

Mühendislik Öğrencilerinin STEM Odaklı Öğretim Modülü Tasarımlarının İncelenmesi

Engin Karahan

Öz

Bu çalışmanın amacı jeoloji mühendisliği lisans bölümünde öğrenim görmekte olan 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin geliştirdikleri STEM odaklı öğretim süreçlerinin Moore vd.'nin (2014) geliştirdikleri "kaliteli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi" doğrultusunda incelenmesidir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden iç içe geçmiş tek durum çalışması deseni kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu jeoloji mühendisliği bölümünde öğrenim görmekte olan 36 öğrenci (16 kadın ve 20 erkek) oluşturmaktadır. Çalışmanın birincil veri kaynağını çalışma grubunda yer alan öğrencilerin üçerli gruplar halinde tasarladıkları STEM odaklı öğretim modülleri, ikincil veri kaynağını ise her bir tasarım grubu ile gerçekleştirilen yarı-yapılandırılmış görüşmeler oluşturmaktadır. Verilerin analizinde betimsel analiz yaklaşımı kullanılmıştır. Verilerin analizi sonucunda grupların geliştirdikleri modüller, çerçevede yer alan göstergeler açısından belirli farklılıklar göstermiştir. Çalışmanın bulguları katılımcıların mühendislik alanına özgü bilgi ve tecrübelerinden faydalanarak otantik mühendislik deneyimleri sunduklarını göstermektedir. Ayrıca, fen ve matematik disiplinlerine özgü bilgi ve becerilere mühendislik tasarım çözümleri bağlamında yer verildiği görülmüştür. Son olarak, katılımcıların geliştirdikleri modüllerde STEM eğitimi kaynaklarında doğrusal olarak ilerleyen tasarım süreçlerinin çok daha esnek olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: STEM eğitimi, mühendislik eğitimi, öğretim tasarımı

Makale Hakkında

Gönderim tarihi: 05.07.2019

Düzeltilme tarihi: 09.03.2020

Kabul tarihi: 11.03.2020

Elektronik Yayın Tarihi: 17.12.2020

Giriş

Yerel ve küresel düzeyde ortaya çıkan nüfus artışı, enerji kıtlığı, iklim değişikliği gibi karmaşık sorunlar, öğrencilere anlamlı bir eğitim deneyimi sunmak adına alternatif yolları dikkate alan bir eğitim sistemini gerekli kılmaktadır (Bybee, 2013). Bilginin disiplinler halinde düzenlenmesi öğretilebilirlik açısından avantajlı olsa da içinde yaşadığımız dünyanın gerçekliğini yansıtmaya ve bilginin uygulamaya dökülerek problem çözmede kullanılmasında sorun teşkil etmektedir (Morrison ve Raymond Bartlett, 2009). Alan yazındaki çalışmalar, disiplinlerarası ve bütünlük yaklaşımının öğrencilere daha anlamlı, bütüncül ve teşvik edici deneyimler için fırsatlar sağladığını göstermektedir (Furner ve Kumar, 2007). Bu tür deneyimlerin daha öğrenci merkezli gerçekleşmesi durumunda öğrencilerin üst düzey düşünme ve problem çözme becerilerinin yanı sıra bilginin kalıcılığını da olumlu etkilediği görülmektedir (Smith ve Karr-Kidwell, 2000).

*Eğitim Programları ve Öğretim A.B.D., Eğitim Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,
ekarahan@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4530-211X*

Güncel disiplinlerarası yaklaşımlardan olan STEM eğitimi; bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına özgü profesyonel bilgi ve uygulamaları içeren bir kısaltmadır (Hernandez vd., 2014). Okul öncesinden yükseköğrenime kadar olan eğitim sürecini kapsayan STEM eğitimi; fen-teknoloji-mühendislik-matematik disiplinlerinin entegrasyonu ile ortaya çıkan bilgi, beceri ve inançları içermektedir (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014). STEM eğitimi, disiplinlere özgü bilgi parçalarının birbirinden bağımsız bir araya gelmesinden ziyade bu disiplinlerin yeni bir bütün oluşturması yoluyla ortaya çıkan bir meta-disiplin olarak görülmektedir (Kelley ve Knowles, 2016). STEM eğitimi, öğrencilerin mühendislik ve teknolojideki gelişmelere hâkim olmak adına bilimin ve matematiğin ortak doğasını anlamalarını sağlayacak otantik deneyimlere sahip olmalarını gerektirir (Hernandez vd., 2014). Bunun sonucunda, öğrencilerin daha iyi problem çözen, kendine güvenen, mantıklı düşünen, bilim ve teknoloji okuryazarı yenilikçi bireyler olmaları hedeflenmektedir (Morrison, 2006).

STEM eğitimi, teknoloji ve mühendisliğin standart fen ve matematik müfredatlarına entegrasyonundan ziyade, dört disiplinin bir araya gelerek daha kapsamlı bir bütün oluşturmasıdır. STEM eğitimi yaklaşımının pedagojik temelleri, disiplinlere özgü bilgi ve becerilerin, gerçek yaşam problemlerinin mühendislik bağlamında ele alındığı programlara entegre edilmeleri fikri üzerine kurulmuştur (Bybee, 2013; Morrison, 2006). Diğer taraftan, alan yazındaki tartışmalar STEM'in bir eğitim modeli ya da pedagojik yaklaşım olarak tek tip bir kavramsallaştırması bulunmadığını göstermektedir (Bybee, 2013; Guzey, Moore ve Harwell, 2016). STEM eğitimi yaklaşımının önemi konusunda hemfikir olan eğitimciler ve araştırmacılar dahi bu yaklaşımın K-12 eğitim ortamlarında nasıl gerçekleşmesi gerektiği konusunda net değillerdir. STEM eğitiminin tanımlanması noktasında ortaya çıkan bu belirsizliğin arkasında yatan sebepler STEM'in felsefi temellerinin anlaşılmasındaki eksiklik (Chesky ve Wolfmeyer, 2015) ya da bazı durumlarda K-12 düzeyindeki uygulamalı etkinliklerde tasarım süreçlerinin basit bir versiyonuna indirgenmesi olarak gösterilmektedir (Williams, 2011).

STEM eğitimi yaklaşımına olan ulusal ve uluslararası ilgi, araştırmacı ve uygulayıcıları üç kritik alana odaklanmaya yönlendirmiştir. Bu alanlar (1) mevcut matematik, fen ve mühendislik öğretim programlarının gözden geçirilmesi, (2) yenilikçi pedagojik yaklaşımlara gelişen teknolojilerin entegrasyonu ve (3) öğrenme ortamlarını ve süreçlerini tasarlama, bütünleştirme ve değerlendirme becerileri kazanma olarak listelenmiştir (National Research Council [NRC], 2012). Bu noktada mühendislik tasarım süreçleri, STEM disiplinleri arasındaki öğrenmeyi bütünleştirmek adına bir katalizör görevi görmektedir (Katehi, Pearson ve Feder, 2009). STEM eğitimi yaklaşımında yer alan mühendislik disiplini, bu dört disiplinin geleneksel, yalıtılmış bir şekilde öğretilmesi yerine bu disiplinlere özgü bilgi ve becerilerin gerçek yaşam bağlamında uygulamalı olarak kazanılmasını sağlamaktadır (Mann vd., 2011).

STEM eğitiminin formal ve informal öğrenme ortamlarında yaygınlaşması öğretmenlerin STEM yaklaşımına yönelik bilgi ve yeterliklerine bağlıdır (Honey, Pearson ve Schweingrube, 2014). Bu doğrultuda, öğretmenlerin STEM odaklı öğretim tasarımı ve uygulamasına yönelik sahip oldukları dezavantajlar alan yazında sıklıkla belirtilmiştir. Eğitim fakültesi lisans programlarının tek disiplinde uzmanlaşmış öğretmenler yetiştirmeye odaklanması (Honey vd., 2014) ve okullardaki derslerin birbirinden bağımsız disiplinlerden oluşan yapıları (Shernoff, Sinha, Bressler ve Ginsburg, 2017),

öğretmenlerin STEM disiplinleri arasındaki doğal bağlantıları görmelerini ve geliştirmelerini sağlayacak yeterlikleri kazanamamalarına sebep olabilmektedir (Nikitina ve Mansilla, 2003). Bu durum öğretmenlerin STEM eğitiminin disiplinlerarası yapısını anlamalarının ve uygulamalarının önünde büyük bir engel olarak ortaya çıkmaktadır.

