

## Fen Lisesi Öğrencilerinin Mühendislik Tasarım Süreçlerinin İncelenmesi\*

### Investigation of Science High School Students' Engineering Design Processes

Ferhat KARAKAYA\*\*, Mehmet YILMAZ\*\*\*

**Öz:** Fen liseleri; kuruluş amaçları ve bu okullarda öğrenim gören öğrencilerin akademik başarıları dikkate alındığında, mühendislik tasarım süreçlerini benimsemiş nitelikli bireyler yetiştirilmesi için lokomotif kurum olabilir. Bu nedenle fen lisesi öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini gerçekleştirme düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu araştırmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini gerçekleştirme düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca araştırmada fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencileri mühendislik tasarım süreçlerini nasıl gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Durum çalışmasının kullanıldığı araştırma, 2019-2020 yılında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubu, Türkiye’deki bir fen lisesinin dokuzuncu sınıfında öğrenim gören 27 öğrenciden oluşmaktadır. Verilerin toplanmasında, araştırmacılar tarafından geliştirilen STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıkları, mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği ve mühendislik tasarım sürecine yönelik öğrenci formu kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerin problemin belirlenmesi, çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve disiplinlerarası bilgilerin entegrasyonu konularında hedeflenen düzeyde oldukları, ancak tasarım süreci konusunda hedeflenen düzeye ulaşamadıkları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini farklı stratejiler, kriterler ve karar verme mekanizmaları kullanarak gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fen lisesi öğrencileri, mühendislik tasarım süreci, STEM.

**Abstract:** Science high schools can be the locomotive institution for raising qualified individuals who have adopted the engineering design processes, considering the purpose of their establishment and the academic success of the students studying in these schools. For this reason, it is necessary to determine the level of realization of engineering design processes of science high school students. In this study, it was aimed to determine the level of engineering design processes of ninth grade students studying in Science High School. In addition, the study aimed to determine how ninth-grade students studying in science high school perform engineering design processes. The research using the status study was carried out in 2019-2020. The research working group consists of 27 students studying in the ninth grade of a science high school in Turkey. STEM integration-based activity booklets developed by the researchers, engineering design process evaluation and student form for the engineering design process were used in the collection of the data. As a result of the research, it was determined that ninth grade students studying in Science High School were at the target level in identifying the problem, developing solution proposals and integrating interdisciplinary information, but did not reach the target level in the design process. In addition, it has been found that students perform engineering design processes using different strategies, criteria and decision-making mechanisms.

**Keywords:** Science high school students, engineering design process, STEM.

#### Giriş

Çözüm odaklı öğrenme etkinlikleri ile yetiştirilmiş öğrenciler, 21. yüzyılın gelişmelerini takip edebilir ve ekonomik ilerlemelerde söz sahibi olabilir (Aydeniz, 2017). Dünya genelinde yaşanan gerek bilimsel gerekse teknolojik gelişmeler çözüm odaklı bireylerin yetiştirilmesi için yeni eğitim yaklaşımlarına olan ihtiyacı artırmıştır. Bu kapsamda günümüz Dünyasının

\*Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsünde Nisan 2021 tarihinde tamamlanan ve birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında gerçekleştirdiği doktora tezinden üretilmiştir.

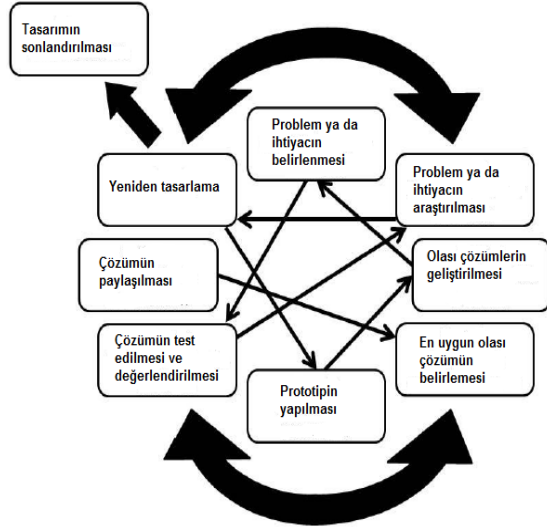
\*\**Sorumlu Yazar*, Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Yozgat-Türkiye, ORCID: 0000-0001-5448-2226, e-posta: ferhatk26@gmail.com

\*\*\*Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara-Türkiye, ORCID: 0000-0001-6700-6579, e-posta: fmyilmaz@gmail.com

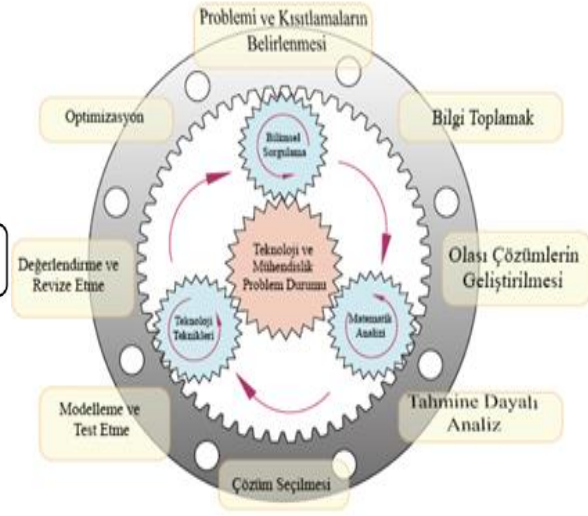
İhtiyaçlarına cevap verebilecek bireylerin yetiştirilmesi için STEM eğitim yaklaşımı geliştirilmiştir. STEM eğitimi, fen-teknoloji-mühendislik-matematik disiplinlerine ait bilgi ve becerilerin mühendislik tasarımı merkezinde, öğrencilere disiplinler arası problem çözme becerisini kazandırmayı hedefleyen eğitim yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Buyruk ve Korkmaz, 2016; Bybee, 2010; Karakaya ve Avgın, 2016). Moore, Stohlmann, Wang, Tank ve Roehrig (2014) kapsamlı bir şekilde entegre STEM eğitimini “fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin dört disiplininin bir kısmını veya tamamını konular ve gerçek dünya arasındaki bağlantılara dayanan tek bir sınıf, ünite veya derse birleştirme çabası” olarak tanımlamışlardır. STEM eğitimi, gerçek yaşam problemlerinin çözümünde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini ait bilgi ve becerilerinin kullanılmasını sağlayan bütüncül bir yaklaşımdır (Hom, 2014). Bu bütüncül eğitim yaklaşımı, toplumların karşılaştıkları sorunların çözümü için bilgiyi ürüne dönüştürebilen bireylerin yetiştirilmesi için çok önemlidir (Aldahmash, Alamri ve Aljallal, 2019). Amerika Birleşik Devletleri, küresel güç konumundaki ülkelerin (Çin, Rusya vb.) geliştirdikleri bilimsel ve teknoloji çalışmalarını kendisi için tehdit olarak görmüş ve yaşanabilecek olumsuzlukları ortadan kaldıracak 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesi için eğitim reformları gerçekleştirmiştir (Breiner, Harkness, Johnson ve Koehler, 2012). ABD Başkanı Obama 2010’da yaptığı bir konuşmada, Amerika Birleşik Devletleri için STEM eğitim yaklaşımının önemli olduğunu ve 10 yıl içinde STEM okullarının sayısını 1000’e çıkarmayı hedeflediklerini açıklamıştır (Aydeniz, 2017). STEM okullarında; bilimsel ve teknolojik alanlarda yapılacak çalışmalarda görev alacak bireylere 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar (Gürten, Demirkaya ve Doğan, 2019), uluslararası sınavlardaki (PISA ve TIMMS) başarı sıralamalarının yükseltilmesi için güncel eğitim politikalarının incelenmesi ve öğretim programlarının geliştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle STEM eğitiminin amaç ve hedefleri düşünüldüğünde, Türkiye için önemli bir eğitim yaklaşımı olduğu anlaşılmaktadır (Karakaya, 2021).

### **Mühendislik tasarım süreci**

Tarihsel süreç içerisinde yapılan araştırmalar, teknoloji ve mühendislik disiplinine olan ilginin az olduğunu, entegrasyon süreçlerinin daha çok fen ve matematik disiplinlerinde gerçekleştirildiğini göstermiştir (Huntley, 1998). Ancak mühendislik kavramlarının ve uygulamalarının gelişmesi ve Amerika Birleşik Devletleri’nde eyalet ve ulusal bilim standartlarına eklenmesi (National Research Council, 2012; NGSS Lead States, 2013) disiplinlerarası entegrasyonu fen ve matematiğin ötesine taşınmıştır. Alanyazın incelendiğinde, mühendislik ve uygulamalarına yönelik farklı tanımlamaların olduğu görülmektedir. Örneğin NAEP’e [National Assessment of Educational Progress, 2014, s. 1-6] göre mühendislik, “İnsan eli ile dünyanın tasarlanması süreci” olarak ifade edilmektedir. Petroski (1996) ise matematiksel analiz ve bilimsel kavrayış gibi akademik disiplinlere dayanan ve problemlere çözüm üreten meslek tanımlamasını önermiştir. Mühendislik mesleği, fen, matematik disiplinlerine ait içerik bilgilerinin ve teknolojik okuryazarlığın geliştirilmesinde bütünleştirici yapıyı oluşturur (Uzel, 2019). Mühendislik sürecinde yeni kavram ya da olayların tanımlanması ve bilgilerin kullanılarak yeni ürünler elde edilmesi gerçekleştirilir (Brophy, Klein, Portsmore ve Rogers, 2008). Alan yazın incelendiğinde, bireylerin yaş aralıklarına göre farklı mühendislik tasarım süreç modellerinin yer aldığı görülmektedir. Örneğin Cunningham ve Hester (2007) ilkökul öğrencileri için mühendislik tasarım sürecini beş farklı adımda (hayal et, planla, yarat, geliştir ve sor) tanımlamıştır. Hynes ve diğerleri (2011), problemin tanımlanmasından kararın tamamlanmasına kadar geçen süreci dokuz adımda açıklamıştır. Fan ve Yu (2016) tarafından yapılan araştırmada, lise öğrencilerinin mühendislik tasarım sürecine yönelik çerçeve geliştirilmiştir. Mühendislik tasarım süreçlerine yönelik basamaklar Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1a. Mühendislik tasarım süreci (Hynes ve diğerleri, 2011)



Şekil 1b. Mühendislik tasarım süreci (Fan ve Yu, 2016'dan Türkçeye uyarlanmıştır)

Şekil 1. Mühendislik tasarım süreci

Fan ve Yu (2016) tarafından lise öğrencilerine yönelik geliştirilen mühendislik tasarım çerçevesinde; merkezi dişli öğrenme bağlamını sağlarken, çember dişli tamamen mühendislik tasarım sürecine rehberlik etmektedir. Ayrıca bilimsel araştırma, matematiksel analiz ve teknoloji teknikler; tasarım fikirleri ve uygulama arasındaki bağlantı dişlileri olarak tanımlanmıştır (Fan vd., 2018).

