını ifade etmişlerdir. 1E kodlu öğrenci *“Mühendisliği eskiden meslek sanıyordum. Şimdi meslek değil de problemleri en iyi şekilde çözüm üretmek için çalışan bireyler olduğunu anladım.”* demiştir. 2K kodlu öğrenci; *“Önceden sadece bir meslek olduğunu bir ev yapan insan olduğunu düşünüyordum. Şimdi ise tasarlayıp insanların ihtiyaçlarına göre düşünüp ona göre çözümler üreten kişiler olduğunu anladım. [Mühendis olmayı düşünüyor musun?] aslında düşünmüyorum ama ilgimi çekti. Bu etkinlik sayesinde mühendisliği anladım.”* şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. 5E kodlu öğrenci; *“Mühendisliği ben sadece evleri yapan sanıyordum. Bir evi inşa ederken araştırıp elde ettiği araştırmaların en iyisini kullanarak yaptığını anlıyorum. [Mühendis olmayı düşünür müsün?] aslında mühendis olmayı istiyordum şimdi daha da arttı.”* şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. İfadelerde görüldüğü gibi; öğrencilerin yaptıkları etkinlikler ile mühendislerin nasıl çalıştıklarını anladıkları ve mühendislik mesleği ile ilgili hatalı düşüncelerini değiştirdikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerden altısı mühendis olmayı istediklerini, üçü kararsız olduğunu, biri ise istemediğini belirtmiştir. STEM etkinliklerinde, mühendislik tasarım süreci ile proje çalışmalarının yapılmasının öğrencilerin mühendislik algılarında etkili olduğu söylenebilir. Meslek seçimini etkileme ile ilgili olarak 1E kodlu öğrenci; *“Eskiden İngilizce öğretmeni olmayı düşünüyordum. Şimdi ise mühendislik aklımın bir kenarına oturdu.”* şeklinde düşüncesini belirtmiştir.

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, 2E kodlu öğrenci “Daha önceden fen bilimlerinde sadece formülleri öğrenirken şimdi bir mühendisin fen bilimlerindeki bilgileri kullanarak neler yaptığını öğrendim.” ifadesi ile mühendislik ile bilim arasındaki fark ettiği ilişkiye değinmiştir. Matematiği kullandığını fark etme ile ilgili olarak 5E kodlu öğrenci; “Matematiği daha pratik kullanabildiğimi öğrendim. Önceleri sayılarla yapıyordum zihnimde ama şimdi günlük hayatımızın her yerinde matematiği görebiliyorum. Mesela bir parçayı bölmek için sayılarla bölmek yerine bir levhayı bölmek matematiği daha pratik kullandırabilirdi. Evin çatısını yaparken Pisagor kullandık bu sayede Pisagor’u daha iyi görebildim.” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir. Öğrenci ifadesine göre; günlük yaşantılarında karşılaştıkları sorunlara yönelik hazırlanan etkinlikler ile derslerde kazandıkları bilgileri, günlük yaşantılarına transfer ettikleri görülmektedir. Bu doğrultuda zihinde oluşturulan soyut konuları somutlaştırarak daha kalıcı öğrenmeler gerçekleşmiştir. Ayrıca, 5K kodlu öğrenci; “Önceden yüzdeler hesabı bilmiyordum. Bu etkinlikte daha iyi kavradım. Grup arkadaşlarım gösterdi daha sonra matematik öğretmenime sordum anlattı. Yani etkinlik sayesinde hem eksiklerimi gördüm hem de tamamladım.” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. Öğrenci ifadesine göre; etkinlikler sırasında disiplinler arası bilgileri kullanmalarının, bu bilgileri daha çok pekiştirmelerini sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte; eksik olan bilgilerini, grup arkadaşları ve alan öğretmenleri ile gidermeleri olumlu bir katkı olarak değerlendirilebilir. Öğrenci görüşleri incelendiğinde; grup arkadaşları ile akran dayanışması içinde problemlere çözüm aradıkları, eksik bilgilerini tamamladıklarını belirlenmiştir. 5E ve 5K kodlu öğrencilerin deprem konusunu çalışırken, matematik ile ilgili farkındalıklarının arttığı, hatta 5K kodlu öğrencinin matematikle ilgili bir konuyu bu sayede kavradığı görülmektedir. Bu ifadeler oldukça önemlidir. Çünkü STEM eğitiminde, disiplinler arası çalışmalar ve kazanımlar hedeflenmektedir.

Öğrencilerle yapılan görüşmeler, 21. yy. becerileri bağlamında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin görüşmelerde sorulara verdikleri cevapların hangi beceriler ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden oluşturulan bulgular Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. STEM Etkinliklerinin öğrencilere kazandırdığı 21. yy becerileri

21. yy becerileri	Sıklık	Kişiler
İletişim	7	1K, 4K, 1E, 2E, 3E, 4E, 5E
Takım çalışması	7	1E, 4E, 5E, 1K, 3K, 4K, 5K
Öğrenmeyi Öğrenme	7	1K, 2K, 3K, 4K, 5K, 2E, 5E
Kariyer Bilinci	7	1K, 2K, 3K, 4K, 1E, 2E, 5E
Problem Çözme	6	1K, 2K, 4K, 5K, 2E, 3E
Yaşam Becerisi	5	1K, 3K, 4K, 4E, 5E

Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen bulgulara göre Tablo 6’da görüldüğü gibi yapılan STEM etkinliklerinin 21. yy. becerilerinden iletişim, takım çalışması, öğrenmeyi öğrenme, kariyer bilinci, problem çözme ve yaşam becerilerine katkıların olduğu tespit edilmiştir.