Fen ve matematik disiplinlerinin özelinde STEM entegrasyonu öğretmenlerin konu alan bilgileri ile doğrudan ilişkilidir (Pang ve Good, 2000) fakat yapılan çalışmalar öğretmenlerin STEM alanlarına yönelik konu alan bilgilerinin yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır (Honey vd., 2014). Bu durum, mühendislik ve teknoloji alanları özelinde çok daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Asghar, Ellington, Rice, Johnson ve Prime, 2012). Öğretmenlerin mühendislik alanına ve mühendislik tasarım süreçlerinin açık uçlu ve esnek yapısına hâkim olmamaları, STEM eğitiminde mühendislik tasarım süreçlerinin entegrasyonu konusunda kaygı ve rahatsızlık duymalarına sebep olmaktadır (Katehi vd. 2009). Birçok öğretmenin kendi alanlarında dahi bilgi eksiklikleri bulunurken, öğretmenlerden kendi uzmanlık alanları dışında bir konuyu disiplinlerarası entegrasyonda kullanmalarını beklemek yeni bilgi boşlukları ve zorluklar yaratabilmektedir (Stinson, Harkness, Meyer ve Stallworth, 2009). Shernoff vd.'nin (2017) öğretmenlerin disiplinlerarası STEM öğretimine yönelik karşılaştıkları zorlukları ve engelleri araştırdıkları çalışmalarında, öğretmenlerin özellikle uzmanlıkları dışındaki STEM alanlarındaki içerik ve standartlara yönelik bilgi ve yeterlik algıları noktasındaki eksiklikleri vurgulanmıştır. Bu eksikliklerin giderilmesi yolunda en önemli noktanın mühendislik tasarım becerilerinin öğrenme ortamlarına ve süreçlerine entegre edilmesine yönelik olduğu açıktır (Avery ve Reeve, 2013). Bu sebeple, mühendislik odaklı öğretim süreçlerinin tasarımında bu disipline yönelik bilgi sahibi uzmanların rol oynamaları önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada jeoloji mühendisliği lisans bölümünde öğrenim görmekte olan 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin geliştirdikleri STEM odaklı öğretim modüllerinin Moore vd.'nin (2014) geliştirdikleri "kaliteli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi" doğrultusunda incelenmesi amaçlanmıştır.

K-12 Mühendislik Eğitimi Çerçevesi

Dört disiplinin birbiri arasındaki işlevsel ilişkiyi zenginleştirme yoluyla bütünleştirilmesi fikri üzerine kurulu olan STEM eğitiminde, mühendislik disiplini fen, matematik ve teknolojinin entegrasyonu için bir bağlam görevi görebilmektedir (Sanders, 2008). Mühendislik uygulamaları; fen, matematik ve teknoloji disiplinlerine dönük bilgi ve becerilerin mühendisliğin mesleki alanına da bağlı olarak seçimi ve bütüncül bir biçimde kullanımınıdır (Herschbach, 2011). Bu uygulamalar, gerçek yaşam mühendislik problemlerinin karmaşık yapısı ve disiplinlere özgü uygulamaların birlikte kullanımını gerektirmesi sebebiyle, disiplinlerarası öğrenmenin doğal bir yoludur (Shernoff vd., 2017). Deneysel çalışmalar da mühendislik tasarım sürecinin STEM disiplinlerinin entegrasyonunu zenginleştirmenin etkili bir yolu olduğunu ortaya koymaktadır (Shernoff vd., 2017). Dolayısıyla, STEM eğitimi yaklaşımının etkili bir şekilde hayata geçirilmesinde mühendislik eğitimi uygulamalarının etkili öğretimi büyük önem taşımaktadır.

Alan yazındaki çalışmalar, K-12 seviyesinde kaliteli bir mühendislik eğitime dair net bir tanımın ya da köklü bir geleneğin bulunmadığını ve mühendislik eğitiminin hedeflerini ortaya koymak adına belirlenmiş bir çerçeve ya da standartların

geliştirilmediğinin altını çizmektedir (Chandler, Fontenot ve Tate, 2011). Bu boşluğu doldurmak adına Moore ve diğerleri (2014) tarafından etkili STEM eğitimi uygulamalarının gelişmesine ve araştırılmasına rehberlik edecek bir kuramsal çerçeve geliştirilmiştir. Etkili bir mühendislik ve STEM eğitimi odaklı girişimlere rehberlik edeceği düşünülen bu çerçevenin temel göstergeleri aşağıdaki gibidir (Tablo 1).

Tablo 1. K-12 Mühendislik eğitimi çerçevesi göstergeleri (Kersten, 2013, s. 16)

Gösterge	Tanım
• Tasarım Süreci	Tasarım süreçleri mühendislik uygulamalarının merkezindedir. Mühendislik problemlerini çözmeye; çözümü hazırlama, planlama ve değerlendirmeyi içeren yinelemeli bir süreçtir.
○ Problem ve Altyapı	Mühendislik problemlerinin tanımlanması veya formülasyonu, arka plan bilgisi için gerekli araştırma ve öğrenme etkinlikleridir.
○ Plan ve Uygulama	Beyin fırtınası, çoklu çözümler geliştirme, sınırlılıkların ve prototip, model veya ürün geliştirme için görece öneminin değerlendirilmesi
○ Test etme ve Değerlendirme	Prototipi veya çözümü değerlendirmede kullanılacak verileri toplamak için test edilebilir hipotezler oluşturmak ve deneyler tasarlamak ve bu geri bildirim yeniden tasarımı kullanılması
• Fen, Mühendislik ve Matematik Bilgisinin Uygulamaları	Mühendislik uygulaması, fen bilgisi, matematik ve mühendislik bilgisini gerektirir ve K-12 düzeyinde mühendislik eğitimi bu disiplinlerarası yapıyı vurgulamalıdır.
• Mühendislik Temelli Düşünme	Öğrenciler, mühendislik bağlamında problemler ortaya çıktığında yeni bilgi arayabilen ve başarısızlıktan öğrenebilen bağımsız ve yansıtıcı düşünürler olmalıdır.
• Mühendisler ve Mühendislik Fikirleri	K-12 öğrencileri sadece bir mühendislik sürecine katılmakla kalmaz, aynı zamanda bir mühendisin ne yaptığını anlarlar.
• Mühendislik Araçları	Mühendislik eğitimi alan öğrencilerin, mühendislerin işlerinde kullandıkları süreçler, teknikler, beceriler ve araçlar konusunda aşina ve yetkin olmaları gerekir.
• Sorunlar, Çözümler ve Etkiler	Karmaşık ve çok disiplinli sorunları çözmek için, öğrencilerin çözümlerinin güncel konular üzerindeki etkisini anlayabilmeleri gerekir (veya tersi).
• Etik	Öğrenciler mühendislik pratiğinin doğasında olan etik durumları göz önünde bulundurmalıdır.
• Ekip Çalışması	K-12 mühendislik eğitiminde, öğrencilerin ekip çalışmasına katılarak katkıda bulunabilme becerilerinin geliştirilmesi önemlidir.
• Mühendislikle İlişkili İletişim	İletişim, öğrencinin etkili bir şekilde bilgi alma ve anladıklarını başkalarına mühendislik bağlamında aktarma yeteneğidir.

Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum çalışmalarında bir ya da birkaç durum (jeoloji mühendisliği lisans bölümünde öğrenim görmekte olan 3. ve 4. sınıf öğrencilerinin geliştirdikleri STEM odaklı öğretim modülleri) kendi sınırları içerisinde bütüncül olarak analiz edilmektedir. Katılımcıların gruplar halinde hazırladıkları öğretim modüllerini benzerlik ve farklılıkları üzerinden tanımlamak adına, tek bir durum içerisinde birden fazla alt analiz biriminin yer aldığı iç içe geçmiş tek durum deseni kullanılmıştır (Yin, 2014).

Araştırmada Gözetilen Etik İlkeler

Çalışmanın etik ilkelere uygun yürütülmesi adına, çalışmanın gerçekleştirildiği akademik birimden gerekli izinler temin edilmiştir. Ayrıca, çalışmanın gerçekleştirilebilmesi adına katılımcıların gönüllü katılımlarını gösteren onam formları alınmıştır. Araştırmacı verilerin analizi ve bulguların yazılması sırasında katılımcıların isimlerini kullanmayarak gruplara verilen numaralar üzerinden süreci yürütmüştür. Araştırmanın geçerlik ve güvenilirliğini sağlamak adına öncelikli olarak veri çeşitlemesi yöntemi izlenerek ikincil veri kaynağının birincil kaynağı doğrulayıp doğrulamadığı kontrol edilmiştir. Ayrıca, veri analizi sonucu oluşan bulgular STEM eğitimi alanında uzman ve nitel araştırmalara hâkim bir akademisyen tarafından incelenerek teyit edilmiştir. Uzman, araştırmacı ile birlikte veri analizi sonucunda ortaya çıkan kod ve temaların üzerinden geçerek araştırmacıya geri bildirimde bulunmuştur. Son olarak, araştırmacı çalışmanın katılımcıları ile uzun süreli etkileşim kurarak araştırma sonuçlarının gerçeği temsil ettiğinden emin olma yoluna gitmiştir.