Türkiye’de Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından yayımlanan fen bilimleri dersi öğretim programı incelendiğinde, farklı sınıf kademelerinde (4. Sınıftan 8. Sınıfa kadar) mühendislik ve tasarım süreci temelli uygulamaların öğretilmesi amacıyla "Fen ve Mühendislik Uygulamaları" başlıklı ünite yer almıştır. Daha sonraki yılda (MEB, 2018a) düzenlemelerin yapıldığı fen bilimleri öğretim programında mühendislik ve tasarım süreci temelli uygulamalara "Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları" olarak ünitelerin tamamını kapsayacak şekilde yer verildiği görülmektedir. Ayrıca fen bilimleri dersi öğretim programı incelendiğinde, bilimsel süreç becerileri, yaşam becerilerine ek olarak mühendislik ve tasarım becerileri ile yenilikçi (inovatif) düşünen bireylerin yetiştirilmesinin amaçlandığı görülmektedir (MEB, 2018a). 2023 Eğitim Vizyonu incelendiğinde ise “2023 Eğitim Vizyonu Felsefesi”, “İnsan Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Yönetimi”, “Temel Eğitim” ve Hayat Boyu Öğrenme” ana başlıkları içerisinde 21.yüzyıl becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesine yönelik hedef ve amaçlar tanımlanmıştır (MEB, 2018b). Ancak STEM eğitiminin teorik alt yapısının yeterince anlaşılabilmesi fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) disiplinlerine ait bilgiler bütünleşik anlayıştan uzak olarak okullarda ayrı ayrı öğretilmesine neden olmuştur. Nitekim öğrencilerin matematik ve fen bilimlerine yönelik performanslarının belirlendiği ulusal ve uluslararası platformlarda yapılan değerlendirmeler sonucunda, STEM eğitiminde eksikliklerinin olduğu belirlenmiştir (Saxton vd., 2014). Ayrıca STEM eğitiminin bireyler (araştırmacılar, öğretmenler, vb.) tarafından yeterince anlaşılabilmesi, bu eğitim yaklaşımına yönelik farklı algıların oluşmasına neden olmuştur (Dare, Ring-Whalen ve Roehrig, 2019).

Fen liselerinin kuruluş amacı ve öğrenim gören öğrencilerin akademik başarı düzeyleri düşünüldüğünde, bu okulların mühendislik tasarım süreçlerini benimsenmiş bireylerin yetiştirilmesi ve ülkenin küresel rekabet gücü için oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle fen lisesi öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini gerçekleştirme düzeylerinin

belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini nasıl gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi, öğretim programlarındaki kazanımların oluşturulması ve STEM etkinliklerinin içerikleri için referans teşkil edecektir. Ancak alanyazın incelendiğinde, fen lisesi öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerinin incelendiği çalışmaların olmadığı belirlenmiştir. Bu kapsamda araştırmanın alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini gerçekleştirme düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini nasıl gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışmada aşağıda verilen sorulara cevap aranmıştır:

- Fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerine yönelik düzeyleri nedir?
- Fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencileri mühendislik tasarım sürecini nasıl gerçekleştirmektedir?

### **Yöntem**

Bu bölümde; araştırma deseni, araştırmanın çalışma grubu, veri toplama araçları, veri toplama süreci ve verilerin analizi ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### **Araştırma deseni**

Durum çalışması, bir sistem içerisinde gerçekleşen durum ya da olayların detaylandırılarak açıklanmasını ifade etmektedir (Creswell, 2007). Durum çalışmalarının en büyük faydası, araştırılmak istenen konunun çok yönlü ve derinlemesine incelenmesine odaklanmasıdır. Bu çalışmada, öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini nasıl gerçekleştirdiklerinin derinlemesine ve çok yönlü araştırılabilmesi için nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır.

### **Çalışma grubu**

Bu çalışmanın çalışma grubu 2019-2020 eğitim-öğretim yılında Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan bir ildeki fen lisesinde öğrenim gören 27 öğrenciden oluşmaktadır. Katılımcıların %44,5'i (N=12) kadın ve %55,5'i (N=15) erkektir. Ayrıca katılımcıların gelecekteki meslek tercihleri incelendiğinde, %44,4'ü (N=12) mühendis, %14,9'u (N=4) doktor, %3,7'si (N=1) diş hekimi, %3,7'si (N=1) yönetici, %3,7'si (N=1) astronot ve %29,6'sı (N=9) kararsız olduğu belirlenmiştir. Katılımcıların belirlenmesinde çalışmanın konusu, amacı, etkinlikleri uygulama ve veri toplama süreci hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olan uygulayıcı öğretmenin görüşleri dikkate alınmıştır. Uygulayıcı öğretmen, katılımcıların problemle ilgili kendi içerisinde benzerlik farklı durumların oluşturulmasını ve gönüllülük esasını referans almıştır. Ayrıca çalışma grubunda yer alan katılımcıların birbirleriyle uyum içerisinde çalışabilme, teknoloji tasarımı ve kodlama gibi uygulamalara yatkınlıkları da dikkate alınmıştır. Çalışmada, katılımcıların STEM etkinliklerini işbirliği içerisinde gerçekleştirebilmeleri amacıyla takımlar oluşturulmuştur. Takımlar; öğrencilerin kişisel ve akademik başarı düzeyleri dikkate alınarak takım içinde heterojen, takımlar arasında homojen dağılımlarını sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Bulgular sunulurken kısaltma amacıyla takımlar sırasıyla A, B, C, D, E, F, G, H ve I olarak (her bir katılımcı ise 1, 2 ve 3) kodlanmıştır. Örneğin A grubundaki katılımcılar; A1, A2 ve A3 şeklinde kodlanmıştır.

### **Veri toplama araçları**

Çalışmada; STEM Entegrasyon Temelli Etkinlik Kitapçıkları, Mühendislik Tasarım Süreci Değerlendirme Rubriği ve Mühendislik Tasarım Süreci Nasıl Gerçekleşiyor? Öğrenci Formu olmak üzere üç farklı veri toplama aracı kullanılmıştır.

***STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıkları***

STEM Entegrasyon Temelli Etkinlik Kitapçıklarında; “Anız Yakma Etkinliği-1” ve “Anız Yakma Etkinliği-2” isimli iki (2) farklı etkinlik ve mühendislik tasarım sürecine yönelik sorular bulunmaktadır. Bütünleşik STEM eğiminde öğrencileri otantik ve anlamlı öğrenmeye teşvik etmek için gerçek dünya bağlamlarını kullanmaları gerekmektedir (Kelley ve Knowles, 2016; Roehrig, Dare, Ring-Whalen ve Wiesemann, 2021). Türkiye’de insan kaynaklı çok önemli bir çevre sorunu olduğu için etkinliklerin içeriğinde anız yakma olayına odaklanılmıştır. STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarında yer alan Anız Yakma-1 etkinliğinde öğrencilerden anız yakma uygulaması sonucunda ortaya çıkan sorunları tespit etmeleri ve çözüm üretmeleri beklenmiştir. Bu etkinlik, öğrencilerin fen bilimleri ve matematik derslerinde edindikleri kazanımlar ve bilgilerin mühendislik tasarım süreci içerisinde ürüne dönüştürme süreçlerini belirlemek için hazırlanmıştır. STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarında yer alan Anız Yakma-2 etkinliğinde öğrencilerden anız yakma problemini önlemeye yönelik teknoloji odaklı çözüm önerileri üretmeleri beklenmiştir. Bu etkinlik, öğrencilerin fen bilimleri ve matematik derslerinde edindikleri kazanım ve bilgileri, teknolojiye entegre ederek mühendislik tasarım süreci içerisinde ürüne dönüştürme süreçlerini belirlemek için hazırlanmıştır. Her iki etkinlik için katılımcıların mühendislik tasarım sürecine yönelik düzeylerini belirlemek amacıyla altı sorudan oluşan bir bölüm hazırlanmıştır. Sorular, Hynes ve diğerleri (2011) ile Fan ve Yu (2016) tarafından tanımlanan mühendislik tasarım sürecinin temel basamakları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

#### ***Mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği***

Fen Lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarında yer alan problem ve probleme yönelik çözüm sürecini değerlendirmek için mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriği kullanılmıştır. Mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriğinin hazırlanma sürecinde NASA mühendislik tasarım döngüsü referans alınmıştır (NASA, 2015). Mühendislik tasarım süreci değerlendirme rubriğinin puanlama sürecinde ise Uzel (2019) tarafından geliştirilen “Mühendislik Tasarım Sürecini Değerlendirme Dereceli Puanlama Anahtarı” kullanılmıştır. Bu puanlama anahtarı, sekiz farklı kriter ve üç farklı düzey içerecek şekilde geliştirilmiştir. Puanlama anahtarındaki kriterler; hedeflenen düzeyin altında (1), hedeflenen düzeyde (2) ve hedeflenen düzeyin üzerinde (3) olarak derecelene yapılarak değerlendirilmektedir.

#### ***Mühendislik tasarım süreci nasıl gerçekleşiyor? Öğrenci formu***

Mühendislik tasarım sürecindeki adımların fen lisesi öğrencileri tarafından nasıl gerçekleştirildiğini belirlemek amacıyla “Mühendislik Tasarım Süreci Nasıl Gerçekleşiyor? Öğrenci Formu” başlıklı bir form kullanılmıştır. Formun geliştirilmesinde, katılımcıların bir problemin belirlenmesinden çözümlenmesine kadar geçen tüm süreçleri dikkate alarak cevaplayacakları soruların olmasına dikkat edilmiştir. Hazırlanan taslak form; içerik, amaç ve dil yönünden uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanlardan gelen görüşler doğrultusunda bu form düzenlenmiştir.