Tasarım sürecince ve karşılaştıkları problemlerin çözümünde nasıl karar aldıkları ile ilgili örnekler “İletişim” becerilerine sağlanan katkıları göstermektedir. Örneğin 1E “Birbirimizden fikir alarak dayanışma halinde güzel bir ev yaptık.”, 4E “Paylaşım yapıyoruz. Herkesin fikri oluyor açıklıyoruz. Özgürüz.”, 4K “Fikir bulmak için farklı düşünceleri birleştirerek ortak bir karar aldık.”, 2E “Herkes düşüncelerini teker teker söyledi ve herkes düşüncelerine saygı duydu” demiştir. Bu ifadelerde görüldüğü gibi, öğrenciler etkinlikler esnasında, birbirlerini dinlemişler, kendi düşüncelerini ifade etmişler, farklı fikirlere saygı duymuşlardır. Ayrıca 5E kodlu öğrencinin ifadesinde farklı bakış açılarına, fikirleri fark etme noktasında etkinliklerin öğrencilere katkılarına yönelik fikir vermektedir: “Ben bir fikirle bir işi yapıyorum ama grupta çalışırken başka fikirlerinde olması, görmediğimiz bir şeyi görebiliyoruz. Daha sağlam bir yapı inşa edebiliyoruz.”

Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, öğrencilerin tasarımlarını yaparken yaşadıkları sıkıntı ve zorlukların, onların problem çözme becerilerine katkıları olduğu görülmüştür. Bununla ilgili olarak 2K

“Evimizin sürekli yıkılması biraz sabrımı zorladı. [Bu durumda neler yaptınız?] Daha dayanıklı, tekrardan yıkıp tekrardan yapmaya çalıştık. Daha dayanıklı nasıl yapabiliriz diye düşündük. Grupça sınırlamalara dikkat ettik.” demiştir. Malzemelerden kaynaklı sıkıntı yaşadıklarını ifade eden gruptan 4K “Binayı birleştirmek. Çünkü bant, uhu olmadığı için kürdanları kullandık. [Bunun için ne yaptınız?] Ek kürdan koyduk.” demiştir. (2E) ise “Mesela kolonu takarken zorlandım. [Nasıl çözüm ürettiniz?] Kolonları tek kürdan yerine incelterek daha fazla tutturabildim. Kullandığımız malzemeyi ezmeden yaptım. [İnceltme fikri kimindi?] Benim. [Bu fikri bireysel mi aldı?] Bireysel. [Bu başarı kime ait?] Bencilik gibi olmasın ama benim. [Neden böyle bir düşünceye vardın?] Çünkü grubun hepsi normal bir kürdanı kesip öyle koyalım dedi. İlk katımız da öyle yaptık. Baktık ki straför çok fazla eziliyor. Ben de dedim ki ne kadar çok kolon koyarsak straför o kadar girmesi zorlaşıyor. Ben de ince yapıp daha straförü ezmeden girmesini sağladım.” diyerek, grup içinde farklı fikirleri ve arkadaşlarını ikna sürecini anlatmıştır. Buradaki ifade iletişim becerilerine yönelik örnek sunmaktadır. 3E ise ana fikir kendisine ait olsa da başarının grubun başarısı olduğunu “Sadece kolonları birleştirirken ara zeminleri yapmada zorlandık. Çünkü yapıstırıcı kullanmadık. [Nasıl üstesinden geldiniz?] Kürdanlarla diğer gruplardan farklı olarak bağlantı yanında, kolonları kürdanlarla destekledik. [Kimin fikriydi bu?] Kendimin fikriydi. Grupça yaptık ama daha çok ben üstlendim. [Bu başarı kimin başarısı?] Grubumuzun.” diyerek belirtmiştir.

Problemleri tartışma ile ilgili olarak 3E kodlu öğrenci; “Evet var. Bunlar mesela bir kişi oran orantı yaparken bir kişi de binaların nasıl düz olacağına karşı çözümler topluyor.” şeklinde düşüncesini sunmuştur. Öğrenci düşüncesi incelendiğinde; etkinlik sürecinde grup arkadaşları ile problemlere çözüm ürettikleri görülmektedir.

5K “Herkes fikrini söyledi bu fikirleri denedik ortak sonuçlar alındı. Grupça hareket ettik. [Fikirlerin hangisini kullanacağınızı nasıl belirlediniz?] Öğretmenin verdiği kılavuzdaki sınırlara göre en iyisini seçtik.” diyerek karar verme süreçlerini örneklendirmiştir.

Öğrencilerin çoğu birlikte çalışmaktan hoşlandıklarını ifade etmişlerdir. Takım çalışması becerileri ile ilgili olarak 1K “Grup çalışması çok verimli oldu.” ifadesinde bulunurken, 1E “Dayanışma kurmayı ve başkalarından fikir almayı öğrendim. Ben genelde kendi fikirlerimi önemserdim.” demiştir. Kolonları takarlarken zorlandıklarını ifade eden 3K “Grupça birlikte çalıştık. Herkes birbirine destek oluyor.” diyerek takım çalışması ile sorunların üstesinden geldiklerini belirtmiştir.