Çalışma Grubu ve Çalışma Bağlamı

Bu araştırmanın çalışma grubunu jeoloji mühendisliği bölümünde öğrenim görmekte olan 36 öğrenci (16 kadın ve 20 erkek) oluşturmaktadır. Katılımcılar jeoloji mühendisliği lisans programında yer alan ve araştırmacı tarafından geliştirilen ve mühendislik ile eğitim alanlarını bir araya getirerek öğrencilerin STEM eğitim yaklaşımı hakkında bilgi ve farkındalıklarını arttırmayı hedefleyen STEM Eğitimi: Araştırma ve Tasarımın Doğası isimli seçmeli dersinde yer alan öğrencilerden seçildiğinden kritik durum örnekleme yöntemine uygundur. Kritik durum örneklemede en fazla bilgiyi verebilecek ve bilgi üretimi konusunda en büyük etkiyi yapacak grup seçilerek mantıklı genellemelere ulaşılması amaçlanır. Çalışmaya gönüllü olarak katılan öğrenciler, 2018-2019 akademik yılı güz dönemi boyunca ders kapsamında üçerli gruplar halinde çalışarak STEM odaklı öğretim tasarımları geliştirmişlerdir.

STEM Eğitimi: Araştırma ve Tasarımın Doğası isimli ders araştırmacı tarafından, mühendislik fakültesi öğrencilerinin STEM eğitimine yönelik farkındalık ve yeterlik kazandırmak amacıyla tasarlanmış seçmeli bir derstir. Katılımcı öğrenciler, bu ders öncesinde pedagojik bir altyapıya sahip olmamakla birlikte süreç içerisinde STEM eğitimi özelinde temel pedagojik becerileri kazanma hedefi ile çeşitli öğrenme deneyimleri edinmişlerdir. Bu ders temelde üç aşamadan oluşmaktadır: (1) STEM eğitimine yönelik bilgi ve farkındalık kazanma, (2) STEM odaklı uygulamalı etkinlikler ve (3) STEM etkinlik modülleri tasarlanması ve uygulanması. Bu kapsamda sürecin başında STEM eğitimi yaklaşımına yönelik farkındalık kazanan katılımcılar, devam eden süreçte STEM odaklı model etkinliklerde öğrenen olarak yer alarak tasarım deneyimleri gerçekleştirmişlerdir. Sürecin son haftalarında ise STEM odaklı etkinlik modülleri tasarımı sürecine giren katılımcılar, tasarladıkları öğrenme modüllerini sınıf içerisinde mikro-öğretim yoluyla uygulama fırsatı bulmuşlardır.

Veri Toplama Araçları

Durum çalışmalarında esas olan araştırmacının sınırlandırılmış bir veya birkaç durumu çoklu kaynakları içeren veri toplama araçları ile derinlemesine inceleyerek durumların ve duruma bağlı temaların tanımlanmasıdır (Creswell, 2007). Dolayısıyla bu çalışmada veri toplama aracı olarak birden fazla veri toplama kaynağı tercih edilmiştir. Çalışmanın birinci veri kaynağını çalışma grubunda yer alan öğrencilerin ücretli gruplar halinde tasarladıkları STEM odaklı öğretim modülleri oluşturmaktadır. Öğretim modüllerine ek olarak, çalışmanın bir diğer veri kaynağını çalışmanın kavramsal çerçevesinde yer alan göstergelerin doğrultusunda hazırlanan ve sürecin sonunda her bir tasarım grubu ile gerçekleştirilen yarı-yapılandırılmış görüşmeler oluşturmaktadır. Gerçekleştirilen yarı-yapılandırılmış görüşmelerde grupların tasarladıkları öğretim modüllerini içerik ve süreç açısından açıklamaları sağlanmıştır. Katılımcıların geliştirdikleri modüller Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Katılımcıların geliştirdikleri modüller

Grup Numarası	Modül Başlığı
I	Son ürün üretiminde zehirli gaz salınımı
II	Havacılık ve model uçak geliştirme
III	Depremde güvenli yaşam alanı oluşturma
IV	Nesli tükenen kutup ayılarının korunması
V	Türkiye’nin sahil kasabalarında bilinçsiz kuyu açılımı
VI	Çarpık kentleşme ve altyapı sorunları
VII	Yanlış tarım uygulamalarına çözüm geliştirme
VIII	Mühendislik sahalarında iş kazaları ve işçi ölümleri
IX	Depremde can kaybını önleme amacıyla zeminlerin güçlendirilmesi
X	Fabrikaların atık su ile yeraltı ve yerüstü sularını kirlenmesi
XI	Norveç’te güneş görmeyen kasaba
XII	İklim değişikliği ve tetikleyici tasarımlar

Veri Analizi

Verilerin analizinde betimsel analiz yaklaşımı (Strauss ve Corbin, 1990) kullanılmıştır. Bu analiz türünde amaç verilerin daha önceden belirlenen bir kavramsal çerçeve doğrultusunda sistematik ve açık bir biçimde betimlenerek yorumlanmasıdır. Çalışmanın veri toplama araçlarını oluşturan STEM odaklı öğretim modülleri ve bu modülleri destekleyici yarı-yapılandırılmış görüşme analizleri, çalışmanın kavramsal çerçevesi olan kaliteli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi (Moore vd., 2014) doğrultusunda analiz edilmiştir. Dolayısıyla, çalışmanın temalarını bu kavramsal çerçevede yer alan göstergeler (Bkz. Tablo 1) oluşturmaktadır. Katılımcılar tarafından geliştirilen öğretim modülleri ve deşifre edilen yarı yapılandırılmış görüşmeler seçici okuma yaklaşımı (van Manen, 2007) yaklaşımı ile ele alınmıştır. Seçici okuma yaklaşımı, verilerin birden fazla defa okunarak hangi cümle ya da ifadelerin araştırılan olguyu ortaya koymada önemli ve gerekli olduğuna karar verilmesi prensibine dayanır. Sonrasında veriler betimsel analiz sürecinin basamaklarına uygun olarak analiz edilmiştir. Bu basamaklar sırası ile: (1) betimsel analiz için bir çerçeve belirleme, (2) tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi, (3) bulguların tanımlanması ve (4) bulguların yorumlanmasıdır. Araştırmanın geçerlik ve

güvenirliğini sağlamak adına öncelikli olarak veri çeşitlemesi yöntemi izlenerek ikincil veri kaynağının birincil kaynağı doğrulayıp doğrulamadığı kontrol edilmiştir. Ayrıca, veri analizi sonucu oluşan bulgular STEM eğitimi alanında uzman ve nitel araştırmalara hâkim bir akademisyen tarafından incelenerek teyit edilmiştir. Uzman, araştırmacı ile birlikte veri analizi sonucunda ortaya çıkan kod ve temaların üzerinden geçerek araştırmacıya geri bildirimde bulunmuştur. Son olarak, araştırmacı çalışmanın katılımcıları ile uzun süreli etkileşim kurarak araştırma sonuçlarının gerçeği temsil ettiğinden emin olma yoluna gitmiştir.

Bulgular

Katılımcılar tarafından geliştirilen 12 adet STEM eğitimi odaklı öğretim modülleri (Tablo 2) Moore ve diğerleri (2014) tarafından geliştirilen kaliteli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi doğrultusunda analiz edilmiştir. Bu doğrultuda temalar sırasıyla (1) tasarım süreci, (1a) problem ve altyapı, (1b) plan ve uygulama, (1c) test etme ve değerlendirme, (2) fen, mühendislik ve matematik bilgisinin uygulamaları, (3) mühendislik temelli düşünme, (4) mühendisler ve mühendislik fikirleri, (5) mühendislik araçları, (6) sorunlar, çözümler ve etkiler, (7) etik, (8) ekip çalışması, (9) mühendislikle ilişkili iletişimdir. Her bir temanın tanımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tasarım Süreci

Mühendislik tasarım süreci, problemin belirlenmesi ve probleme uygun çözümün hazırlanmasını, planlanmasını ve değerlendirilmesini içeren döngüsel bir süreçtir (Moore vd., 2014). Bu doğrultuda, tasarım süreci şemsiyesi altında problem ve altyapı, plan ve uygulama ve test etme ve değerlendirme boyutları yer almaktadır.

Problem ve Altyapı. Mühendislik tasarım süreci, bir mühendislik probleminin formülasyonu veya tanımlanması ile başlar (Moore vd., 2014). Katılımcıların geliştirdikleri modüller ele alındığında bir tanesi dışında hepsinin bir problem durumu ile başladığı belirlenmiştir. Katılımcılar problem durumlarını belirlerken gerçek yaşam problemlerinden yola çıkarak küresel ve yerel sorunları temel almışlardır.