#### ***Veri toplama süreci***

Araştırmada farklı veri toplama araçlarından yararlanılmıştır. Bu nedenle veri toplama süreci araştırmacılar tarafından belirlenen akış diyagramı dikkate alınarak yönetilmiştir. Araştırmanın veri toplama süreci Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Araştırmanın veri toplama süreci

### Verilerin Analizi

Araştırmanın amaçları doğrultusunda toplanan veriler, içeriklerine uygun olarak farklı veri analiz teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

#### *STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarının analizi*

Nitel araştırmalarda verilerin çeşitlendirilmesi ve sürecin ayrıntılı olarak betimlenebilmesi için birincil veri kaynaklarına (gözlem, görüşme, vb.) ek olarak ikincil veri kaynakları (kitapçıklar, formlar, vb.) kullanılmaktadır (Merriam, 2015). Bu araştırmada ikincil kaynaklardan biri olan kitapçıklar kullanılmıştır. İkincil kaynakların analizinde, doküman inceleme tekniği kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında dokuz farklı gruba ait Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 kitapçıkları, mühendislik tasarım sürecini değerlendirme dereceli puanlama anahtarına göre iki farklı puanlayıcı tarafından puanlandırılmıştır. Araştırma kapsamında her iki puanlayıcı birbirinden bağımsız olarak gruplara ait STEM entegrasyon temelli kitapçıkları değerlendirmiştir. Daha sonra her iki puanlayıcının kriterlere göre ortalama puanları hesaplanmıştır. Bu uygulama, hem kriterler hem de gruplar için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Puanlayıcılar arasındaki güvenilirliğin olması, araştırmalar için oldukça önemlidir. Bu nedenle puanlayıcı güvenilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Puanlayıcı güvenilirliği, iki ya da daha fazla puanlayıcının farklı maddelere yönelik verdikleri puanlar arasındaki tutarlılık derecesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s.49). Bu araştırmada, STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarının değerlendirilmesini yapan puanlayıcılar arasındaki puanlayıcı güvenilirliğini belirlemek için Cohen Kappa istatistiği kullanılmıştır. Kappa istatistiği, puanlayıcılar arası gözlenen uyumun içinden şansa/tesadüfe dayalı uyumun çıkarılmasıyla belirlenmektedir. Kappa istatistiği formülü,  $P$  gözlenen uyumluluk oranı,  $P_e$  tesadüfi/şansla uyumluluk oranı ile hesaplanmaktadır (Sim ve Wright, 2005). Kappa istatistiği ( $\kappa$ ) formülü Eşitlik-2' de verilmiştir.

$$\kappa = \frac{P - P_e}{1 - P_e} \quad \text{Eşitlik-1}$$

Kappa istatistik indeksinin yorumlanmasında Landis ve Koch (1977) tarafından önerilen uyum düzeyleri kullanılmaktadır. Landis ve Koch (1977) tarafından önerilen uyum düzeyleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

*Kappa İstatistiğinin Yorumlanmasına İlişkin Değer Aralıkları*

$\kappa$	Uyum Gücü
<0,00	Zayıf
0,00 < $\kappa$ < 0,20	Önemsiz
0,21 < $\kappa$ < 0,40	Düşük
0,41 < $\kappa$ < 0,60	Orta
0,61 < $\kappa$ < 0,80	Önemli
0,81 < $\kappa$ < 1,00	Çok Yüksek

Araştırma kapsamında puanlayıcılar arasındaki puanlayıcı güvenilirliğini belirlemek için yapılan Kappa istatistik değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

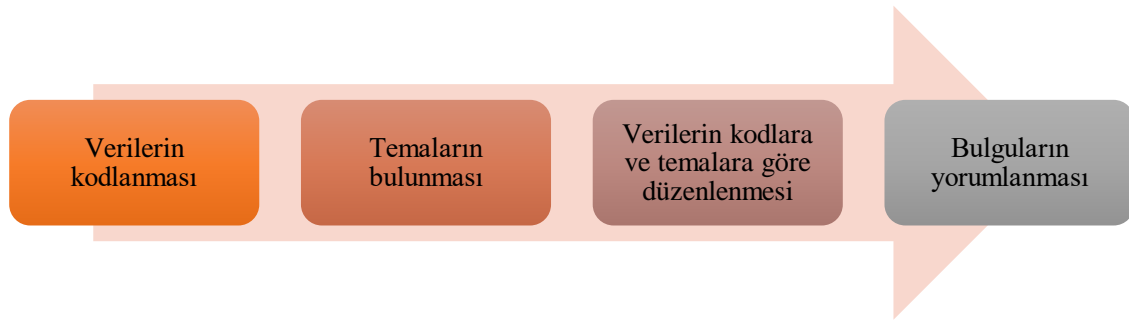
*Puanlayıcılar Arasındaki Güvenirlğe Yönelik Kappa İstatistik Değerleri*

Gruplar	Anız Yakma Etkinliği-1		Anız Yakma Etkinliği-2	
	Kappa istatistiği değeri ( $\kappa$ )	p	Kappa istatistiği değeri ( $\kappa$ )	p
A	1,00	,000*	,750	,028*
B	,805	,001*	,810	,001*
C	,714	,035*	,714	,035*
D	,810	,001*	1,00	,005*
E	1,00	,005*	,636	,004*
F	1,00	,005*	,771	,002*
G	1,00	,005*	,800	,001*
H	,742	,004*	1,00	,000*
I	1,00	,005*	,810	,001*

\*p<0.05.

**Öğrenci formunun analizi**

Öğrenci formu, içerik analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında uygulanan içerik analiz süreci Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Veri analiz süreci (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

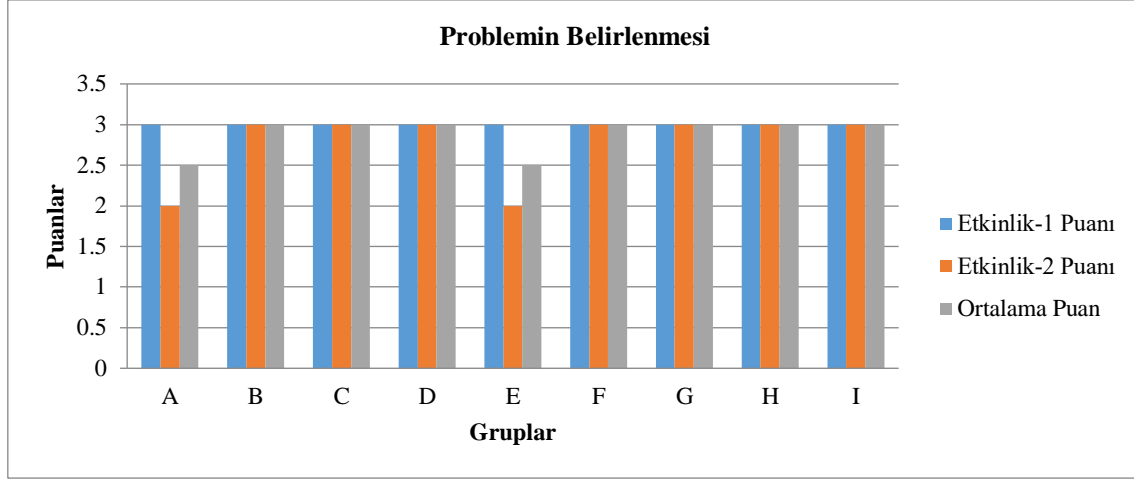
Araştırmanın iç geçerliliği-tutarlılığını sağlamak amacıyla veriler iki farklı kodlayıcı tarafından değerlendirilmiştir. Daha sonra da Miles ve Huberman (1994) [Güvenirlilik: Görüş Birliği Sayısı/(Görüş Birliği Sayısı + Görüş Ayrılığı Sayısı) x100] formülü ile kodlayıcılar arası tutarlılık hesaplanmıştır. Öğrenci formlarının tutarlılık değeri %88 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra kodlayıcılar ve alan uzmanı farklı görüşlere yönelik ortak bir değerlendirme yaparak ifade farklılıkları giderilmiş ve görüş birliğine varılmıştır.

### Bulgular

Bu bölümde; araştırmanın alt problemlerine yönelik bulgular ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

#### STEM entegrasyon temelli etkinlik kitapçıklarından elde edilen bulgular

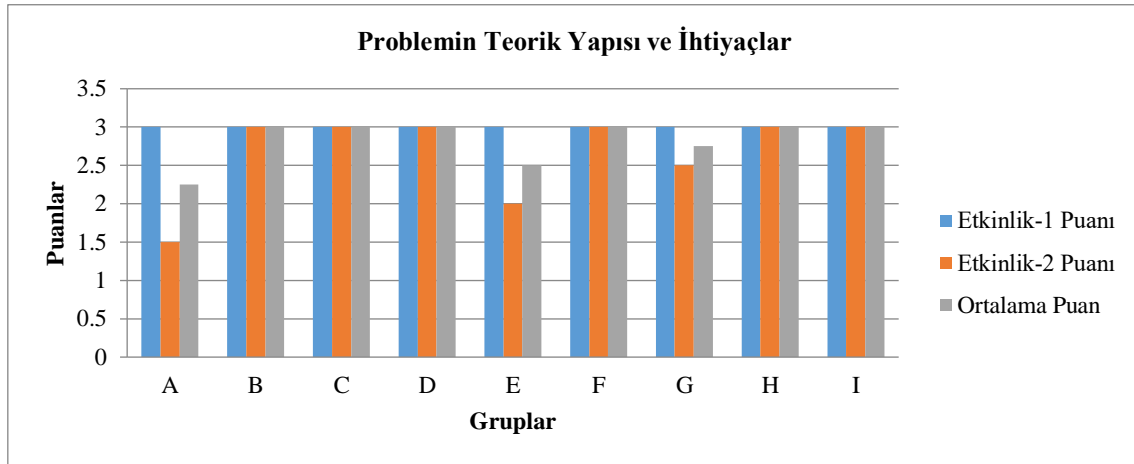
Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemlerin tanımlanmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Problemin belirlenmesine yönelik etkinlik puanları

Şekil 4 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problemin tüm gruplar tarafından en yüksek puan alınarak tanımlandıkları belirlenmiştir. Ancak Anız Yakma Etkinliği-2’de A ve E grubunun aldığı puanın diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemlerin teorik yapısı ve ihtiyaçların tanımlanmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 5’de verilmiştir.

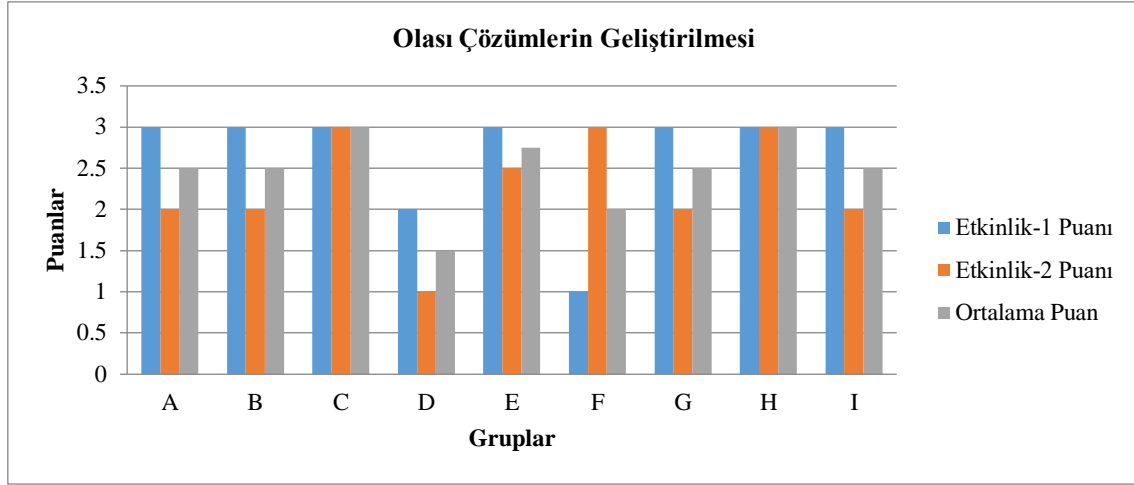


Şekil 5. Problemin teorik yapısı ve ihtiyaçların belirlenmesine yönelik etkinlik puanları

Şekil 5 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problemin teorik yapısı ve ihtiyaçların tanımlanmasının tüm gruplar tarafından en yüksek puan alınarak yapıldığı belirlenmiştir. Ancak Anız Yakma Etkinliği-2’de A ve G gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.