“Öğrenme Stratejisi/ Öğrenmeyi öğrenme” ile ilgili olarak; 1K kodlu öğrenci “Burada öğrendiğim bilgileri fen dersine kolaylıkla geçirdiğimi sanıyorum ve testleri çözmemde başarılı oldum.”, 2K kodlu öğrenci “Yani mühendislikte de fen bilimlerinden yararlanıyoruz. Matematikte de aynı şekilde. Bilmediğim birçok şey öğrendim. İlk test yaptığımızda deprem hakkında bilmediklerim vardı. Yavaş yavaş etkinliklerle öğrendim.” demiştir. Bu ifadelerden, öğrencilerin yaparak yaşayarak, deneyerek öğrendikleri ve disiplinler arasındaki ilişkileri fark ettikleri görülmektedir.

“Yaşam becerisi” ile ilgili olarak, etkinliklerin yapılma sürecinde 1K “Sabırlı” olmayı, 3K “Planlı programlı çalışabilmeyi” öğrendiğini belirtmiştir. 4K “Bir tasarım bina yapabildiğimi fark ettim” şeklinde kendi ile ilgili fark ettiği durumdan bahsetmiştir. 5E ise, “Şimdi ben normalde bir inşaata gittiğimde sadece inşaat gözüyle bakıyordum. Şimdi baktığımda kolonları nasıl bağlandığını kolonların nasıl inşa edildiğine dikkat ediyorum.” diyerek edindikleri bilgileri yaşamına nasıl aktardığını belirtmiştir. Fark ettikleri becerileri ile ilgili olarak 4E “El becerimin bu kadar iyi olduğunu fark etmemiştim. Her şeye ön yargılı bakıyordum. Bunu fark ettim.”, 2E kodlu öğrenci; “Daha önceden çok küçükken bazı şeyler yapardım. Ama el göz koordinasyonu iyi olduğunu fazla anlayamazdım. Bu konudaki projede el göz koordinasyonumun geliştiğini iyi olduğunu kendimi bir sınav niteliğinde denemiş oldum.” demiştir. Daha planlı çalışma ile ilgili olarak 2K kodlu öğrenci; “Daha planlı çalıştığımı gözlemledim. Bunu daha önce yapamıyordum sanıyordum.” şeklinde düşüncesini ifade etmiştir.

Ayrıca, etkinliklerle ilgili olumsuz düşüncelerine değinen öğrencilerden 5E kodlu öğrenci “Tartışmalar çıkabiliyor. Herkes kendi fikrinin olmasını istiyor. [Bu durumda ne yaptınız?] grup arkadaşlarımız birbirimizi daha çok dinleyerek sakin olmamızı ve en iyi fikri verebilmek için herkesin fikrini tek tek denedik.” şeklinde düşüncesini belirtmiştir. 2E kodlu öğrencinin grup çalışmalarının olumsuz yanı ile ilgili olarak

“Tartışma hariç her şey güzeldi.” demiş, tartışmaların nasıl üstesinden geldikleri sorulduğunda ise “Herkes düşüncelerini teker teker söyledi ve herkes düşüncelerine saygı duydu.” şeklinde açıklamıştır. Öğrenci görüşleri incelendiğinde; tartışma ortamını oluşmasının grup çalışmalarında olumsuzluk olarak değerlendirilse, demokratik bir havada ve saygı çerçevesinde bu durumun üstesinden geldikleri görülmektedir.

Öğrencilerin olumsuzluklarla ilgili ifadeleri dikkatli şekilde incelendiğinde, tartışma ortamının aslında birçok beceriye katkısı olduğunu göstermektedir. Grup çalışmalarını her ne kadar bazen olumsuz olarak değerlendiren öğrenciler olsa da olumlu tutumlar sergileyerek bu durumların üstesinden geldikleri söylenebilir. Böylelikle, farklı bakış açılarını görme, karşısındakinin düşüncelerini dinleme ve anlama, farklı fikirlere saygılı olma, kendi fikrilerini düzgün şekilde ifade etme, tartışma, farklı fikirleri karşılaştırarak en doğru karara varma gibi iletişim ile ilgili birçok beceriyi kazanmışlardır.

Araştırma sorusuna yönelik alınan cevaplar ışığında, öğrenciler grup çalışmalarında, birlikte çalışarak sorumluluk aldıkları ve bir ürün ortaya koydukları, grup içinde farklı fikirlerin olmasına rağmen fikir alışverişi içinde problemlere çözümler getirdikleri belirlenmiştir. Görüldüğü gibi, STEM etkinlikleri sırasında oluşturulan grupların, öğrencilere, iletişim ve işbirliği, üretkenlik ve sorumluluk, takım oluşturma ve iletişim beceriler kazandıkları söylenebilir. Grup çalışmaları sırasında öğrencilerin grup arkadaşları ile hareket etmesi sosyalleşmelerine de katkı sağlamaktadır.

4. Sonuçlar

Mühendislik tasarım süreci doğrultusunda, bir ekip halinde çalışarak, depremi araştırdıkları, deprem ile ilgili bilgi edindikleri, verilen sınırlamalar ve kriterler doğrultusunda depreme dayanıklı bir ev tasarladıkları, tasarım sürecinde hem matematik bilgilerini hem de teknolojik uygulamaları kullandıkları bu çalışma sonunda, öğrencilerin deprem olgusunu daha iyi anladıkları, STEM'e ilişkin tutumlarının, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarının arttığı, 21. yy becerilerinin geliştiği görülmüştür.