Küresel düzeyde ele alınan problemlere bakıldığında iklim değişikliği gibi geniş etkiye sahip sorunlar gözlemlenmiştir. Örneğin, Grup IV iklim değişikliğinin kutup ayılarının neslinin devamı için oluşturduğu tehdidi ele alarak bu canlı türü için bir yaşam alanı tasarlamaya odaklanırken; Grup XII mühendislik ürünleri olan teknolojilerin iklim değişikliğini ne derece ve nasıl tetiklediğinin tespit edilmesine odaklanmışlardır. Geliştirilen modüllerde görülen bir diğer geniş ölçekli problem ise depremdir. Bu kapsamda Grup III deprem sonrasında insanların enkaz altında kalmaları durumunda onları hayatta tutacak güvenli bir alan oluşturmayı, Grup IX ise deprem esnasında farklı doğrultularda gerçekleşen sarsıntılara karşı yapıların yıkılmalarını önlemeyi hedefleyen bir tasarım görevi ortaya koymuştur. Yukarıda verilen gruplara ek olarak Grup I endüstride mamul üretiminde yüksek konsantrasyonlu zehirli gaz salınımının işçi sağlığına etkilerine ve bu etkileri önleme yollarına odaklanmışlardır. Grup XI ise Norveç’te dağlarla çevrili bir vadinin derinliklerine yerleşmiş ve yılın altı ayı gölgede kalan küçük köyün güneş alamaması problemini ele almışlardır.

Yerel düzeyde problemlere odaklanan gruplarda ise problemler daha fazla çeşitlilik göstermiştir. Grup V Türkiye'nin sahil kasabalarında su ihtiyacını karşılamak isteyen vatandaşların ruhsatsız kuyular açarak kuyu sularının deniz suyu ile karışmasına ve yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaları problemini ele almışlardır. Grup VII Türkiye'deki yanlış tarım uygulamaları sebebiyle ortaya çıkan erozyon gibi sorunları ele alırken; Grup VI ülkemizde köyden kente göç sonucu ortaya çıkan ani nüfus artışları sebebiyle şehirlerde yaşanan altyapı sorunlarını odak noktası olarak seçmişlerdir. Son olarak ise Grup X buldukları şehirde nehir kenarına kurulan fabrikalardan çıkan atıkların yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirletmesi problem durumunu adapte etmişlerdir.

Planlama ve Uygulama. Bu aşamada; beyin fırtınası, birden fazla çözüm yolu geliştirme ve fayda/zarar analizi gibi süreçleri içeren bir tasarım planı geliştirme esastır (Moore vd. 2014). Katılımcı gruplarının bu basamakta temel aldığı süreçlere bakıldığında beş temel üzerine kurulduğu görülmüştür: (1) Problemi araştırma, (2) mevcut çözümleri inceleme ve değerlendirme, (3) hedef kitlenin analizi, (4) fayda zarar analizi ve (5) yapılabirlik.

Geliştirilen modüllere bakıldığında planlama ve uygulama basamağı için en sık önerilen süreç olarak problemin araştırılması gösterilmiştir. Örneğin, Grup VII geliştirdikleri modül için öğrencilerin Türkiye'de hangi iş kazalarının gerçekleştiğine dair veri ve raporlara ulaşmaları gerektiğinin altını çizerken, Grup IV kutup ayılarının yaşam alanlarının yok olmasına iklim değişikliğinin hangi etkilerinin en fazla etki ettiğinin araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan mevcut tasarım çözümlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi bir diğer sık görülen süreç olarak ortaya çıkmıştır. Grup II model uçak geliştirme konusunda öğrencilerin geçmişten günümüze tasarlanmış uçakların yapılarını inceleyerek benzerlik ve farklılıklarını analiz etmelerini önermişlerdir. Grup VI dünyadaki büyük şehirlerin altyapı sorunlarını nasıl ele aldıklarının, Grup IX ise Japonya gibi deprem kuşağında yer alan ülkelerin depremde can kaybını en aza indirmek adına ne gibi çözümleri geliştirdiklerinin araştırılmasına yer vermişlerdir.

Hedef kitlenin düşünce ve davranışlarının analizi, planlama ve uygulama aşamasında yer verilen önemli bir boyuttur. Grup V, sahil kasabalarındaki yerleşimcilerin ruhsatsız ve bilinçsiz kuyu açma davranışları altında yatan sebeplerin; Grup VII, yanlış tarım uygulamalarının tercih edilme nedenlerinin; Grup X ise nehir kenarında kurulan fabrikalardaki karar alıcıların çevre dostu uygulamalara yönelik tutumlarının anlaşılmasının altını çizmişlerdir. Grup I ise ara madde ya da son ürün üretiminde yüksek konsantrasyonlu zehirli gaz salınımının işçi sağlığına etkilerini önlemeye yönelik tasarlayacakları farkındalık projesi için hedef kitlenin kaygı ve düşüncelerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesinin önemini vurgulamışlardır.

Fayda zarar analizi kategorisinde Grup V bilinçli ve ruhsatlı kuyu açılımlının, Grup X ise fabrikalarda atık suların temizlenmesinin maliyet analizi yapılarak fayda ve zarar dengesini göz önünde bulundurmasını önermişlerdir. Son olarak ise Grup IV ve Grup X gerçekleştirilmesi hedeflenen tasarımların yapılabirliğinin bu aşamada göz önünde bulundurulmasının gerekliliğini belirtmişlerdir.

Test Etme ve Değerlendirme. Tasarım sürecinin test etme ve değerlendirme boyutu; öğrencilerin veri toplama ve analiz etme yoluyla prototipi ya da çözümü değerlendirerek güçlü ve zayıf yönlerini belirlemeleri ve bu geri bildirim tasarımı iyileştirmede kullanmaları esasına dayanmaktadır (Moore vd. 2014). Bu kapsamda tasarlanan modüller incelendiğinde farklı süreçler sonucu elde edilen verilerin tasarımları iyileştirme amacıyla kullanılması önerilmektedir. Veri analizleri sonucu elde edilen sonuçların tablo, grafik ve veri görselleri yoluyla sunulması hedeflenmiştir.

Deprem konusunda modül geliştiren Grup III ve Grup IX titreşim ölçümü yoluyla tasarımların test edilmesini önermişlerdir. Örneğin, Grup IX geliştirdikleri modülde farklı doğrultularda gerçekleştirilen titreşim ve sarsıntılar sonucu, geliştirilen tasarımın yapıları yıkılmaktan ne derece koruduğunun denenmesini temel almışlardır. Grup V ve Grup X ise su kalitesi ölçümleri yoluyla tasarımlarının test edilmesi ve değerlendirilmesi yoluna gitmişlerdir. Grup V geliştirildikleri modülde akiferlere deniz suyunun karışma seviyesinin su kalitesini nasıl etkilediğini, Grup X ise sıvı atık üreten fabrikalar çevresinde belirlenen pilot bölgeden fabrikaya belirli mesafe aralıklarından alınan su örneklerinin geliştirdikleri tasarım ile ne derece arıtıldığının test edilmesini önermişlerdir. Yanlış tarım uygulamalarının yol açtığı erozyon gibi sonuçları önlemeye yönelik tasarımlar geliştirmeye yönelik bir modül geliştiren Grup VII, farklı tasarımların erozyonu önleme oranlarını ölçerek tek bir grafikte görselleştirme ve bu değerlerin karşılaştırılması üzerinden tasarımların geliştirilmesini vurgulamıştır.

Bazı grupların diğerlerine nazaran daha farklı türde veriler üzerinden tasarımların test edilmesi yoluna gittikleri görülmüştür. Örneğin, model uçak tasarlama odaklı bir modül geliştiren Grup II, öğrencilerin tasarladıkları uçakların rüzgarsız bir alanda gerçekleştirecekleri uçuşların ağır çekim video kaydına alınarak mühendislik bakış açısı ile değerlendirmelerini ve neticesinde bu videolar üzerinden tasarımlarını nasıl geliştirebileceklerini tartışmalarını önermiştir. İş kazaları ve işçi ölümlerine yönelik bir rapor geliştirme hedefli bir modül geliştiren Grup VIII ise öğrencilerin hazırladıkları mühendislik raporunu sahada çalışan mühendisler ile paylaşma yoluyla nitel veri toplanması ve bu verilerin raporun iyileştirilmesinde kullanılmasını önermiştir.

Bilim, Mühendislik ve Matematik Bilgisinin Uygulamaları

K-12 seviyesinde STEM eğitimi; öğrencilere mühendislik problemlerini çözme sürecinde gelişimsel olarak uygun bilim, mühendislik ve matematik uygulamaları sunulmasını gerektirir (Moore vd., 2014). Katılımcıların geliştirdikleri modüller incelendiğinde bilim, matematik ve mühendislik disiplinlerinden birçok farklı konu ve kavrama yer verildiği gözlemlenmiştir.