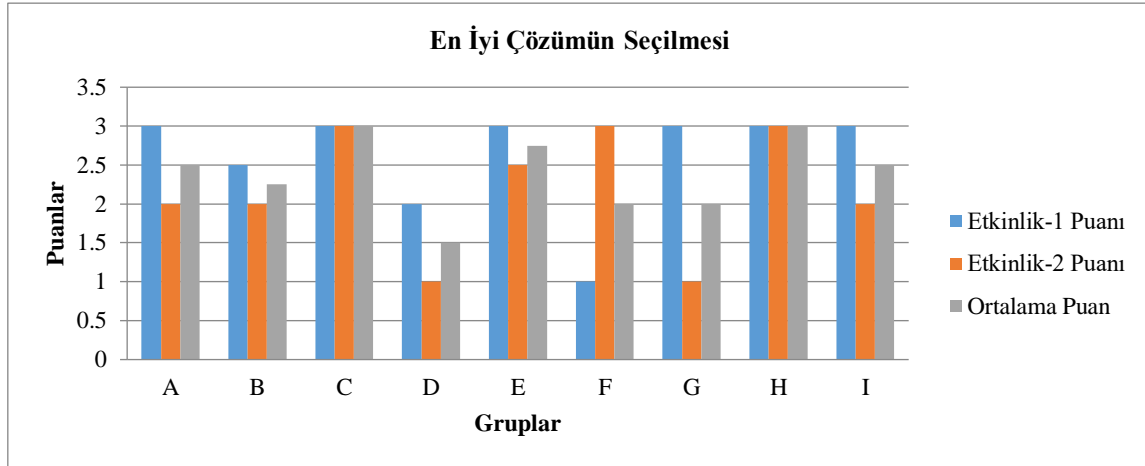
Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemler için olası çözümlerin geliştirilmesine yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Olası çözümlerin geliştirmesine yönelik etkinlik puanları

Şekil 6 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problem için olası çözümlerin geliştirilmesine yönelik A, B, C, E, G, H ve I gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak D ve F gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2’de verilen problem için olası çözümlerin geliştirilmesine yönelik C, F ve H gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak A, B, D, E, G ve I gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

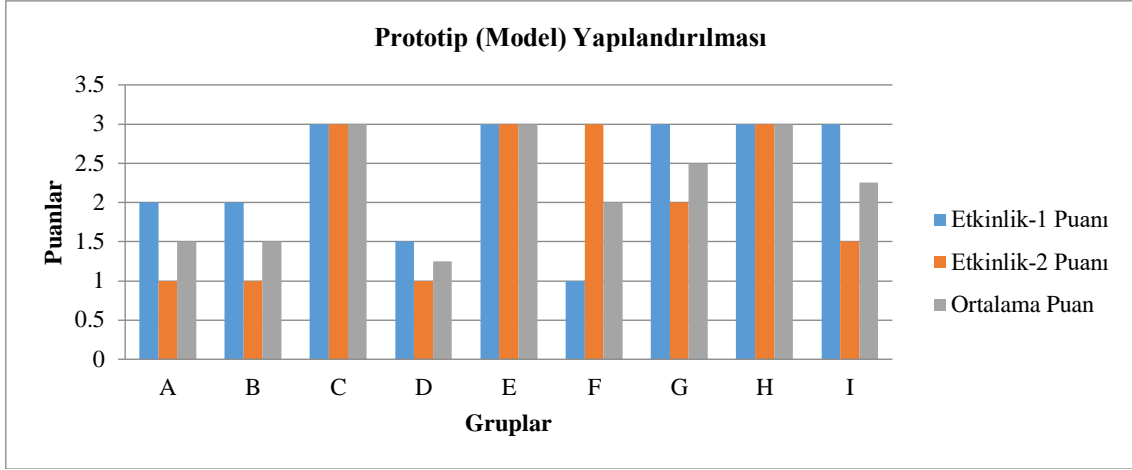
Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemler için en iyi çözümün seçilmesine yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. En iyi çözümün seçilmesine yönelik etkinlik puanları

Şekil 7 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problem için en iyi çözümün seçilmesine yönelik A, C, E, G, H ve I gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak B, D ve F gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2’de verilen problem için en iyi çözümün seçilmesine yönelik C, F ve H gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak A, B, D, E, G ve I gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

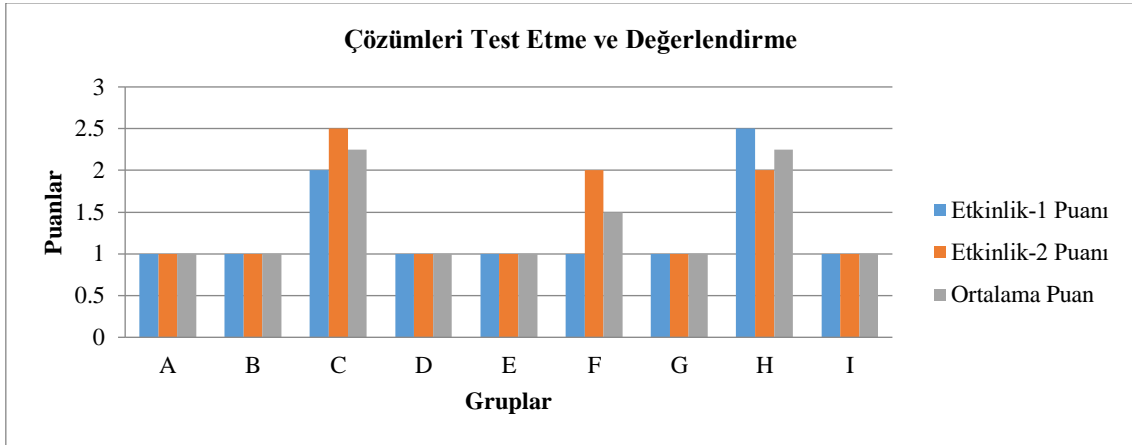
Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemlerin çözümü için prototip (model) yapılandırılmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Prototip (model) yapılandırılmasına yönelik etkinlik puanları

Şekil 8 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problem çözümü için prototip (model) yapılandırılmasına yönelik C, E, G, H ve I gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak A, B, D ve F gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2’de verilen problem için en iyi çözümün seçilmesine yönelik C, F ve H gruplarının en yüksek puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak A, B, D, E, G ve I gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemler için geliştirilen çözümleri test etme ve değerlendirmeye yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 9’da verilmiştir.

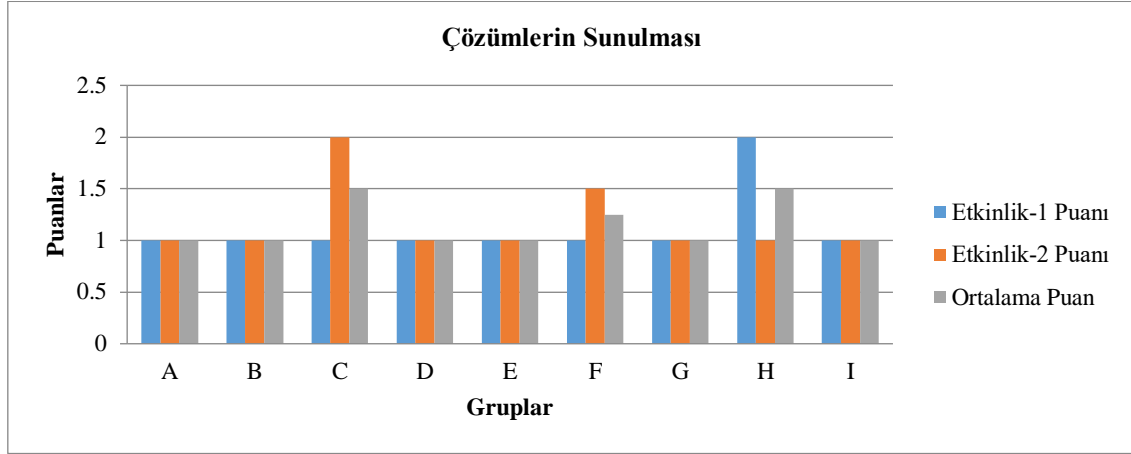


Şekil 9. Çözümleri test etme ve değerlendirmeye yönelik etkinlik puanları

Şekil 9 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problem için geliştirilen çözümleri test etme ve değerlendirmeye yönelik A, B, D, E, F, G ve I gruplarının en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak C ve H gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2’de verilen problem için geliştirilen çözümleri test etme ve değerlendirmeye yönelik A, B, D, E, G ve I gruplarının en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir.

Ancak C, F ve H gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

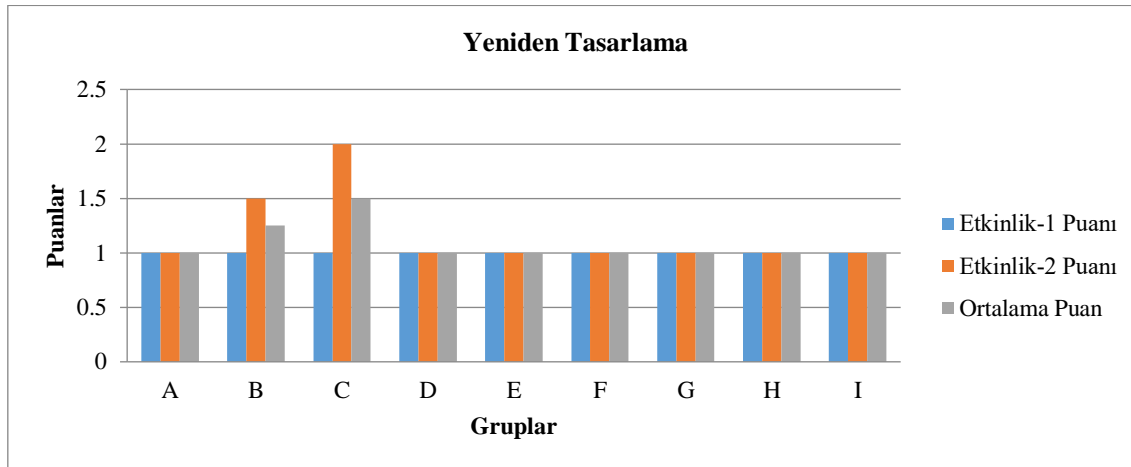
Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemler için geliştirilen çözümlerin sunulmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Çözümleri sunmaya yönelik etkinlik puanları

Şekil 10 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1'de verilen problem için geliştirilen çözümlerin sunulmasına yönelik A, B, C, D, E, F, G ve I gruplarının en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak H gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2'de verilen problem için geliştirilen çözümlerin sunulmasına yönelik A, B, D, E, G, H ve I gruplarının en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak C ve F gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemlerin çözümü için geliştirilen prototipler/çözüm önerilerinin yeniden tasarlanmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 11'de verilmiştir.