Yapılan birçok çalışmada, STEM uygulamalarının kavramların anlaşılmasını sağladığı tespit edilmiştir (Becker ve Park, 2011; Biçer, Navruz, Boedeker, Capraro ve Capraro, 2015; Freeman ve diğerleri, 2014; Fortus ve diğerleri, 2004; Gazibeyoğlu, 2018; Gülen, 2016; Gülhan ve Şahin, 2016; İrkıçatal, 2016; Koç, 2017; Karahan, Canbazoğlu-Bilici ve Ünal 2015; Marulcu ve Höbek, 2014; Olivarez, 2014; Öner ve Capraro, 2016; Özer ve Canbazoğlu Bilici, 2021; Ricks, 2006; Riskowski ve diğerleri, 2009; Sadler ve diğ., 2000; Yasak, 2017; Yıldırım, 2016; Yıldırım ve Selvi, 2017). Örneğin, Park ve et al., (2018) yoğunluk, Doppelt, vd. (2008) elektrik, Olivarez (2014) bilimin doğası, kuvvet, hareket, enerji, maddenin yapıları ve uzay, Ercan ve Şahin (2015) kuvvet ve hareket konuları hakkında yaptıkları çalışmalarda öğrencilerin bu kavramları daha iyi anladıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da deprem konusu ele alınmış ve yapılan akademik başarı testinde olumlu sonuçların olduğu tespit edilmiştir. English, King ve Smeed (2017) de yaptıkları çalışmada, altıncı sınıf öğrencilerden, STEM eğitimi içeren mühendislik temelli bir öğrenme ile depreme dayanıklı bina modelleri hazırlamalarını istemişlerdir. Çalışma sonucunda öğrencilerin depreme yönelik problemleri ele alırken düşünme becerilerinin geliştiği sonucuna varılmıştır.

Fen bilimleri dersinde öğrenciler, birçok kavramı anlamakta zorlanmaktadır. Bu durum fen öğrenimini zorlaştıran bir süreç olarak, öğrencilerde ön yargı oluşturmaktadır. STEM eğitimi kapsamında hazırlanan etkinliklerde öğrenciler, mühendislik tasarım süreci ile prototip yaparak sahip oldukları bilgileri kullanma fırsatı yakalamışlardır. Bu sayede öğrenciler yaparak yaşayarak öğrenme şansı elde etmiş, uygulama süreci boyunca aktif bir şekilde katılımında bulunmuşlardır. Bunlarda, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarını artmıştır. Ayrıca deprem yaşadıkları bölgenin önemli bir sorunu olması dolayısıyla da öğrencilerin ilgilerin çekmiştir. STEM etkinliklerinin fene yönelik motivasyonu olumlu etkilediği ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır (Örneğin; Bae, Yun ve Kim, 2013; Bircan ve Çalışıcı, 2022). Bu çalışmada da fen öğrenmeye yönelik motivasyonda olumlu etkiler tespit edilmiş ve bulgular hem nicel hem nitel verilerle desteklenmiştir.

Ayrıca, çalışmada, modüllerde öğrencilerin teknolojiden yararlanmaları, depremle ilgili simülasyonlar izlemeleri, deprem oluşturma programları kullanılmaları sağlanmıştır. Bunların hepsinin hem bilime hem teknolojiye hem de mühendisliğe olan ilgiyi artırdığı, STEM tutumlarına olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Literatürde de STEM entegrasyonu ile yürütülen derslerin, STEM tutumlarında artış sağladığını gösteren benzer çalışmalar yer almaktadır (Örneğin; Baran, Canbazoğlu-Bilici ve Mesutoğlu, 2015; Benek, 2019; Bircan ve Çalışıcı, 2019; Gülhan ve Şahin, 2016; Karışan ve Yurdakul, 2017; Keçeci vd., 2017; Yıldırım, 2016; Yıldırım ve Selvi, 2017).

Yapılan etkinlikler aracılığıyla öğrenciler, STEM disiplinlerini ve bu disiplinler arasındaki ilişkileri fark etmişlerdir. Böylelikle, fen dersi öğretim programlarında öğrencilere kazandırılmak istenilen; fen, mühendislik ve teknoloji disiplinlerini birbiri ile ilişkilendirir hedefi gerçekleşmiş olmaktadır. 7 haftaya yayılmış ve her hafta için ayrı bir modül çerçevesinde farklı görevleri yerine getirmiş olan öğrencilerin, bu süreçte bir mühendis gibi düşünmeleri, problemleri ele almaları ve çözüm önerileri getirmesi hedeflenmiştir. Mühendislik tasarım süreci ile planlanmış bu mühendislik tasarım temelli STEM eğitimi etkinliklerinin, öğrencilerin mühendislerin nasıl çalıştığını anlamalarını sağladığı ve bu mesleğe karşı ilgilerini artırdığı tespit edilmiştir. Benzer bulgulara birçok çalışmada (örneğin, Apedoe ve diğerleri, 2008; English ve King, 2015; Guzey, 2019; Lachapelle ve Cunningham, 2014; Taştan Akdağ, 2017) da ulaşılmıştır. Öğrenciler, yaptıkları çalışmalarda tasarımlar oluşturulurken matematiğe ihtiyaç olduğunu, iyi bir tasarım hazırlamak için hesaplamaların da iyi olması gerektiğini fark etmişlerdir.