Katılımcıların hazırladıkları modüllerdeki bilimsel bilginin uygulamalarına bakıldığında, seçilen problem durumları doğrultusunda şekillendikleri gözlenmiştir. Çevre sorunlarını temel alan modüllerde görülen konular genellikle iklim değişikliği, ekoloji, hava ve su kirliliği olmuştur. Jeoloji alanı ile doğrudan ya da dolaylı ilişkiye sahip bilimsel bilgilerin uygulamalarına da modüllerde yer verilmiştir. Bu konulara örnek olarak depremin oluşum süreçleri ve fay hatları, akiferler, yeraltı ve yerüstü su kaynakları, jeolojik zamanlar verilebilir. Katılımcıların jeoloji alanı ile doğrudan ilişkili olmayan konuları da sıklıkla bu alanla ilişkilendirme yoluna gittikleri görülmüştür. Buna örnek olarak Grup XII'nin iklim değişikliğinin jeolojik tarihine değinmesi verilebilir. Bunlara

ek olarak Grup II'nin hazırladığı model uçak modülünde yer alan yerçekimi, kaldırma ve sürtünme kuvvetleri üzerinden zıt kuvvetlerin bileşkesi ile Grup XI'in modülünde yer alan ışık ve yansıma konuları fizik alanında yer alan kavramların uygulamasına örnektir.

Diğer taraftan, katılımcıların hazırladıkları modüllerin içerdiği mühendislik uygulamalarına bakıldığında genellikle jeoloji mühendisliği ile doğrudan ilişkili oldukları görülmüştür. Örneğin, Grup III tasarladıkları modülde jeolojik haritaların incelenerek analiz edilmesi ve jeoloji alanına özgü yazılımların kullanımına dayalı süreçlerden bahsederken; Grup V topografik haritalar ve üç boyutlu maketlerden faydalanılmasını önermişlerdir. Diğer gruplardan farklı olarak Grup XII tasarladıkları öğretim sürecini tersine mühendislik üzerine kurmuşlardır.

Son olarak matematik bilgilerinin kullanımı konusunda ise genel olarak üç farklı konu dağılımı görülmüştür: İstatistiksel analiz ve hesaplamalar, tablo ve grafik oluşturma, geometrik hesaplamalar. Birçok grup geliştirdikleri modüllerde istatistiksel hesaplamalara yer vermişlerdir. Örneğin; Grup I, Grup VI, Grup X ve Grup XI istatistiksel analizler gerçekleştirmeyi modüllerinin önemli bir parçası olarak ele almışlardır. Toplanan ya da elde edilen verileri belirli bir formata sokma adına yine birçok grup tablo ve grafik oluşturma bilgilerine modüllerinde yer vermişlerdir. Grup VIII verilerin grafik, Grup X tablo ve Grup XI veri görselleri formunda sunulmasına matematiksel bilginin kullanımı kapsamında yer vermişlerdir. Geometrik hesaplamalar konusunda ise Grup II uzunluk ve açı ölçümleri, oran orantı gibi temel kavramların yanı sıra düzgün olmayan cisimlerin ağırlık merkezinin belirlenmesi ve üç boyutlu düşünme gibi daha karmaşık bilgilere değinmişlerdir.

Mühendislik Temelli Düşünme

Mühendislik süreçleri, öğrencilerin ön deneyim ve başarısızlıklardan öğrenerek daha iyi çözümlere ulaşabileceklerini anlamalarını ve dolayısıyla bağımsız, yansıtıcı ve üstbilişsel düşüncelerini geliştirmiş bireyler olmalarını sağlama potansiyeli taşımaktadır (Moore vd., 2014). Mühendislik temelli düşünme noktasında katılımcıların geliştirdikleri modüllerde görülen en temel nokta mevcut tasarım çözümlerinin eleştirel değerlendirilmesi olmuştur. Katılımcılar, mühendislerin tasarım çözümleri üretmeden önce mevcut çözümleri inceleyerek olumlu ve olumsuz yönlerinden ders almaları gerektiğini vurgulamışlardır. Grup I var olan tasarım çözümlerinin bireysel ve kitlesel açıdan analizlerinin yapılarak kabul görmeme sebeplerinin belirlenmesinin altını çizmiştir. Benzer şekilde Grup IV çevre örgütlerinin nesli tükenen hayvanlara yönelik çalışmalarının incelenmesini önermişlerdir. Grup VI ve Grup IX ise gelişmiş ülkelerde ortaya konulan tasarım çözümlerinin araştırılarak, güçlü yönlerinin yapılabirlik kriteri üzerinden değerlendirilmesini istemişlerdir. Mevcut tasarım çözümlerinin değerlendirilmesinin yanı sıra, katılımcılar geliştirdikleri modüllerde öğrencilerin tasarım çözümlerinin toplanan veriler doğrultusunda iyileştirilmesinin gerekliliğini belirtmişlerdir. Örneğin, Grup II tasarlanan model uçakların denenmesi yoluyla elde edilen veriler sonucunda öğrencilerin tasarımlarını iyileştirme yoluna gitmelerini sağlamışlardır.

Bir diğer sık görülen mühendislik temelli düşünme örneği ise geliştirilen tasarım çözümlerinin çevre perspektifinden değerlendirilmesi olmuştur. Grup IV nesli tükenme tehlikesi yaşayan canlılar için geliştirilmesi hedeflenen yaşam alanının diğer canlı hayatı üzerindeki potansiyel etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiğini, Grup XI ise

insan topluluklarının ihtiyacına yönelik geliştirilen tasarımın olası ekolojik etkilerine bakılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Risk analizi terimi katılımcıların geliştirdikleri modüllerde görülen bir diğer mühendislik temelli düşünme örneğidir. Grup VII ve Grup VIII geliştirilen tasarım çözümlerinin risk analizinin yapılarak hiçbir tasarımın mükemmel olamayacağını göz önünde bulundurulması gerektiğini savunmuşlardır. Öğrencilerin bu bakış açısına sahip olmasının altı çizilerek, modüllerinde öğrencilere kazandırılması gereken temel becerilerden biri olarak ön plana çıkarılmıştır. Bununla ilişkili olarak Grup XII mühendislik ürünü teknolojilerin çevreye olumsuz etkilerini tersine mühendislik süreçleri ile analiz edilmesine dayalı modüllerinde, toplum tarafından kabul edilerek yaygın olarak kullanılan teknolojilerin dahi belli açılardan (çevre dostu tasarım gibi) mükemmellik içermediğinin öğrenciler tarafından anlaşılmasının önemli olduğu belirtilmiştir.

Mühendisler ve Mühendislik Fikirleri

Mühendislik tasarım odaklı öğretim süreçleri öğrencileri sadece mühendislik sürecine katmakla kalmayarak, onların mühendislik disiplini ve mühendislerin çalışma şekillerini anlamalarını da hedefler (Moore vd., 2014). Bu kapsamda katılımcıların hazırladıkları modüller incelendiğinde en fazla ön plana çıkan boyutun tasarım çözümlerinin hedef kitlenin (müşterinin) ihtiyaçları doğrultusunda yürütülmesi olduğu görülmüştür. Tasarım çözümlerinin geliştirilmesi noktasında hedef kitlenin ihtiyaçlarının ve beklentilerinin iyi analiz edilerek tasarımların bu doğrultuda yürütülmesi katılımcılar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Örneğin Grup X tasarım sürecinde öğrencilerin hedef kitle olarak endüstrideki aktörler ile görüşerek onların beklenti ve ihtiyaçları doğrultusunda tasarımlarını iyileştirmeleri gerektiğini yansıtmışlardır. Benzer şekilde Grup III geliştirdikleri modülde öğrencilerin hedef kitlenin ikna edilebilmesi adına insanların depremde hayatta kalmasını sağlayacak bir tasarımın ayrıca ergonomik ve estetik özellikler de taşıması gerektiğini vurgulamışlardır. Diğer gruplardaki gözlemlerden farklı olarak, mühendislik fikirleri kapsamında Grup VI mühendislik tasarım çözümlerinin bağlama özgü olduğuna ve hedef kitlenin sosyolojik ve kültürel altyapısının bu çözümlerin kabulünde doğrudan rol oynadığına vurgu yapmışlardır.

Bir diğer ön plana çıkan boyut ise tasarım çözümlerine bütüncül bakılması gerekliliğidir. Katılımcıların geliştirdikleri modüllerde gözlemlenen temel hedeflerden biri de öğrencilere tasarım çözümlerine bütüncül bakabilme yeterliği kazandırmak olmuştur. Dolayısıyla, belirli açılardan en iyi tasarım çözümü geliştirilse dahi diğer açılardan hatalar içerebilme potansiyeli taşımaktadır. Geliştirilen modüllerde Grup XI tasarım çözümünün toplumun ihtiyacını karşılama yanında sebep olabileceği olumsuz etkileri anlamak, Grup XII ise mühendislik ürünlerinin bir ihtiyacı karşılarken diğer taraftan ne gibi olumsuz sonuçlar doğurduğuna yönelik farkındalık oluşturmak adına tasarım çözümlerine bütüncül olarak bakılmasının ve hiçbir tasarımın tamamen mükemmel olamayacağını bilinmesinin gerektiğini not etmişlerdir.