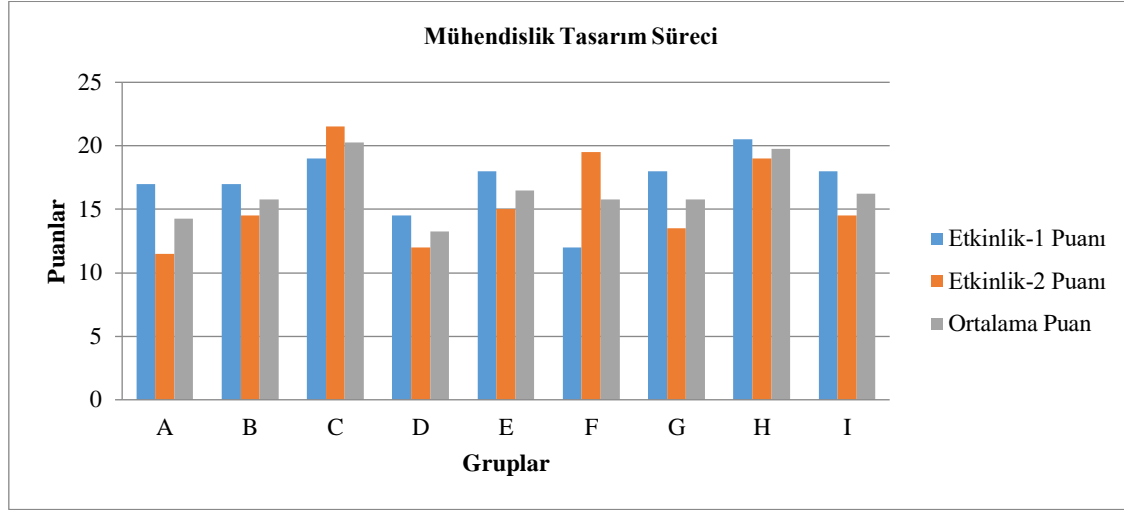


Şekil 11. Yeniden tasarlama yönelik etkinlik puanları

Şekil 11 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1'de verilen problemin çözümü için geliştirilen prototipler/çözüm önerilerinin yeniden tasarlanmasına yönelik tüm grupların en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2'de verilen problemin çözümü için geliştirilen prototipler/çözüm önerilerinin yeniden tasarlanmasına yönelik A, D, E, F, G, H ve I gruplarının

en düşük puanı aldıkları belirlenmiştir. Ancak B ve C gruplarının aldıkları puanların diğer gruplardan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Anız Yakma Etkinliği-1 ve Anız Yakma Etkinliği-2 içerisinde verilen problemlerin çözümünde mühendislik tasarım sürecinin kullanılmasına yönelik araştırmaya katılan grupların aldıkları toplam puanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Mühendislik tasarım süreci etkinlik puanları

Şekil 12 incelendiğinde, Anız Yakma Etkinliği-1’de verilen problemin çözümü için mühendislik tasarım sürecinin kullanılmasına yönelik en yüksek puanın H grubu, en düşük puanın ise F grubu tarafından alındığı belirlenmiştir. Anız Yakma Etkinliği-2’de verilen problemin çözümü için mühendislik tasarım sürecinin kullanılmasına yönelik en yüksek puanın H grubu, en düşük puanın ise A grubu tarafından alındığı belirlenmiştir.

### Öğrencilerde gerçekleşen mühendislik tasarım sürecine ilişkin bulgular

Araştırma kapsamında, Fen Lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım sürecindeki adımların nasıl gerçekleştirdiklerini belirlemek amacıyla “*Mühendislik Tasarım Süreci Nasıl Gerçekleşiyor? Öğrenci Formu*” kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, formda yer alan soru sırasına göre verilmiştir. İlk olarak araştırmada “*Fen Lisesinde öğrenim gören öğrenciler mühendislik tasarım sürecinde problemi tanımlarken nelere dikkat etmektedirler?*” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3.

#### *Problemi Tanımlarken Dikkat Edilen Kriterlere Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Problemi tanımlama kriterleri	Problemin sonuçları	10
	Problemin nedenleri	9
	Probleme bütüncül bakış	6
	Probleme yönelik çözüm önerileri	4

*13: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.*

Tablo 3’deki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde bir problemi tanımlarken problemin sonuçları (f=10), problemin nedenleri (f=9), probleme bütüncül bakış (f=6) ve probleme yönelik çözüm önerileri (f=4) olmak üzere farklı kriterlere dikkat ettikleri belirlenmiştir.

Araştırmada “Fen Lisesinde öğrenim gören öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde problemi yönelik ihtiyaçları (sınırlılıklar, teorik bilgi vb.) nasıl belirlemektedirler?” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4.

*Probleme Yönelik İhtiyaçların Belirlenmesine Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Kullanılan teknoloji	İnternet	10
	Bireysel	4
Karar verme süreci	Grup arkadaşlarıyla	4
	Uzman görüşü	1
Yöntem	Mevcut uygulamaların analizi	2
	Probleme uygunlunun incelenmesi	2
	Piyasa fiyatlarının analizi	1
	İstatistiksel verilerin analizi	1
	Proje taslağına uygunluğu	1
	Belli şemaların izlenmesi	1
Bilgi kaynağı	Araştırma sonuçları	9
	Derste öğrendiği bilgiler	1

*İ3: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.*

Tablo 4’deki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin probleme yönelik ihtiyaçları belirlerken kullanılan teknoloji (f=10), karar verme süreci (f=9), yöntem (f=8) ve bilgi kaynağı (f=10) olmak üzere dört farklı temaya dikkat ettikleri tespit edilmiştir.

Araştırmada “Fen Lisesinde öğrenim gören öğrenciler bir problemin çözümünde ürettikleri fikirlerden en iyi çözüm önerisini nasıl belirlemektedirler?” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5.

*En İyi Çözüm Önerisinin Belirlenmesine Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Karar verme süreci	Karşılaştırma yapmak	5
	Grup arkadaşları ile konuşmak	4
	Problemin analizi	4
	Kriter oluşturmak	1
	Test etmek	1
Uygunluk kriterleri	Verimlilik	8
	Maliyet	5
	Uygulanabilirlik	3
	Kolay yapılması	3
	Zararsız olması	3
	Faydalı olması	3
	Kısa sürede yapılması	2
	Uzun ömürlü olması	2
	Dayanıklı olması	1

*İ3: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.*

Tablo 5’deki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin bir problemin çözümüne yönelik ürettikleri fikirlerden en iyi çözüm önerisini belirlerken karar verme süreci (f=15) ve uygunluk kriterleri (f=30) olmak üzere iki farklı temaya dikkat ettikleri tespit edilmiştir.

Araştırmada “Fen Lisesinde öğrenim gören öğrenciler geliştirdikleri prototipin problemin çözümü için uygun olup olmadığını nasıl belirlemektedirler?” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6.  
*Prototipin Uygunluğuna Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Karar verme süreci	Test etmek	10
	Kriter oluşturmak	3
	Empati kurmak	2
Uygunluk kriterleri	Sorunu çözmesi	8
	Çalışıyor olması	4
	Verimlilik	3
	Zorluk çıkarmaması	2
	Uygulanabilirlik	1

I3: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.

Tablo 6'daki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin geliştirdikleri prototipin problemin çözümü için uygun olup olmadığını belirlerken karar verme süreci (f=15) ve uygunluk kriterleri (f=17) olmak üzere iki farklı temaya dikkat ettikleri tespit edilmiştir.

Araştırmada “*Fen Lisesinde öğrenim gören öğrencilerin geliştirdikleri prototipte beklenmedik sorun olursa nasıl bir süreç izlemektedirler?*” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7.  
*Prototipte Oluşan Sorunun Çözümüne Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Strateji	Sorunun tespiti	15
	Soruna çözüm üretilmesi	14
	Tekrar yapmak	7
	Yeni proje geliştirmek	4
	Problemin yeniden analizi	1
Karar verme süreci	Grup arkadaşlarıyla konuşmak	1
	Uzman görüşü almak	1

I3: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.

Tablo 7’deki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin prototipte beklenmedik bir sorunun çözümünde strateji (f=41) karar verme süreci (f=2) olmak üzere iki farklı temaya dikkat ettikleri tespit edilmiştir.

Araştırmada “*Fen Lisesinde öğrenim gören öğrencilerin bir problemin çözümü için hazırlanan mühendislik tasarım ürünlerinin seçimi yapan yönetici olarak karar verirken en önemli kriteri nedir?*” sorusuna cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8.  
*Mühendislik Tasarım Ürününün Seçimine Karar Verirken En Önemli Krite Yönelik Bulgular*

Tema	Alt tema	f
Karar verme kriteri	İşlevsel olması	10
	Maliyet-performans ilişkisi	7
	Sürdürülebilir olması	4
	İhtiyaçları karşılaması	4
	Maliyet	3
	Kalite	3
	Pazarlama politikası	2

I3: Katılımcı bu formdaki soruları cevaplamamıştır.

Tablo 8’deki bulgular incelendiğinde, fen lisesinde öğrenim gören öğrencilerin bir problemin çözümü için hazırlanan mühendislik tasarım ürünlerinin seçimi yapan yönetici konumundayken karar verme kriterlerinin (f=33) olduğu belirlenmiştir. Öğrenciler mühendislik tasarım ürünlerinin

seçiminde işlevsel olması (f=10), maliyet-performans ilişkisi (f=7), sürdürülebilir olması (f=4), ihtiyaçları karşılaması (f=4), maliyet (f=4), kalite (f=3) ve pazarlama politikası (f=2) kriterlerine dikkat ettikleri tespit edilmiştir.