STEM etkinliklerinin başlıca amaçları arasında, 21. yy becerilerini geliştirmek yer almaktadır. Yapılan etkinliklerin öğrencilerin 21. yy becerilerinin gelişimine katkıları olduğu tespit edilmiştir. Özellikle iletişim, takım çalışması, öğrenmeyi öğrenme, kariyer bilinci, problem çözme ve yaşam becerilerine olumlu katkılarının olduğu görülmüştür. Yapılan birçok çalışmada da uygulanan STEM etkinliklerinin öğrencilerin birçok 21. yy. becerisini kazandırdığı tespit edilmiştir (Örneğin, Benek, 2019; Bircan, 2019; Taştan Akdağ, 2017).

21. yy. becerilerinin kazandırılmasında, problem durumunda sunulan kriter ve sınırlılıkların son derece önemli olduğu görülmüştür. Öğrencilerin üstesinden gelmeleri gereken problemlerle karşılaştıklarında, birbirlerinin fikirlerine ihtiyaç duymakta, birbirlerini dinleyip, birlikte çalışma alışkanlığı geliştirmektedirler. Dolayısıyla, öğrencilere kolayca üstesinden gelecekleri problemler yerine, kriterler ve sınırlılıklarla tanımlanmış problemler sunmak, üst düzey düşünme becerilerinin kullanılmasının gerekli kılmak önemlidir. Öğrencilerin, 21. yy becerilerine ile ilgili gelişmelerin en çok zorlandıkları ve hoşlarına gitmeyen durumlarda devreye girdiği yapılan görüşmelerde tespit edilmiştir.

Beers (2011) de içerik bilgisini, gerçek dünya uygulamalarına ve öğrencilerin öğrendiklerinin kendi hayatları ve çevrelerindeki dünya ile nasıl bağlantılı olduğunu görmelerini sağlayan problem durumlarına bağlamanın önemli olduğunu vurgulamaktadır. Bu çalışmada, öğrencilerin yaşadıkları bölgenin deprem bölgesi olduğunu ve inşaatlarda düzenlemelerin buna göre yapıldığını fark etmeleri (mahallelerinde yer alan binaların fiziksel özelliklerinin gözlemlenmesi, tapu kadastro ziyareti vb.) sağlanarak, derslerde gördükleri konular ile günlük hayatları ilişkilendirilmeleri sağlanmıştır. Bilgileri doğrultusunda, bina inşa etmeleri ve bunu sunulan kriterlere göre yapmaları gerekmiştir. Bu da problem çözme becerilerine olumlu katkılar sunmuştur. STEM etkinliklerinin, öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları sorunlara, bilgilerini kullanarak çözümler üretmelerinin, problem çözme becerilerinin gelişmesini sağladığı birçok çalışmada da belirtilmiştir (Dewaters ve Powers, 2006; Yamak ve diğerleri, 2014; Yıldırım ve Altun, 2015).

STEM uygulamalarında disiplinleri birbirine bağlayarak, kavramlarının anlamlı ve etkili öğrenimini teşvik etmek ve ayrıca yeni öğrenme ve uygulamalar için ortam hazırlamak önemlidir (Clough ve Olson, 2016). Bu çalışmada, deprem konusu dahilinde yapılan etkinliklerin öğrencilerin deprem bölgesinde bulunmaları nedeniyle günlük hayat ile ilişkilendirmeyi sağlamada da etkili olduğu tespit edilmiştir. STEM uygulamalarında günlük hayat ile ilişkilendirmelerin önemli olduğu vurgusu bu bulgularla desteklenmektedir. Öğrencilerden istenen çalışma, konuyla ilgili ve gerçek hayatı yansıtan özgün bir çalışma olmalıdır. Bu çalışmada, farklı disiplinlerden yararlanılarak öğrencilerinin kendi

yaşantılarında önemli bir yer tutam deprem konusu mühendislik tasarım süreci doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, mühendislik tasarım süreci ile yapılan çalışmaların olumlu sonuçları olduğu görülmüştür. Öğrencilerin bir mühendis gibi çalışarak problemlere çözüm bulmaları onların hem konuyu anlamalarını sağlamakta (Purzer, Moore, Baker ve Berland, 2018) hem matematik bilgilerini ve teknolojiyi kullanmaları için fırsat oluşturmakta hem de bilimsel bilgi ve mühendislik çözümlerinin nasıl geliştirildiğini daha iyi anlamalarını sağlamaktadır (NRC, 2012). Böylece geleceğin mühendislerini yetiştirmek şansı elde edilmektedir.

Bu çalışma, deprem konusunun dahil olduğu üniteye ayrılan süre dahilinde gerçekleştiği için 7 hafta içerisinde uygulanmak durumunda kalmıştır ve bu durum çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Daha uzun süreli çalışmalar daha etkili olacaktır. Farklı çalışma grupları ile daha uzun süreli çalışmalar yapılabilir.

Etik kurul izin bilgileri

Araştırma için, Sakarya Üniversitesi Etik Kurulu Başkanlığının 11.04.2018 tarihli ve 82 sayılı toplantısında alınan 61923333/050.03 sayılı karar ile izinler alınmıştır.