Son olarak, bu kapsamda gruplar tasarım çözümlerinin geliştirilmesi sürecinde belirli kısıtlamalar doğrultusunda tasarımların gerçekleştirilmesini sağlayarak öğrencilere bu farkındalığı kazandırma yoluna gitmişlerdir. Bu doğrultuda, Grup V bilinçsiz kuyu açan bireylerin doğru çözümlere ikna olabilmesi adına fayda ve maliyet analizlerinin yapılarak tasarıma ek olarak sunulmasını istemiştir. Benzer olarak Grup VI ve Grup X

geliştirdikleri modülde maliyet ile ilgili kısıtlamalar sunarak öğrencilerden tasarımlarını bu kısıtlamaları göz önünde bulundurarak gerçekleştirmelerini istemişlerdir.

Mühendislik Araçları

Mühendisler çalışmalarında çeşitli teknikler, beceriler, süreçler ve araçlar kullanırlar. K-12 seviyesinde mühendislik temelli öğretim süreçlerinde bu tekniklerin, becerilerin, işlemlerin ve araçların bazılarını öğrencilerin aşına ve yetkin olmaları gerekir (Moore vd., 2014). Katılımcıların geliştirdikleri modüller, mühendislik araçları şemsiyesi altında araçlar, beceriler ve süreçler olarak üç boyutta incelenmiştir.

Araçlar temelde mühendislik işini gerçekleştirirken kullanılan nesnelere dir. Bu nesnelere donanım ya da yazılım formunda olabilir. Katılımcıların geliştirdikleri modüllerde geniş yelpazede bir araç listesi ortaya çıkmıştır. Bu araçlar jeoloji mühendisliği alanına özgü kitler ve yazılımlar olabileceği gibi, tek bir alana özgü olmayan genel araçlar da olabilmektedir. Bu araçlar içerisinde en sık görülenler, Grup I, Grup VI, Grup IX ve Grup X tarafından hazırlanan süreçlerde yer verilen Excel yazılımı ile Grup VI, Grup VII ve Grup XI tarafından hazırlanan süreçlerde kullanılması önerilen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri olmuştur. Bunlara ek olarak sarsıntı ölçümünde kullanılmak, su kalitesi ölçmek ve ışık şiddetini ölçmek üzere dijital sensörler ve ölçüm araçları katılımcıların geliştirdikleri modüllerde yer alan araçlardandır. Bu aletlere ek olarak Grup XII tersine mühendislik süreçlerinde, teknolojik cihazların parçalarına ayrılmasında kullanılmak üzere temel alet takımlarına yer vermişlerdir.

Beceriler, araçlar kullanarak bir görevi yerine getirebilme kapasitesidir. Geliştirilen modüllerin analizi sonucunda bu modüllerde yer verilen becerilerden en sık görülen istatistiksel veri analizleri ve verilerin tablo ya da grafik formunda sunulması olmuştur. Bunlara ek olarak Grup I model uçak geliştirme kapsamında parça imalatı ve montajlama becerilerine vurgu yapmışlardır.

Mühendislik araçları kapsamında yer alan ve son boyut olarak ifade edilen süreç, belirli bir son ürün elde etmek için gerçekleştirilen bir dizi eylemdir. Moore ve diğerleri (2014) mühendislik tasarım sürecinin bu göstergenin kapsamının dışında kaldığını vurgulamışlardır. Dolayısıyla, katılımcıların modüllerinin tamamında vurguladıkları tasarım sürecine bu gösterge altında değinilmemiştir. Süreçler kapsamında Grup I ve Grup III mühendislik alanına özgü ve tasarlanan prototipi tamamlayıcı bir role sahip olan proje öneri dosyası oluşturma sürecine yer verirken, Grup V geliştirdikleri modülde jeoteknik etüt raporu hazırlama süreçlerini vurgulamışlardır. Son olarak, Grup IV'nin nesli tükenen kutup ayılarının korunması temalı modülleri veri modellemesi yoluyla geleceğe dönük popülasyon haritaları oluşturma süreçlerini içermektedir.

Sorunlar, Çözümler ve Etkiler

Günümüz dünyasında karşılaşılan karmaşık ve disiplinlerarası sorunlara çözüm geliştirebilmek için, sorunların ve çözümlerin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamdaki etkilerini anlayabilmek gerekmektedir (Moore vd., 2014). Dolayısıyla, öğretim süreçlerinin yerel ve küresel düzeyde güncel konulara değinmesi önemlidir. Geliştirilen modüllerdeki sorunlar ve çözümleri incelendiğinde sosyal ve toplumsal, ekonomik ve çevresel bağlamdaki etkilerine değinildiği gözlenmiştir.

Grup III geliştirdikleri modülde depremde meydana gelen can kaybı sayısı ile düşük sosyoekonomik bölgeler arasındaki ilişkiye vurgu yaparak, geliştirdikleri düşük maliyetli tasarım kriteri ile öğrencilerde bu toplumsal eşitsizliğe yönelik farkındalık oluşturmayı hedeflemişlerdir. Deprem sorununu temel alan bir diğer grup olan Grup IX ise deprem felaketinin toplum üzerindeki sosyal ve psikolojik zararlarına değinmiştir. Grup X atık suların yerüstü sularını kirletmesi noktasında bu su kaynakları etrafında yaşayan toplumların hayatlarının nasıl etkilendiğini ön plana çıkararak öğrencilerde soruna yönelik farkındalık oluşturma yoluna gitmişlerdir. Mamul üretiminde zehirli gazların salınımına odaklanan Grup I ve sahil kasabalarındaki bilinçsiz kuyu açılmasını konu alan Grup V yasal düzenlemelerin yanında probleme yönelik toplumsal farkındalık ve bilincin önemini modüllerinde ön plana koymuşlardır.

Ekonomik bağlamdaki etkilere bakıldığında ise grupların problemin ortaya çıkmasının altında yatan ekonomik sebeplere ya da problemin doğurduğu ekonomik sonuçlara yer verdikleri görülmüştür. Örneğin, Grup V ruhsatsız kuyu açılmasının, Grup VIII yanlış tarım uygulamalarının ve Grup X ise atık su üretiminin arka planında yer alan maliyetlere modüllerinde yer vermişlerdir. Son olarak, çevresel bağlamdaki etkilerde öğrencilerin ortaya koyacakları tasarım çözümlerinin çevreyi olumsuz etkilememesi adına adımlar atılması gerektiği vurgulanmıştır.

Etik

İyi tasarlanmış bir K-12 mühendislik eğitimi, öğrencilerin mühendislik uygulamalarının doğasında yer alan etik değerlendirmeleri göz önünde bulundurmalarını sağlamalıdır. (Moore vd., 2014). Bu etik değerlendirmeler, kaynakların etkin ve verimli kullanımı ya da tasarım ürünlerini kullananların güvenliğini göz önünde bulundurma şeklinde olabilir. Katılımcıların hazırladıkları modüllerin etik göstergeleri incelendiğinde en sık görülen yaklaşımın, özellikle insanların kullanacakları tasarım ürünlerinin doğru ve eksiksiz çalışmasından emin olmak adına tekrar tekrar denemesi olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, deprem odaklı modüller geliştiren Grup III ve Grup IX insan hayatını doğrudan etkileyecek bir tasarım çözümü geliştirilmesi sebebiyle hata payının en aza indirilmesinin gerekliliğine atıfta bulunmuşlardır.

Etik açıdan bir diğer gözlemlenen boyut ise eşitlik kavramı üzerine kurulmuştur. Grup VI çarpık kentleşme kaynaklı sorunlardan şehirlere göç eden toplulukların sorumlu tutulması sebebiyle oluşan toplumsal algıyı vurgulayarak, doğru bir tasarım çözümünün bu toplumsal önyargıyı önlemede rol oynayabileceğine değinmişlerdir. Diğer yandan iş kazaları ve işçi ölümleri odaklı bir modül geliştiren Grup VIII, güvenli iş ortamının ve eşit iş sağlığı imkanlarının herkesin hakkı olduğu farkındalığını öğrencilere kazandırmanın önemine atıfta bulunmuşlardır.

Çevre odağında geliştirilen modüller incelendiğinde ise, etik açıdan bir insanmerkezcilik (anthropocentrism) eleştirisi olduğu gözlemlenmiştir. Grup IV insan merkezli bakış açısının ve yaşam tercihlerinin doğadaki canlıların neslinin tükenmesine, Grup XII ise insan merkezli geliştirilen mühendislik ürünlerinin iklim değişikliğini tetiklemesine vurgu yapmışlardır. Son olarak, yanlış tarım uygulamalarının olumsuz etkilerine odaklanan Grup VII, toprak etiği kavramını kullanarak insanların mülkiyet sahibi oldukları toprağı istedikleri şekilde kullanmalarının etik sorunlar oluşturabileceği bilincini öğrencilere kazandırmayı hedeflemişlerdir.