### **Tartışma, Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini gerçekleştirme düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerini nasıl gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerine yönelik düzeyleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin STEM entegrasyon temelli etkinliklerde problemin belirlenmesi, problemin teorik yapısı ve ihtiyaçların belirlenmesi, olası çözümlerin geliştirilmesi, en iyi çözümün seçilmesi ve prototip (model) yapılandırılması süreçlerinde hedeflenen düzeyin üzerinde oldukları belirlenmiştir. Ancak çözümleri test etme ve değerlendirme, çözümlerin sunulması ve yeniden tasarlanması sürecinde öğrencilerin hedeflenen düzeyin altında oldukları belirlenmiştir. Ayrıca fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin STEM entegrasyon temelli etkinliklere yönelik mühendislik tasarım sürecinin kullanılmasında hedeflenen düzeyin altında oldukları belirlenmiştir. Bu durumun oluşmasında öğrencilerin teorik bilgi eksikliği ve yeterli deneyimlerinin olmamasının etkili olduğu söylenebilir. Konu ile ilgili alanyazın incelendiğinde, araştırmanın bulgularını destekleyen çalışmaların (Bozkurt, 2014; Hacıoğlu, Yamak ve Kavak, 2016; Uzel, 2019) olduğu belirlenmiştir. Örneğin Uzel (2019), 6.sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım temelli etkinliklerine yönelik problemin belirlenmesi, en iyi çözümü test etme ve prototipin yapılandırılması süreçlerinde hedeflenen düzey ve üzerinde olduklarını belirtmiştir. Öğrencilerin STEM etkinliklerine yönelik deneyimlerinin artması hedeflenen düzeyin üzerinde puan almalarını sağlamaktadır (Ercan, 2014; Hacıoğlu, 2017; Uzel, 2019). Karakaya ve diğerleri (2020) yaptıkları çalışmada, ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları ve derslere karşı olumlu davranış sergilemelerinde STEM etkinliklerinin etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan araştırmalar STEM uygulamalarının pedagojik alan bilgisi ve öz yeterliğe olumlu katkı sağladığını göstermiştir (Arslan ve Yıldırım, 2020). Bu sonuçlar araştırmanın bulguları ile örtüşmektedir.

Araştırmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım sürecindeki adımları nasıl gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, öğrencilerin problemi tanımlarken dikkat ettikleri kriterler incelenmiştir. Araştırma sonucunda; fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım sürecinde bir problemi tanımlarken problemin sonuçları, problemin nedenleri, probleme bütüncül bakış ve probleme yönelik geliştirebilecekleri çözüm önerilerine dikkat ettikleri tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada öğrencilerin probleme yönelik ihtiyaçları belirleme süreçleri incelenmiştir. Öğrencilerin probleme yönelik ihtiyaçları; kullanılan teknoloji (internet), karar verme süreci (bireysel, grup arkadaşlarıyla ve uzman görüşü), yöntem (mevcut uygulamaların analizi, probleme uygunlunun incelenmesi, piyasa fiyatlarının analizi, istatistiksel verilerin analizi, proje taslağına uygunluğu ve belli şemaların izlenmesi) ve bilgi kaynağı (araştırma sonuçları ve ders öğrendiği bilgileri) açısından değerlendirdikleri belirlenmiştir. Öğrenciler, problemin doğru tespit edilmesinin mühendis olarak problemin çözümünde en çok dikkat edecekleri kural olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlara göre, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin problemleri tüm ayrıntılarıyla başarılı olarak değerlendirebildikleri söylenebilir. Mühendislik tasarım sürecinde problemin daha iyi anlaşılabilmesi için kriterlerin oluşturulması oldukça önemlidir (Mentzer, 2011). Mühendislik tasarım süreçleri belli kriterler (akademik düzey, problemin özelliği vb.) dikkate alınarak müfredatlara entegre edilmesi öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme ve karar verme becerilerinin gelişmesini sağlamaktadır (Carr ve Strobel, 2011). Ayrıca erken yaştan itibaren mühendislik tasarım uygulamalarının öğrenciler tarafından deneyimlenmesi, STEM entegrasyon sürecini olumlu etkilemektedir (Gonzalez ve Freyer, 2014; Karakaya vd., 2018).

Nitekim Öztürk, Bozkurt Altan ve Tan (2020) yaptıkları araştırma sonucunda, öğrencilerin tasarım temelli projelerde yer almalarının bilimsel süreç becerilerinin gelişimine olumlu katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Sürmeli ve diğerleri (2018) yaptıkları çalışmada, ortaokul öğrencilerinin bir problemin belirlenmesi ve çözümü için farklı bakış açıları geliştirebildiklerini gözlemlemişlerdir. Brophy ve diğerlerine (2008) göre toplumun ihtiyaçlarını karşılamak ve sorunların ortadan kaldırılması için içerik bilgisi ve bilişsel süreçlerin önemi büyüktür. Bu sonuçlar araştırmanın bulgularını desteklemektedir.

Araştırmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin bir problemin çözümünde ürettikleri fikirlerden en iyi çözüm önerisini nasıl belirledikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, öğrencilerinin bir problemin çözümünde ürettikleri fikirlerden en iyisi olarak düşündükleri öneriyi belli kriterler (uygunluk kriterleri) ve karar verme süreci açısından değerlendirilerek tespit ettikleri görülmüştür. Öğrenciler en iyi çözüm önerisine karar verirken; karşılaştırma yapmak, grup arkadaşları ile konuşmak, problemin analizi, kriter oluşturmak ve test etmek şeklinde yöntemler izlemektedirler. En iyi çözüm önerisinin uygunluğuna ise; verimlilik, maliyet, uygulanabilirlik, kolay yapılması, zararsız olması, faydalı olması, kısa sürede yapılması, uzun ömürlü olması ve dayanıklı olması kriterlerine göre karar verildiği belirlenmiştir. Öğrenciler, doğru çözüm önerisinin mühendis olarak en çok dikkat edecekleri kurallar arasında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, çözüm önerisinin belirlenmesi ve seçilmesine yönelik birbirleriyle fikir alış-verişinde buldukları ve süreci etkin bir şekilde tamamladıkları belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin probleme yönelik çözüm önerilerini belirleme ve seçimi konusunda gerçekleştirdikleri strateji/kriterlerin başarılı olduğu söylenebilir. Fan ve diğerleri (2018), öğrencilerin çözüm geliştirebilmelerinin uygun STEM bilgisi ve yaratıcılıklarıyla ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Silk ve Schunn'a (2008) göre, mühendislik tasarım sürecini başarıyla yöneten öğrenciler birden fazla çözüm önerisi sunabilmektedirler. Öğrenciler tarafından problemin çözümüne yönelik birden fazla çözüm önerisinin sunulabilmesi, çözüm sürecinde oluşabilecek aksaklıkların giderilmesine yönelik yetkinliklerin kazandırılmasını sağlayacaktır (Hagay ve Baram-Tsabari, 2015). Ayrıca araştırma bulgularına göre, öğrencilerin probleme yönelik çözüm önerilerini belirleme ve seçimi konusunda başarılarının artırılması için konuya yönelik ilgi ve motivasyonlarının önemli olduğu söylenebilir. Nitekim Guzey, Moore ve Harwell (2016), problemin içeriğinin hem disiplinlerarası entegrasyonu hem de mühendislik tasarım sürecinde motivasyonu artırdığını ifade etmişlerdir. Moore ve diğerleri (2014) ise, entegre STEM eğitiminde başarılı olunabilmesi için motive edici ve ilgi çekici bağlamların oluşturulmasının önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bu sonuçlar araştırmanın bulgularını desteklemektedir.

Araştırmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin prototipin hazırlanması, uygunluğu ve prototipte oluşan sorunların çözümünü nasıl gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, öğrencilerin prototipin uygunluğuna; karar verme süreci (test etmek, kriter oluşturmak ve empati kurmak) ve uygunluk kriterleri (sorunu çözmesi, çalışıyor olması, verimlilik, zorluk çıkarmaması ve uygulanabilirlik) açısından değerlendirilerek karar verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin prototipte oluşan sorunların çözümünü ise; strateji (sorunun tespiti, soruna çözüm üretilmesi, tekrar yapmak, yeni proje geliştirmek, problemin yeniden analizi) ve karar verme süreci (grup arkadaşlarıyla konuşmak ve uzman görüşü almak) olarak değerlendirdikleri belirlenmiştir. Ancak çalışmada öğrencilerin, tasarım ve prototip yapma konularında kendilerini yeterli görmedikleri ve prototipin (tasarım/model) hazırlanması konusunda sorun yaşadıkları belirlenmiştir. Bu durumun oluşmasında; uygulama eksikliği, örnek uygulama olmaması, materyal eksikliği, eğitim eksikliği, deneyim eksikliği, takım çalışmasında eksiklik ve sorumluluktan kaçma nedenlerinin etkili olduğu söylenebilir. Karakaya ve diğerleri (2020) yaptıkları çalışmada, ortaokul öğrencilerinin bir problemin çözümüne yönelik tasarım sürecinde yaşanan zorlukların malzeme yetersizliği, zaman, takım çalışma ve eğitim eksikliğinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Aydın ve Karanlı Baydere (2019) araştırmalarında, öğrencilerin tasarım konusunda el becerilerinin ve yeterliklerinin istenilen



düzeyde olmamasının mühendislik tasarım sürecini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Eroğlu ve Bektaş (2016) tarafından yapılan araştırmada, STEM eğitimi almış öğretmenler zamanın planlanması, etkinliklerde alternatif materyallerin verilmesi ve daha fazla eğitimlerin düzenlenmesinin yaşanılan sorunların ortadan kaldırılmasında faydalı olacağını vurgulamışlardır. Ayrıca yapılan araştırmalar sanatın bütünleşik STEM eğitiminin içerisinde yer almasının (STEAM), fen lisesi ve üstün yetenekli öğrencilerin mühendislik tasarım süreci açısından faydalı olacağını göstermiştir (Komek, Yagiz ve Kurt, 2015; Mann vd., 2011). McCormick (2004), kavramsal bilgi ve problem çözme süreçleri arasında iyi açıklamalar ve öğrenme deneyimleri yeterince sağlanamadığında mühendislik tasarım sürecinin başarısız olabileceğini vurgulamıştır.

Araştırmada, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin bir problemin çözümü için hazırlanan mühendislik tasarım süreci ürünlerinin seçimini nasıl gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, öğrencilerin bir problemin çözümü için hazırlanan mühendislik tasarım süreci ürünlerini işlevsellik, maliyet-performans ilişkisi, sürdürülebilir olması, ihtiyaçları karşılması, maliyet-kalite-pazarlama politikası kriterlerini dikkate alarak seçtikleri tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, fen lisesinde öğrenim gören dokuzuncu sınıf öğrencilerinin problemin çözümü için hazırlanan mühendislik tasarım süreci ürünlerinin seçimi konusunda kriterlerin geniş bir perspektifte olduğu söylenebilir. Crismond ve Adams'e (2012) göre iyi bir mühendisle acemi bir mühendis arasındaki temel farklılıklar, sorunu tanımlama ve fikirlerin uygulanabilirliğini tahmin etme becerilerinden kaynaklanmaktadır. Alanyazındaki araştırmalar, mühendislik tasarım sürecinde öğrencilerin ürünlerin seçiminde “tak ve çalıştır” veya “deneme-yanılma” tekniklerini kullanmalarının eleştirilmesi gereken bir durum olduğunu göstermiştir (Altan ve Karahan, 2019; Roth, 2001). Öğrencilerin ürün seçimi ve prototipin (model/tasarım) belirlenme sürecinde belli stratejileri benimsemeleri, STEM eğitimi ile amaçlanan kazanımlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca belirlenen stratejiler, öğrencilerin sorgulama ve eleştirel düşünme becerilerinin gelişimine katkıda bulunacaktır. Land'a (2013) göre, sanatın STEM eğitime entegrasyonunun (STEAM) gerçekleştirilmesi, öğrencilerin karmaşık yapıları çözmelerini ve analitik düşünme becerilerinin gelişimini sağlayacaktır. Kahraman ve Doğan (2020) yaptıkları araştırmada, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde hazırlanan ürünlerin uygunluğuna karar verme sürecinde sağlamlık, çalışma mekanizması, dış görünüş kriterlerine dikkat ettiklerini sonucuna ulaşmışlardır. Yıldırım (2019), fen bilgisi öğretmen adaylarının biyomimikriye yönelik hazırlamış oldukları tasarım ürünlerini “gerçeklik, ekonomiklik, dayanıklılık, estetiklik ve hedefe uygunluk” gibi kriterlere dikkat ederek hazırladıkları sonucuna ulaşmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulgular dikkate alınarak;