5. Kaynaklar

- Akgündüz, D. (2018). *Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R. & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: the heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465. <http://doi.org/10.1007/s10956-008-9114-6>
- Bae, J., Yun, B. & Kim, J. (2013). The effects of science lesson applying STEAM education on science learning motivation ve science academic achievement of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(4). 557-566.
- Baran, E., Canbazoğlu-Bilici, S. & Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FETEMM) spotu geliştirme etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED)*, 5(2), 60-69. Erişim adresi: <https://ated.info.tr/index.php/ated/article/download/39/39>
- Barrett, B. S. Moran, A. L. & Woods, J. E. (2014). Meteorology meets engineering: an interdisciplinary STEM module for middle and early secondary school students. *International Journal of STEM Education*, 1:6. <http://doi.org/10.1186/2196-7822-1-6>
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: a preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12 (5-6), 23-37. Erişim adresi: <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/download/1509/1394/>
- Beers, S. Z. (2011). *21st Century Skills: Preparing students for their future*. Erişim adresi: https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf
- Benek, İ. (2019). *Sosyobilimsel STEM Etkinliklerinin Öğrencilerin Tutumlarına ve 21. Yüzyıl Becerilerine Etkisinin İncelenmesi*. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora tezi.
- Beswick, K., Fraser, S. (2019). Developing mathematics teachers' 21st century competence for teaching in STEM contexts. *ZDM Mathematics Education* 51, 955–965. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01084-2>
- Bicer, A., Navruz, B., Capraro, R. M., Capraro, M. M., Oner, T. A. & Boedeker, P. (2015). STEM schools vs. non-STEM schools: Comparing students' mathematics growth rate on high-stakes test performance. *International Journal of New Trends in Education and Their Implications*, 6(1), 138-150. Erişim adresi: <http://www.ijonte.org/FileUpload/ks63207/File/18.bicer.pdf>

- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2010). Defining 21st century skills. White Paper commissioned for the Assessment and Teaching of 21st Century Skills Project (ATC21S). Melbourne, Australia: Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Erişim adresi: <https://www.intel.com.tr/content/dam/www/public/emea/tr/tr/pdf/education/tools-and-resources/century21-skills-report.pdf>
- Bircan, M.A. & Çalışıcı H. (2022). STEM Eğitimi Etkinliklerinin İlkokul Dördüncü Sınıf Öğrencilerinin STEM'e Yönelik Tutumlarına, 21. Yüzyıl Becerilerine ve Matematik Başarılarına Etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 47 (211), 87-119.
- Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının karar verme becerisi, bilimsel süreç becerileri ve sürece yönelik algılarına etkisi*. (Doktora Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 366313).
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Bybee, R. W. (2010). *What is STEM Education Science*, 329, 996. <http://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules on student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- Ceylan, S. (2014). *Ortaokul fen bilimleri dersindeki asit ve bazlar konusunda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 372224).
- Clough, M. P., & Olson, J. K. (2016). Connecting science and engineering practices: A cautionary perspective. In L. Annetta & J. Minogue (Eds.), *Connecting science and engineering education practices in meaningful ways—building bridges. Contemporary trends and issues in science education series*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage.
- Crismond, D. & Adams, R. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). FeTeMM eğitimi ve alan öğretmeni eğitimine yansımaları. *Eğitim ve Bilim*, 39(171). Erişim adresi: <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/2142>
- Dewaters, J. & Powers, S., E. (2006). Improving science and energy literacy through project-based K-12 outreach efforts that use energy and environmental themes. *Proceedings of the 113th Annual ASEE Conference and Exposition, Chicago, IL*
- Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E. & Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: a case study of design-based learning in a science context. *Journal of Technology Education*, 19(2), 22-39. Erişim adresi: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ898815.pdf>
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Integrated Curriculum, Meeting Standards Through*. Virginia USA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eriş, Ö., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- 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. <http://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>

- English, L. D. & Mousoulides, N. G. (2015). Bridging STEM in a real-world problem. *Mathematics Teaching in The Middle School*, 20(9), 532-539.
- English, L. D., & King, D. (2019). STEM integration in sixth grade: Designing and constructing paper bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 863-884. <https://www.doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>
- 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 Research (J-PEER)*, 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. Erişim adresi: <http://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>
- Ercan S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: tasarım temelli fen eğitimi*. (Doktora Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 372246).
- Ercan, S. & Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(1), 128-164. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/39915>
- Fogarty, R. (1991). *How to Integrate the Curricula*. Palatine, IL: IRI/Skylight Publishing.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., ve Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110. <https://doi.org/10.1002/tea.20040>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. Erişim adresi: <https://www.pnas.org/content/pnas/111/23/8410.full.pdf>
- Furner, J. M., & Kumar, D. D. (2007). The Mathematics and Science Integration Argument: A Stand for Teacher Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(3), 185-189. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75397>
- Gazibeyoğlu, T. (2018). *STEM uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve enerji ünitesindeki başarılarına ve fen bilimleri dersine karşı tutumlarına etkisinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 496276).
- Green, A. (2012). *The integration of engineering design projects into the secondary science classroom*. Master's Thesis. Michigan State University, Michigan.
- Griffin, P., & Care, E. (Eds.). (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Springer.
- Guzey, S. S., Harwell, M. & Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114(6), 271-279. doi: 10.1111/ssm.12077
- Guzey, S. S., Ring-Whalen, E. A., Harwell, M., & Peralta, Y. (2019). Life STEM: A case study of life science learning through engineering design. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17: 23-42.
- Gülen, S. (2016). *Fen- teknoloji-mühendislik ve matematik disiplinlerine dayalı argümantasyon destekli fen öğrenme yaklaşımının öğrencilerin öğrenme ürünlerine etkisi*. (Doktora Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 456621).