Ekip Çalışması

K-12 mühendislik eğitimi süreçleri etkili ekip çalışması becerileri geliştirmeyi, ortak çalışma gruplarına katılmayı ve öğrencilerin ekibin üretken bir üyesi olarak çeşitli roller üstlenmelerini sağlayan etkinlikleri içerebilir (Moore vd., 2014). Her ne kadar katılımcıların tasarladıkları modüllerde öğrencilerin grup çalışmaları yapmaları vurgulansa da katılımcıların birçoğu modüllerinde bu çalışmanın nasıl şekilleneceği noktasında yeterince detay verememişlerdir. Diğer yandan, katılımcıların grup çalışmasını tasarım çözümü geliştirme sürecinin farklı noktalarında ön plana çıkardıkları görülmüştür. Grup VI ekip çalışmasını şehirlerde yaşanan altyapı problemlerinin tespiti ve hangi spesifik altyapı sorununa tasarım çözümü geliştirileceğine karar verilmesi noktasında ön plana çıkarırken, Grup I ve Grup II bilgi araştırması sürecinde sorumluluk paylaşımının önemini vurgulamışlardır. Bu süreçlere ek olarak, Grup IV ve Grup V tasarım çözümlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde grup içi beyin fırtınası yapmanın gerekliliğini vurgulamışlardır. Depremde can kaybını önlemek adına güvenli bir yaşam alanı oluşturma konusunda bir modül geliştiren Grup III, tasarım çözümlerinin sorunsuz çalıştığından emin olmak için son ürünün değerlendirilmesinde ve karar alınmasında ekip çalışması gerektiğini belirtmişlerdir. Diğer gruplardan farklı bir ekip çalışmasını ön plana çıkaran Grup IX ise ayrılıp birleşme yoluyla tasarım çözümleri geliştiren öğrencilerin kendi grupları dışındaki öğrencilerin perspektiflerinden faydalanmalarının önemine değinmişlerdir.

Mühendislikle İlişkili İletişim

K-12 mühendislik eğitimi, öğrencilerin mühendislerinkine benzer bir şekilde iletişim kurabilmelerini ve mühendislerin teknik altyapılarını mühendislik bilgisi olmayan bireylerin de anlayabilecekleri ortak bir dille iletebilmelerini sağlayabilmelidir (Moore vd., 2014). Mühendislikle ilişkili iletişim göstergesi kapsamında katılımcıların geliştirdikleri modüller incelendiğinde; öğrencilerin tasarım süreci sonucunda mühendislik terminolojisine uygun raporlar hazırlamaları ve mühendislik tasarım süreci sonucunda ortaya çıkan sonuçların hedef kitleye uygun bir dile dönüştürmeleri şeklinde iki farklı yaklaşım görülmüştür. Birinci yaklaşıma örnek olarak Grup V'in geliştirdikleri modülde yer alan basit seviyede jeoteknik etüt raporu yazımı verilebilir. Diğer yaklaşıma örnek olarak ise Grup VII ve Grup XI'in modüllerinde önerdikleri hedef kitlenin sosyokültürel yapısının incelenerek geliştirilen tasarım çözümlerinin onları ikna edecek formatta sunulmasının hedeflenmesi verilebilir.

Diğer gruplardan farklı olarak, Grup IX geliştirdikleri modülde deprem riski ile ilgili hazırlanmış mühendislik raporlarının öğrenciler tarafından incelenmesi yoluyla mühendislik terminolojisinin öğrenilmesini ve bahsi geçen raporların hedef kitlenin anlayabileceği şekilde sadeleştirilmesini önermişlerdir. Son olarak, Grup VIII farklı mühendislik alanlarına özgü iş kazası risklerinin araştırılarak sahada çalışan mühendislere bahsi geçen risklerin mühendislere özgü terminolojiler ile nasıl anlatılabileceğinin sunumunun öğrenciler için önemli bir fırsat olduğunu belirtmişlerdir.

Tartışma

Bu çalışmanın amacı jeoloji mühendisliği lisans bölümünde öğrenim görmekte olan öğrencilerin geliştirdikleri öğretim modüllerinin Moore vd.'nin (2014) geliştirdikleri kaliteli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi doğrultusunda incelenmesidir. 12 farklı grup tarafından geliştirilen modüller kullanılan çerçevede yer alan göstergeler doğrultusunda incelenerek betimlenmiştir. Verilerin analizi sonucunda grupların geliştirdikleri modüller, çerçevede yer alan göstergeler açısından belirli farklılıklar göstermiştir.

Alan yazındaki çalışmalar öğretmenlerin eğitsel reformların merkezinde yer aldığını (Zeidler, 2014) ve öğretim süreçlerinin tasarlanması ve uygulanması sürecinde onların konu alanı bilgilerinin önemli rol oynadığını (Witz, Goodwin, Hart ve Thomas, 2001; Pang ve Good, 2000) belirtmektedir. STEM eğitimi yaklaşımının hayata geçirilmesinde mühendislik disiplininin oynadığı kilit rol (Katehi vd., 2009; Mann vd., 2011) göz önünde bulundurulduğunda, öğretim süreçleri tasarımında mühendislik konusunda gerekli bilgi ve tecrübeye sahip bireylerin rol oynaması önemlidir. Bu çalışmanın bulguları incelendiğinde, katılımcıların geliştirdikleri öğretim modüllerinde mühendislik alanına özgü birçok bilgi ve becerinin yer aldığı görülmüştür. Moore ve diğerleri (2014) tarafından geliştirilen çerçevede yer alan birçok mühendislik odaklı gösterge (mühendislik temelli düşünme, mühendisler ve mühendislik fikirleri, mühendislik araçları, mühendislikle ilişkili iletişim vb.) öğretmenlik mesleğini icra eden eğitim fakültesi mezunu bireylerin aşına olamayabileceği kriterleri içermektedir. Bu göstergeler incelendiğinde katılımcıların mühendislik alanına özgü bilgi ve tecrübelerinden faydalanarak otantik mühendislik deneyimleri sundukları görülmüştür. Geliştirilen modüllerde deprem ya da iklim değişikliği gibi toplumun belirli düzeylerde farkındalığa sahip olduğu konuların yanı sıra, sahil kasabalarında bilinçsiz kuyu açılımı gibi daha spesifik konulara da yer verildiği görülmüştür. Diğer taraftan, modüllerin temel aldığı konulardan bağımsız olarak genelde mühendislik özelde ise jeoloji mühendisliğine özgü bilgi, beceri ve araçların öğretim süreçlerine entegre edildiği gözlenmiştir.

Alan yazında belirtildiği üzere öğretmenlerin mühendislik disiplininin entegrasyonu konusunda yaşadıkları sorunların (Ashgar vd., 2017; Katehi vd., 2009; Shernoff vd., 2017; Stinson vd., 2009) bir benzerinin mühendislerin “Fen, Mühendislik ve Matematik Bilgisinin Uygulamaları” göstergesinde yaşamaları beklenebilir. Katılımcılardan toplanan veriler incelendiğinde fen ve matematik disiplinlerine özgü bilgi ve becerilere mühendislik tasarım çözümleri bağlamında yer verildiği görülmüştür. Bu durumun ortaya çıkmasında, mühendisliğin bağımsız bir disiplin olarak öğretim sürecine entegre edilmesi yerine diğer disiplinlerin entegrasyonuna olanak sağlayacak geniş bir yapıda sunulması rol oynamıştır. National Research Council [NRC] 2010 yılında yayınladıkları raporda, mühendislik boyutuna bağımsız bir disiplin gibi yaklaşılması durumunda kullanışlı ve etkili bir uygulamanın son derece zor olacağı, bunun yerine mühendisliğin büyük fikir ve temalar olarak sunulması fen, matematik ve diğer disiplinlerde yer alan güncel standartların (kazanımların) haritalandırılmasını önermektedir (NRC, 2010). Geliştirdikleri modülleri gerçek yaşam merkezli bir mühendislik problemi üzerine konumlandıran katılımcılar, bu sayede fen ve matematik gibi disiplinlere özgü bilgi ve becerileri entegre etme fırsatı bulmuşlardır. Diğer taraftan, bu disiplinlere özgü içerik, kavramlar ve süreçler boyutunda kalırken; doğrudan kazanımlarla ilişkilendirme konusunda problem yaşamışlardır. Bu durumun ortaya

çıkmasında, mühendislik fakültesi öğrencilerinin öğretim programlarının yapısı ve içeriği hakkında gerekli altyapıya sahip olmamaları gösterilebilir.