- STEM etkinliklerinin gerçekleştirilme, uygulama ve değerlendirme süreçlerinin öğrencilerin yeterlikleri ve imkânları dikkate alınarak planlanması,
- Öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine yönelik deneyimlerinin artırılması için eğitim içeriklerinin, örnek etkinliklerin geliştirilmesi ve uygulanması,
- Öğrencilerin geliştirdikleri düşünceleri ifade edebilmeleri için çizim becerilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması,
- Öğrenilen bilgilerin günlük yaşamla entegrasyonunun sağlanabilmesi için STEM etkinlik ve uygulamalarının geliştirilmesi,
- Öğrencilerin içerik entegrasyonuna yönelik deneyimlerinin artırılabilmesi için öğrenim dönemlerinin (ara dönem /yıl sonu) sonunda mühendislik tasarım süreçlerini içeren proje veya uygulama ödevlerinin verilmesi önerilmektedir.

### **Etik Kurul Onay Bilgileri (The Ethical Committee Approval)**

Bu çalışma, T.C. Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu Ölçme Değerlendirme Etik Alt Çalışma Grubu'nun 07.01.2020 tarihli toplantıda alınan 01 sayılı karar ile araştırma ve yayın etiğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca araştırmanın Ankara İli Çankaya İlçesinde bulunan Ankara Fen Lisesi'nde gerçekleştirebilmesi için ise T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğünden yasal izinler alınmıştır.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Çalışmada yer alan yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığı beyan edilmiştir.

### **Finansal Destek (Financial Support)**

Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

### **Kaynaklar**

- Aldahmash, A.H., Alamri, N.A., & Aljallal, M. (2019). Saudi Arabian science and mathematics teachers' attitudes toward integrating STEM in teaching before and after participating in a professional development program. *Cogent Education*, 6, 1-21.
- Altan, E. B. ve Üçüncüoğlu, İ. (2018). Fen bilimleri öğretmen adayları için STEM odaklı laboratuvar uygulamaları etkinliği: sağlıklı yaşam modülü'ne yönelik değerlendirmeler. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 4(9), 329-347.
- Arslan, Ö. ve Yıldırım, B. (2020). STEM uygulamalarının öğretmen adaylarının öz-yeterlikleri, pedagoji ve alan bilgisi üzerine etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 1339-1355. doi: 10.17679/inuefd.789366
- Aydeniz, M. (2017). Eğitim sistemimiz ve 21. Yüzyıl hayalimiz: 2045 Hedeflerine ilerlerken, Türkiye için STEM odaklı ekonomik bir yol haritası. University of Tennessee, Knoxville. [https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1019&context=utk\\_theopubs](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1019&context=utk_theopubs) adresinden erişilmiştir.
- Aydın, E. ve Karşı Baydere, F. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkındaki görüşleri: Karışımların ayrıştırılması örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 35-52. doi: 10.7822/omuefd.439843
- 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). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>'nden erişilmiştir (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. doi: 10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Buyruk, B. ve Korkmaz, Ö. (2016). FeTeMM farkındalık ölçeği (FFÖ): Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Part B: Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 3(2), 61-76. doi: 10.12973/tused.10179a
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329, 996. doi: 10.1126/science.1194998
- Carr, R. L., & Strobel, J. (2011). *Integrating engineering design challenges into secondary STEM education*. Logan, UT: National Center for Engineering and Technology Education. Retrieved from [https://digitalcommons.usu.edu/ncete\\_publications/172/](https://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/172/)
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* New York: Sage.
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.

- Cunningham, C. M., & Hester, K. (2007). *Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children*. Paper presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Honolulu, HI. Retrieved from <http://eie.org/eie-curriculum/research/articles/engineeringelementaryengineering-and-technology-curriculum>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720.
- Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi* (Doktora tezi). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>'nden erişilmiştir (Tez No: 372246).
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67. doi: 10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m
- Fan, S. C., Yu, K. C., & Lou, S. J. (2018). Why do students present different design objectives in engineering design projects?. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(4), 1039-1060. doi: 10.1007/s10798-017-9420-5
- Fan, S.C., & Yu, K.C. (2016). Core value and implementation of the science, technology, engineering, and mathematics curriculum in technology education. *Journal of Research in Education Sciences*, 61(2), 153-183. doi: 10.6209/JORIES.2016.61(2).06
- Gonzalez, M., & Fryer, C. (2014). A Collaborative Initiative: STEM and Universally designed curriculum for at risk preschoolers. *National Teacher Education Journal*, 7(3), 21-29.
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 6(1), 11-29.
- Gürten, E., Demirkaya, A. S. ve Doğan, N. (2019). Uzmanların PISA ve TIMSS sınavlarının eğitim politika ve programlarına etkisine ilişkin görüşleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (52), 287-319. doi: 10.21764/maueufd.599615
- Hacıoğlu, Y. (2017). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimi temelli etkinliklerin fen bilgisi öğretmen adaylarının eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* (Doktora tezi). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>'nden erişilmiştir (Tez No: 461483).
- Hacıoğlu, Y. ve Başpınar, A. (2020). Bir sınıf öğretmeni ve öğrencilerinin ilk STEM eğitimi deneyimleri. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(22), 1-23. doi:10.38155/ksbd.690919
- Hacıoğlu, Y., Yamak, H. ve Kavak, N. (2016). Mühendislik tasarım temelli fen eğitimi ile ilgili öğretmen görüşleri. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 5(3), 807-830. doi: 10.14686/buefad.v5i3.5000195411
- Hagay, G., & Baram-Tsabari, A. (2015). A strategy for incorporating students' interests into the high school science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 949-978. doi: 10.1002/tea.21228
- Hom, E. (2014). *What is STEM education?* Retrieved from <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>
- Huntley, M. A. (1998). Design and implementation of a framework for defining integrated mathematics and science education. *School Science and Mathematics*, 98(6), 320-327. doi: 10.1111/j.1949-8594.1998.tb17427.x
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. Retrieved from <http://ncete.org/flash/pdfs/Infusing%20Engineering%20Hynes.pdf>
- Kahraman, E. ve Doğan, A. (2020). STEM etkinliklerine yönelik ortaokul öğrencilerinin görüşleri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 4(1), 1-20. doi: 10.35346/aod.728000
- Karakaya (2021). *Fen lisesi öğrencilerinin STEM entegrasyon süreçlerinin incelenmesi* (Doktora tezi). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>'nden erişilmiştir (Tez No: 666640).

- Karakaya, F., & Avgın, S.S. (2016). Effect of demographic features to middle school students' attitude towards FeTeMM (STEM). *Journal of Human Sciences*, 13(3), 4188-4198. doi: 10.14687/jhs.v13i3.4104
- Karakaya, F., Alabaş, Z.E., Akpınar, A., & Yılmaz M. (2020). Determination of middle school students' views about stem activities. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 7(2), 537-551.
- Karakaya, F., Avgın, S. ve Yılmaz, M. (2018). Ortaokul öğrencilerinin fen-teknoloji-mühendislik-matematik (STEM) mesleklerine olan ilgileri. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 36-53.
- Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 2-11. doi: 10.1186/s40594-016-0046-z
- Komek, E., Yagiz, D., & Kurt, M. (2015). Analysis according to certain variables of scientific literacy among gifted students that participate in scientific activities at science and art centers. *Journal for the Education of the Young Scientist & Giftedness*, 3, 1-12. doi: 10.17478/JEGYS.2015110568
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552. doi: 10.1016/j.procs.2013.09.317
- Landis, J. R., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174. doi: 10.2307/2529310
- Mann, E.L., Mann, R.L., Strutz, M. L., Duncan, D., & Yoon, S. Y. (2011). Integrating engineering into K-6 curriculum: Developing talent in the STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 22, 639-658. doi: 10.1177/1932202X11415007
- McCormick, R. (2004). Issues of learning and knowledge in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.
- Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2), 103-136. doi: 10.30707/JSTE48.2Mentzer
- Merriam, S.B. (2015). *Nitel araştırma: desen ve uygulama için bir rehber*. (S. Turan, Çev.). Ankara: Nobel.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook*. (2<sup>nd</sup> ed). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018a). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı* (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325> adresi erişilmiştir.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018b). *2023 Eğitim Vizyon*. [http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023\\_EGITIM\\_VIZYONU.pdf](http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf) adresinden erişilmiştir.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In J. Strobel, S. Purzer, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Research into practice* (pp. 35-60). Rotterdam: Sense Publishers.
- National Academies [NAEP], (2014). *Technology and engineering literacy framework for the 2014 national assessment of educational progress-pre- publication edition*. WestEd: National Assessment Governing Board.
- National Research Council (2012). A framework for K-12 science education practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education*. Washington D. C.: The National Academies. doi: 10.17226/13165
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states>

- Öztürk, N., Bozkurt Altan, E. ve Tan, S. (2020). Ortaokul öğrencilerinin “geleceğe hazırlanıyorum: Problemlere çözüm arıyorum” projesinin kendilerine katkılarına yönelik değerlendirmelerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 49(225), 153-179.
- Petroski, H., (1996). *Invention by design: How engineers get from thought to thing*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Roehrig, G.H., Dare, E.A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J.R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-21. doi: 10.1186/s40594-020-00259-8
- Roth, W. (2001). Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 768-790. doi: 10.1002/tea.1031
- Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelly, S., Prince, D., Rigelman, N., & Skinner, E. A. (2014). A common measurement system for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluations*, 40, 18-35. doi: 10.1016/j.stueduc.2013.11.005
- Silk E.M., & Schunn C.D. (2008). The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an urban setting, *Journal of Science Education and Technology*, 41(10), 1081-1110. doi: 10.1007/s10956-009-9144-8
- Sim, J., & Wright, C. C. (2005). The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Physical therapy*, 85(3), 257-268. doi: 10.1093/ptj/85.3.257
- Sürmeli, H., Yıldırım, M., Göcük, A., & Sevgi, Y. (2018). Secondary school students' performance and opinions towards activities based on engineering design process. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 47(2), 844-872.
- Uzel, L. (2019). 6. sınıf madde ve ısı ünitesinde gerçekleştirilen mühendislik tasarım temelli uygulamaların öğrencilerin problem çözme ve tasarım becerilerine etkisinin değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>'nden erişilmiştir (Tez No: 538943).
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11.Baskı). Ankara: Seçkin.
- Yıldırım, B. (2019). Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM eğitiminde biyomimikri uygulamalarına yönelik görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 63-90.