- Gülhan, F & Şahin, F. (2016). Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Science*, 602-620. doi:10.14687/ijhs.v13i1.3447
- Holbrook, J. & Kolodner, J. L. (2004). Scaffolding the development of an inquiry-based (science) classroom. *Fourth International Conference of the Learning Sciences* (221-227). Mahwah, NJ: Erlbaum. Erişim adresi: <https://www.isls.org/icls/2000/proceedings/pdf/Holbrook.pdf>
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (Eds.). (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. Retrieved from the NCETE website: <http://ncete.org/flash/pdfs/NCETECaucusReport.pdf>
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Publications. Paper 165. Erişim adresi: https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/165
- İrkıçatal, Z. (2016). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FETEMM) içerikli okul sonrası etkinliklerin öğrencilerin başarılarına ve fetemm algıları üzerine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 421502).
- Karahan, E., Canbazoglu Bilici, S., ve Unal, A. (2015). Integration of media design processes in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 60, 221-240. <https://doi.org/10.14689/ejer.2015.60.15>
- Karahan, E., Canbazoglu Bilici, S., & Unal, A. (2015). Integration of media design processes in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 60, 221-240. <https://doi.org/10.14689/ejer.2015.60.15>
- Karışan, D., & Yurdakul, Y. (2017). Mikroişlemci destekli fen-teknoloji-mühendislik matematik (STEM) uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin bu alanlara yönelik tutumlarına etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(1), 37-52. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/437474>
- Keçeci, G., Alan, B. & Kırbağ Zengin, F. (2017). 5. sınıf öğrencileriyle STEM eğitimi uygulamaları. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*. Cilt: 18, 1-17. Erişim adresi: <http://kefad.ahievran.edu.tr>
- Koç, Y. (2017). *Fen bilimleri dersinde STEM eğitim modeli yaklaşımı kullanarak genç mekatronikçilerin yetiştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 465002).
- Kolodner, J. L., Camp, P. J. Crismond, D., Fasse, J. G., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle school science classroom: Putting learning by design into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 495-547.
- Kolodner, J. L., Camp, P., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J. et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: putting learning by design(tm) Into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- Kotluk, N. & Koçakaya, S. (2015). 21. yüzyıl becerilerinin gelişiminde dijital öykülemeler: Ortaöğretim öğrencilerinin görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 354-363.
- Kyllonen, P. C. (2012). *Measurement of 21st Century Skills within the Common Core State Standards*. In Invitational Research Symposium on Technology Enhanced Assessments (pp. 7-8).
- Kyllonen, P. C. (2012). *Measurement of 21st century skills within the common core state standards*. Paper presented at the Invitational Research Symposium on Technology Enhanced Assessments, May 7-8.
- Lachapelle, C. P. & Cunningham, C. M. (2007). *Engineering is Elementary: Children's Changing Understandings of Science and Engineering*. ASEE Annual Conference and Exposition At: Honolulu. <http://dx.doi.org/10.18260/1-2--1470>

- Laçın Şimşek, C. (2007). Turkish children's ideas about earthquakes. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2(1), 14-19.
- Lederman, N. G., & Niess, M. L. (1997). *Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics?* *School Science and Mathematics*, 97(2), 57-58.
- Marulcu, İ., ve Höbek, K.M. (2014). Teaching alternate energy sources to 8th grades students by engineering design method. *Middle Eastern and African Journal of Educational Research MAJER Issue: 9*. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Ismail_Marulcu/publication/274694963_8_Siniflara_Alternatif_Enerji_Kaynaklarinin_Muhendislik_Dizayn_Metodu_ile_Ogretimi/links/55251dd20cf22e181e73dc3b.pdf
- Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2), 7. <https://doi.org/10.30707/jste48.2mentzer>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). *Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. Engineering in precollege settings: Research into practice*, 35-60.
- Morgan, J. R., Moon, A. P., & Barroso, L. R. (2013). Engineering Better Projects. In .M. Capraro, M.M. Capraro, and J. Morgan (eds.), *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, 29-37. Sense Publisher.
- Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom*. TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM), 20. Erişim adresi: http://www.wytheexcellence.org/media/STEM_Articles.pdf
- National Academy of Engineering (NAE) (2009). *Engineering in K-12 education testimony*. Erişim adresi: <https://www.nae.edu/18390.aspx>
- Nargund-Joshi, V., & Liu, X., (2013). *Understanding meanings of interdisciplinary science inquiry in an era of next generation science standards*. National Association for Research in Science Teaching, Rio Grande, Puerto Rico.
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects and agenda research*. Washington, DC: National Academies. <https://doi.org/10.17226/18612>.
- National Research Council (2009). *Learning science in informal environments: People, places and pursuits*. Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: The National Academic.
- Olivarez, N. (2014). *The Impact of A STEM program on academic achievement of eighth grade students (Doktora Tezi)*. İn A South Texas Middle School.
- Öner, A. T. & Capraro, R. M. (2016). FeTeMM okulu olmak iyi öğrenci başarısı anlamına mı gelir? *Eğitim ve Bilim*, 41(185), 1-17. Erişim adresi: eb.ted.org.tr/index.php/EB/article/download/3397/2436
- Özer, İ. E., & Canbazoğlu Bilici, S. (2021). The effect of engineering design-based Algodoo activities on students' design skills and academic achievement. *Hacettepe University Journal of Education*, 35(2), 301-316. doi: 10.16986/HUJE.2020062006
- Park, D., Park, M., & Bates, A. (2018). Exploring young children's understanding about the concept of volume through engineering design in a STEM activity: A case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 275-294.