Mühendisliğin K-12 öğrenme ortamlarındaki varlığı STEM eğitiminin gerçek manada uygulanabilirliği açısından önemli bir role sahiptir (Katehi vd., 2009). Diğer taraftan STEM eğitimi yaklaşımının uygulanması ile ilgili alan yazında en sık karşılaşılan güçlük, mühendislik disiplininin doğasına ve uygulamasına yönelik içeriğin entegrasyonunun sağlanmasıdır. Araştırmalar K-12 düzeyinde öğrenim gören öğrencilerin mühendislerin ne iş yaptığına dair zayıf bir algıları olduğunu ortaya koymaktadır (Cunningham ve Knight, 2004; Cunningham, Lachappelle ve Lindgren-Streicher, 2005). Mühendisliğin ne olduğu, mühendislerin nasıl çalıştıkları (Mühendisler ve Mühendislik Fikirleri) ve mühendislerin hangi araçları kullandıklarını (mühendislik araçları) bilmek, teknolojinin şekillendirdiği günümüz dünyasında öğrencilerin bilinçli vatandaş olabilmeleri adına hayati önem taşımaktadır (Kersten, 2013). Bu çalışmanın bulguları, katılımcıların geliştirdikleri modüllerde yer alan mühendislik ile ilişkili göstergeleri mühendislik alanına içerden bir bakış ile zenginleştirerek, öğrencilere mühendisliğin doğasına yönelik güçlü bir algı kazandırma imkânı sunduklarını ortaya koymaktadır. Öğrencilerin farklı disiplinlerin ve meslek alanlarının perspektiflerine ve alternatif bakış açılarına maruz kalmaları, onların eleştirel ve demokratik tercihler yapmalarını sağlayacaktır (Hyslop-Margison ve Armstrong, 2004). Katılımcıların geliştirdikleri modüllerde yer alan gerek mühendislik ile ilişkili göstergeler gerekse de “sorunlar, çözümler, etkiler” ve “etik” göstergelerinin içeriği; öğrencilerin bilinçli vatandaş olmaları noktasında olumlu bir potansiyele sahiptir.

Çalışmanın bulguları, katılımcıların modüllerinde yer verilen mühendislik tasarım çözümlerinin alışılmadık dışında olabileceğini göstermektedir. Crismond ve Adams (2012) acemi tasarımcıların tasarım sürecine doğrusal olarak gerçekleştirilmesi gereken bir dizi strateji olarak yaklaştıklarını; bilinçli ve tecrübeli tasarımcıların ise tasarım sürecinin tek ve düzgün bir sırası olmayan döngüsel ve yinelemeli bir süreç olduğunu bildiklerini belirtmişlerdir (s. 769). STEM eğitimi kaynakları incelendiğinde, birçoğunda mühendislik tasarım sürecinin değişmez ve sıralı basamaklardan oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmanın katılımcıların geliştirdikleri modüllerde bu sürecin çok daha esnek olduğu görülmektedir. Araştırma kapsamında hazırlanan birçok modülde, alışılmış mühendislik tasarım basamaklarının dışına çıkılarak gerek sıralama gerekse de içerik açısından farklılıklara yer verilmiştir. Buna ek olarak, mühendislik tasarım sürecinin döngüsel ve tekrarlayan yapısının birçok modülde vurgulandığı görülmüştür. Mühendislik bağlamında saha deneyimine sahip mühendislik fakültesi öğrencilerinin, hazırladıkları STEM odaklı modüllerde ortaya koydukları problem durumlarının ve mühendislik tasarım süreçlerinin gerçek dünya uygulamalarına yakın olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, STEM odaklı öğretim uygulamalarının tasarlanmasında gerçek saha deneyimlerine sahip mühendislik altyapısına sahip uzmanlardan görüş ve destek alınması, öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerinde daha gerçekçi ve verimli öğrenme deneyimlerine sahip olmaları yolunda büyük bir potansiyel taşımaktadır. Diğer taraftan, çalışmanın katılımcıların bir dönem boyunca aldıkları kuramsal ve uygulamalı eğitim sürecinin, ortaya konulan öğretim modüllerinin kalitesini doğrudan etkilediği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu doğrultuda, yukarıda sunulan öneriler, mühendislik alanındaki uzmanların bu çalışmada olduğu gibi eğitime dönük farkındalığı ve temel bilgileri kazanmaları durumunda daha gerçekçi ve yapılabilir olacaktır.

Kaynaklar

- Abunuwara, E. (1992). The structure of the trilingual lexicon. *European Journal of Cognitive Psychology*, 4(4), 311-322.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F. ve Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2), 85-125.
- Avery, Z. K. ve Reeve, E. M. (2013). Developing effective STEM professional development programs. *Journal of Technology Education*, 25(1), 55-69.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Chandler, J., Fontenot, A. D. ve Tate, D. (2011). Problems associated with a lack of cohesive policy in K-12 pre-college engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), 40-48.
- Chesky, N. Z. ve Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM education: A critical investigation* (1. baskı). New York: Palgrave Macmillan.
- Çorlu, M., Capraro, R. ve Capraro, M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Creswell, J. W. (2007). *Research design: Qualitative and quantitative approaches*. (2. baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Crismond, D. ve Adams, R. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.
- Cunningham, C. ve Knight, M. (2004). Draw an engineer test: Development of a tool to investigate students' ideas about engineers and engineering. *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. Washington D.C.: ASEE.
- Cunningham, C., Lachappelle, C. ve Lindgren-Streicher, A. (2005). Assessing elementary school student conceptions of engineering and technology. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. Washington D.C.: ASEE.
- Furner, J. M. ve Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 185-189.
- Guzey, S., Moore, T. ve 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*, 6(1), 10- 29.
- Hernandez, P. R., Bodin, R., Elliott, J. W., Ibrahim, B., Rambo-Hernandez, K. E., Chen, T. W. ve de Miranda, M. A. (2014). Connecting the STEM dots: Measuring the effect of an integrated engineering design intervention. *International journal of Technology and Design Education*, 24(1), 107-120.
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM initiative: Constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96-122.

- Honey, M., Pearson, G. ve Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Cilt. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- Hyslop-Margison, E. J. ve Armstrong, J. (2004). Critical thinking in career education: The democratic importance of foundational rationality. *Journal of Career and Technical Education*, 21(1), 39-49.
- Katehi, L., Pearson, G. ve Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Research Council.
- Kelley, T. R. ve Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11.
- Kersten, J. A. (2013). *Integration of engineering education by high school teachers to meet standards in the physics classroom* (Yayımlanmamış doktora tezi). The University of Minnesota. Erişim adresi <http://hdl.handle.net/11299/158540>.
- Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D. ve Yoon, S. Y. (2011). Integrating engineering into K-6 curriculum: Developing talent in the STEM disciplines. *Journal of Advanced Academics*, 22(4), 639-658.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A. ve Stohmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Precollege Engineering Education Research*, 4(1), 1-13.
- Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education. TIES STEM education monograph series*. Baltimore, MD: Teaching Institute for Excellence in STEM.
- Morrison, J. ve Raymond Bartlett, V. (2009). STEM as curriculum. *Education Week*, 23, 28-31.
- National Research Council of the National Academies (2010). *Standards in K-12 engineering education*. Washington DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academies Press.
- Nikitina, S. ve Mansilla, V. B. (2003). *Three strategies for interdisciplinary math and science teaching: A case of the Illinois Mathematics and Science Academy* (GoodWork Project Report Series, No. 21). Cambridge, MA: Project Zero, Harvard University.
- Pang, J. ve Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications for further research. *School Science and Mathematics*, 100(2), 73-82.
- Sanders, M. (2008). Integrative STEM education: Primer, *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M. ve Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16.
- Smith, J. ve Karr-Kidwell, P. (2000). The interdisciplinary curriculum: A literary review and a manual for administrators and teachers. ERIC database (ED443172).

- Stinson, K., Harkness, S., Meyer, H. ve Stallworth, J. (2009). Mathematics and science integration: Models and characterizations. *School Science and Mathematics*, 109(3), 153–161,
- Strauss, A. ve Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Van Manen, M. (2007). Phenomenology of practice. *Phenomenology & Practice*, 1(1), 11-30.
- Williams, J. P. (2011). STEM Education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1), 26–35.
- Witz, K. G., Goodwin, D. R., Hart, R. S., and Thomas, H. S. (2001). An essentialist methodology in education-related research using in-depth interviews. *Journal of Curriculum Studies*, 33(2), 195-227.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods*. (5. baskı). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Zeidler, D.L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research and practice. N. G. Lederman ve S. K. Abell (Haz.), *Handbook of research on science education* (s. 697-726). New York, NY: Routledge.

Investigating STEM-Focused Instructional Module Designs of Engineering Students

Abstract

This study aims to investigate STEM-oriented teaching processes developed by junior and senior students studying in the department of geological engineering, using Moore et al.'s (2014) "quality K-12 engineering education framework". The study adopted a single case study with embedded units design, which is a qualitative research method. The sample consisted of 36 students (16 females and 20 males) enrolled in the geological engineering department. The primary data source was STEM-oriented teaching modules designed by the students in the study group and the secondary data source consisted of semi-structured interviews with each design group. Descriptive data analysis revealed that the modules developed by the groups showed differences in terms of the indicators within the framework. Specifically, the participants exhibited authentic engineering experiences by relying on their knowledge and experience specific to the field of engineering. Additionally, knowledge and skills specific to the disciplines of science and mathematics were included in the context of engineering design solutions. Finally, the design processes that progress linearly in STEM education resources were observed to be much more flexible in the modules developed by the participants.

Keywords: STEM education, engineering education, curriculum design