### Extended Abstract

#### Introduction

Scientific and technological developments around the world have increased the need for new educational approaches. In this context, a STEM education approach has been developed to educate individuals who can meet the needs of today's world. STEM education, science-technology-engineering-mathematics knowledge and skills of the discipline of engineering design in the center, interdisciplinary approach equipping students problem solving skills training is defined as (Buyruk & Korkmaz, 2016; Bybee, 2010; Karakaya & Avgın, 2016). Moore et al. (2014) have broadly defined integrated STEM education as “an effort to combine some or all of the four disciplines of science, technology, engineering, and mathematics into a single class, unit, or lesson based on connections between subjects and the real world.” STEM education is a holistic approach that enables the use of knowledge and skills belonging to the disciplines of Science, Technology, Engineering and mathematics in solving real-life problems (Hom, 2014). This holistic education approach is very important for raising individuals who can transform knowledge into a product for solving the problems faced by societies (Aldahmash, Alamri, & Aljallal, 2019). Historical researches have shown that there is little interest in technology and engineering discipline, and integration processes are mostly carried out in science and mathematics disciplines (Huntley, 1998). However, with the development of engineering concepts and practices and their inclusion in state and national science standards in the United States (National Research Council, 2012; NGSS Lead States, 2013), interdisciplinary integration has been carried beyond science and mathematics.

When the science curriculum published by the Ministry of National Education (MoNE) in Turkey is examined, there is a unit titled "Science and Engineering Applications" in order to teach engineering and design process-based applications at different grade levels (from the 4th to the 8th grade). In the next year (MEB, 2018a), it is seen that in the science curriculum, where regulations were made, engineering and design process-based applications were included as "Science, Engineering and Entrepreneurship Applications" in a way to cover all the units. In addition, when the science curriculum is examined, it is seen that in addition to scientific process skills and life skills, it is aimed to train individuals who think innovatively with engineering and design skills (MEB, 2018a). When the 2023 Education Vision is examined; Goals and objectives for raising individuals with 21st century skills are defined under the main headings of "2023 Education Vision Philosophy", "Development and Management of Human Resources", "Basic Education" and Lifelong Learning (MEB, 2018b).

Considering the establishment purpose of science high schools and the academic achievement levels of the students studying, it is understood that these schools are very important for raising individuals who have adopted the engineering design processes and for the global competitiveness of the country. For this reason, it is necessary to determine the level of realization of engineering design processes of science high school students. In the study, it was aimed to determine the level of realization of engineering design processes ninth grade students' studying in science high school. In addition, it was aimed to determine how the ninth grade students studying in science high school carried out the engineering design processes in the research. It will be a reference for the determination of how the students perform the engineering design processes, the creation of the gains in the curriculum and the content of STEM activities. However, when the literature is examined, it has been determined that there are no studies examining the engineering design processes of science high school students. In this context, it is thought that the research will contribute to the literature.

### **Method**

In this study, case study, one of the qualitative research designs, was used. The study group of the research consists of 27 students studying at a science high school in a province in the Central Anatolian region of Turkey in the 2019-2020 academic years. The participants were determined by taking into account the opinions of the practitioner teacher, who had detailed information about the subject, purpose, activities and data collection process of the research. The practitioner teacher referred to the participants' creation of different situations related to the problem in themselves and the basis of volunteerism. In addition, the ability of the participants in the study group to work in harmony with each other, and their inclination to applications such as technology design and coding were also taken into account. Activity booklets containing STEM integration processes were used as data collection tool in the research. In STEM Integration Based Activity Booklets; there are two (2) different activities named Stubble Burning Activity-1 and Stubble Burning Activity-2 and questions about the engineering design process. Since there is a very important human-induced environmental problem in Turkey, the content of the activities focused on stubble burning. The engineering design process evaluation rubric was used to evaluate the problem and the solution process for the problem in the STEM integration-based activity booklets of the ninth grade students studying at Science High School. Data were evaluated using different data analysis techniques (document analysis and content analysis) in accordance with their content.

### **Result and Discussion**

In the research, the levels of ninth grade students studying in Science High School for engineering design processes were examined. As a result of the research, it was determined that ninth grade students studying in Science High School were above the target level in STEM integration-based activities, determining the problem, theoretical structure and needs of the problem, developing possible solutions, selecting the best solution and configuring the prototype (model). However, in the process of testing and evaluating solutions, presenting and redesigning solutions, it was

determined those students were below the target level. It can be said that the lack of theoretical knowledge and insufficient experience of the students are effective in the formation of this situation. When the literature on the subject is examined, it has been determined that there are studies supporting the findings of the research (Bozkurt, 2014; Hacıoğlu, Yamak, & Kavak, 2016; Uzel, 2019).

In the research, it was determined how ninth grade students studying at science high school performed the steps in the engineering design process. In this context, the criteria that the students paid attention to when defining the problem were examined. As a result of the research; It has been determined that students pay attention to certain criteria (results of the problem, causes of the problem, holistic view of the problem) while defining a problem. In addition, the processes of determining students' needs for the problem were examined in the study. The needs of the students for the problem are the technology used (internet), the decision-making process (individual, with group friends and expert opinion), method (analysis of current practices, examination of relevance to the problem, analysis of market prices, analysis of statistical data, compliance with the project draft and following certain schemes) and It was determined that they evaluated the information source (research results and course learned information).

In the research, it was examined how ninth grade students studying at science high schools determined the best solution proposal from the ideas they produced in solving a problem. As a result of the research, while deciding on the best solution proposal of the students; It was determined that they followed methods such as making comparisons, talking with their groupmates, analyzing the problem, creating criteria and testing.

In the research, it was determined how the ninth grade students studying in science high school realized the preparation of the prototype, its suitability and how they solved the problems in the prototype. As a result of the research, students decided on the suitability of the prototype by evaluating it in terms of the decision-making process (testing, creating criteria and empathy) and eligibility criteria (solving the problem, working, efficiency, non-difficulty and applicability). Solving the problems in the prototype; it was determined that they evaluated the problem by determining the problem, producing a solution to the problem, doing it again, developing a new project, re-analyzing the problem, taking the opinions of the groupmates and experts.

In the research, it was determined how ninth grade students studying at science high schools performed the selection of engineering design process products prepared for the solution of a problem. As a result of the research, the engineering design process products prepared for the solution of a problem; It has been determined that they have chosen by taking into account the criteria of functionality, cost-performance relationship, sustainability, meeting the needs, cost-quality-marketing policy. According to Crismond and Adams (2012), the main differences between a good engineer and a novice engineer stem from their ability to define the problem and predict the viability of ideas. Studies in the literature have shown that students' use of "plug and play" or "trial and error" techniques in the selection of products in the engineering design process should be criticized (Altan & Karahan, 2019; Roth, 2001). Adopting certain strategies in the process of product selection and prototype (model/design) determination will enable students to achieve the objectives aimed with STEM education. In addition, the determined strategies will contribute to the development of students' questioning and critical thinking skills.

**Ek 1. Anız Yakma Etkinliği**

ANIZ YAKMA ETKİNLİĞİNE AİT OKUMA METNİ
<p>Tarım yapılan arazilerde ürünler hasat edildikten sonra tarlalarda kalan bitki kalıntılarına anız denir. Bu tarlalar yeni ekim dönemine hazırlanırken çiftçiler tarafından traktörle tekrar sürülerek toprağın aktarılması gerçekleştirilir. Geçimini buğday üretiminden karşılayan Ahmet Bey, bazı çiftçilerin tarlalarında kalan bitki saplarının bir değer oluşturmadığı gerekçesiyle yaktıklarını gördü. Bu çiftçiler ayrıca bu yakma sırasında tarlada hasat sonrası bulunan zararlı böcekleri de ortamdan yok ettiklerini ve toprağı daha rahat sürebildiklerini söylediler. Ahmet Bey, anız yakma işlemini tarlalarında beş yıl arka arkaya uyguladı. Bu uygulamalar sonucunda tarlada bitki kalıntıları olmadığı için toprağı daha kolay sürdüğünü ve zararlı böceklerin yok olduğunu fark etti. Ancak, kendisi gibi buğday tarımı yapan ve anız yakma işlemini uygulamayan Mustafa Bey ile görüştüğünde; ekim sırasında birim alana aynı miktar ve özellikte buğday ekmelerine, aynı miktar çiftlik gübresi kullanmalarına karşın Mustafa Bey'in daha fazla verim elde ettiğini öğrendi. Bu duruma çok şaşırın Ahmet Bey, Mustafa Bey'e bu durumun nelere bağlı olarak ortaya çıkmış olabileceğini sordu. Bunun üzerine Mustafa Bey aşağıdaki açıklamayı yaptı:</p> <p>“Tarlama sürdüğümde toprak altında çok sayıda ve çeşitte böcek, karınca, solucan, kurtçuk ve bitki tohumları görüyorum. Bana göre toprağın altında da çok farklı bir yaşam var. Ben bu canlıların ve bitki kalıntılarının (anızların) toprak verimliliği için çok faydalı olduğunu düşünüyorum. Anızları yaktıktan sonra belki tarlanı çok daha rahat sürebilirsin. Ancak, anızlar yandığı sırada ortaya çıkan o yüksek sıcaklıktan dolayı toprakta sadece bitki kalıntıları, zararlı böcekler değil yüzlerce veya benim de bilemediğim binlerce çeşit canlı yok olmaktadır.”</p> <p>Ahmet Bey ve Mustafa Bey'in konuşmalarına şahit olan Köy muhtarı, Devletimizin bu konuda bir yasal düzenleme yaptığını ve anız yakanların hızla tespit edilip yetkililere bildirilmesi gerektiğini söyledi. Ancak muhtar, köyde henüz anız yakma olaylarını tespit edecek bir sistemin olmadığını ifade etti.</p>
ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI
1- Bu örnek olayda Köy Muhtarının yaşadığı problem ve nedenleri hakkında ne söyleyebilirsiniz?
2- Köy Muhtarının yaşadığı problemin çözümü için nasıl bir çalışmanın yürütülmesi gerektiğini düşünüyorsunuz? Önerilerinizi aşağıya yazınız.
3- Belirlediğiniz problemin çözüm önerilerinden sizin için en uygunu seçerek aşağıya yazınız.
4- Seçtiğiniz en uygun çözüm önerisi için taslak bir model oluşturarak, modelinizin tasarımını çiziniz.
5- Hazırladığınız çözüm modelinizin bir prototipini yaparak test ediniz. Eğer prototipinizde sorun yaşadığınız bölümler/yönler varsa aşağıya bunlarını belirtiniz.
6- Modelinizi yeniden oluşturma şansınız olsaydı neleri değiştirirdiniz? Nedenleri ile kısaca açıklayınız.