- Park, S.J. & Yoo, P.K., (2013). The Effects of the learning motive, interest and science process skills using the “Light” unit in science-based STEAM. *Elementary Science Education*, 32(3): 225-238
- Partnership for 21st Century Learning (2015). *P21 Framework Definitions*. Erişim adresi: <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Petrie, H. G. (1992). Interdisciplinarity education: are we face with insurmountable opportunities? *Review of Research in Education*, 18, 299-333.
- Petroski, H. (1996). *Harnessing STEAM*. *American Scientist*, 84(1), 15-19. Erişim adresi: [https://lavelle.chem.ucla.edu/wp-content/supporting-files/Chem14B/Thermodynamics The %20early %20beginnings %20of %20the steam engine.pdf](https://lavelle.chem.ucla.edu/wp-content/supporting-files/Chem14B/Thermodynamics%20The%20early%20beginnings%20of%20the%20steam%20engine.pdf)
- Purzer, S., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C. & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(9). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0019-7>
- Purzer, Ş., Moore, T. J., Baker, D. & Berland, L. (2018). *Supporting the Implementation of NGSS through Research*. (NRST). Erişim adresi: https://www.narst.org/ngsspapers/Engineering_June2014.pdf
- Ricks, M. M. (2006). *A study of the impact of an informal science education program on middle school students' science knowledge, science attitude, STEM high school and college course selections, and career decisions* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/2628/ricksm81757.pdf>
- Riechert, S. E. & Post, B. K. (2010). From skeletons to bridges and other STEM enrichment exercises for high school biology. *The American Biology Teacher*, 72(1), 20-22. Erişim adresi: <http://biologyinabox.utk.edu/wp-content/uploads/2017/02/Riechert-Post-2010.pdf>
- Riskowski, J. L., Todd, C. D., Wee, B., Dark, M. & Harbor, J. (2009). Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth grade science course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181. Erişim adresi: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.580.2126&rep=rep1&type=pdf>
- 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.
- Ross, K. E. K.; Shuell, T. J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77 (2) :191-205.
- Sadler, P. M., Coyle, H. P. & Schwartz, M. (2000). Engineering competitions in the middle school classroom: Key elements in developing effective design challenges. *The Journal of The Learning Sciences*, 9(3), 299-327. Erişim adresi: <http://westonk12engineering.org/robotics/presentations/Sadler.pdf>
- Sanders, M. (2009) *STEM, STEM education, STEMmania*. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. Erişim adresi: <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.tt.istem.ed.def.pdf>
- Shaughnessy, J.M. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18, 324.
- Smith, J. & Karr-Kidwell, P. J. (2000). *The interdisciplinary curriculum: A literary review and a manual for administrators and teachers*. Erişim adresi: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED443172.pdf>
- Smith, K. A. (2006). *Continuing to build engineering education research capabilities*. IEEE Transactions on Education 49 (1): 1-3.
- Soland, J., Hamilton, L. S., & Stecher, B. M. (2013). *Measuring 21st century competencies guidance for educators*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

- Soysal, M. T. & Laçın Şimşek, C. *Mühendislik Temelli STEM Eğitimi Uygulamaları*. (Editör, Hasan Özcan, STEM Eğitimi Uygulamaları), ss. 239-265, İstanbul: Pusula Yayınevi, 2021.
- Taştan Akdağ, F. (2017). *STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı, bilimsel süreç ve yaşam becerileri üzerine etkisi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
- Trilling, B. & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Francisco: Jossey-Bass.
- Tsai, C. (2001) Ideas about earthquakes afterexperiencing a natural disaster in Taiwan: Ananalysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*, 23 (10): 1007-101
- Vallera, F. L., & Bodzin, A. M. (2020). Integrating STEM with AgLIT (agricultural literacy through innovative technology): The efficacy of a project-based curriculum for upper-primary students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(3), 419-439.
- Wang, X. (2013). Why students choose stem majors: motivation, high school learning, and postsecondary context of support. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1081-1121. <https://doi.org/10.3102/0002831213488622>
- Wendell, K., Connolly, K., Wright, C., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M. & Marulcu, I. (2010). AC 2010-863: Poster, *Incorporating Engineering Design Into Elementary School Science Curricula*. Erişim adresi: <https://ceeo.tufts.edu/documents/conferences/2010kwkccwljcrmbim.pdf>
- Yalçın, S. (2018). 21. Yüzyıl Becerileri ve Bu Becerilerin Ölçülmesinde Kullanılan Araçlar ve Yaklaşımlar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 51(1), 183-201.
- Yamak, H., Bulut, N. & DüNDAR, S. (2014). 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi. *GEFAD/GUJGEF*, 34(2), 249-265. Erişim adresi: gefad.gazi.edu.tr/article/download/5000078351/5000072574
- Yasak, M. (2017). *Tasarım temelli fen eğitiminde, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamaları; basınç konusu örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 470957).
- Yıldırım, B. (2016). *7. Sınıf fen bilimleri dersine entegre edilmiş fen teknoloji mühendislik matematik (STEM) uygulamaları ve tam öğrenmenin etkilerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No: 429441).
- Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28-40. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/56981>
- Yıldırım, B. & Selvi, M. (2015). *Adaptation of stem attitude scale to Turkish*. *Electronic Turkish Studies*, 10(3). Erişim adresi: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7>
- Yılmaz, H., & Huyugüzel Çavaş, P. (2007). *Reliability and validity study of the students' motivation toward science learning (smtsl) questionnaire*. *İlköğretim Online*, 6(3), 430-440.