

STEM ÖĞRENME MODÜLÜ GELİŞTİRİLMESİ: TASARIM TABANLI ARAŞTIRMA UYGULAMASI¹

DEVELOPING STEM LEARNING MODULE: A DESIGN BASED RESEARCH IMPLEMENTATION

Hilmi Doğan²

Ayşe Savran Gencer³

Kadir Bilen⁴

Başvuru Tarihi: 31.03.2021 Yayına Kabul Tarihi: 28.01.2022 DOI: 10.21764/maeuefd.906854

(Araştırma Makalesi)

Özet: Tasarım tabanlı araştırma yöntemiyle modellenen bu çalışma, ortaokul beşinci sınıf fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünlük STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesine ilişkin tasarım ilkelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte çalışma tasarım tabanlı araştırma yöntemi kullanılarak bütünlük STEM eğitimi öğrenme modüllerinin geliştirilmesine yönelik bir tasarım çerçevesi de sunmaktadır. Çalışmada bütünlük STEM eğitimi tasarım ilkeleri alanyazın taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş, bu ilkeler doğrultusunda tersine tasarım yaklaşımı temel alınarak öğrenme modülleri geliştirilmiştir. Geliştirilen öğrenme modüllerinin uygulanması sürecinde öğrencilerin öğrenme deneyimlerine ilişkin veriler yansıtıcı açık uçlu sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla toplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre; belirlenen tasarım ilkeleri ve tasarım çerçevesinin mevcut fen bilimleri dersi ünitelerini bütünlük STEM öğrenme modüllerine dönüştürmede kullanışlı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte bulgular geliştirilen öğrenme modüllerinin uygulanması öğrencilerin öğrenme deneyimlerini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Abstract: This study, modelled with a design-based research method, aims to determine the design principles for the design, implementation and evaluation of the fifth-grade science course units with an integrated STEM education approach. In addition, the study also provides a design framework for the development of integrated STEM education learning modules by using a design-based research method. In the study, integrated STEM education design principles were determined in line with the literature review and expert opinions, and learning modules were developed based on the backward design approach according with these principles. During the implementation of the developed learning modules, data on students' learning experiences were collected through reflective open-ended questions and semi-structured interviews. The findings showed that the design principles and design framework were useful in transforming existing science course units into integrated STEM learning modules. Also, the findings indicated that implementation of the learning modules positively affected students' learning experiences.

Anahtar Sözcükler: *Bütünlük STEM eğitimi, tasarım tabanlı araştırma, tersine tasarım*

Keywords: *Integrated STEM Education, design based research, backward design*

¹ Bu çalışma birinci yazarın Pamukkale Üniversitesi'nde tamamladığı doktora tezinden üretilmiştir.

² Dr., Fen Bilimleri Öğretmeni, MEB, Antalya/Türkiye, dgnhilmi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7933-4115

³ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, asavran@pau.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-6410-152X

⁴ Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, kadir.bilen@alanya.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2054-2117

Giriş

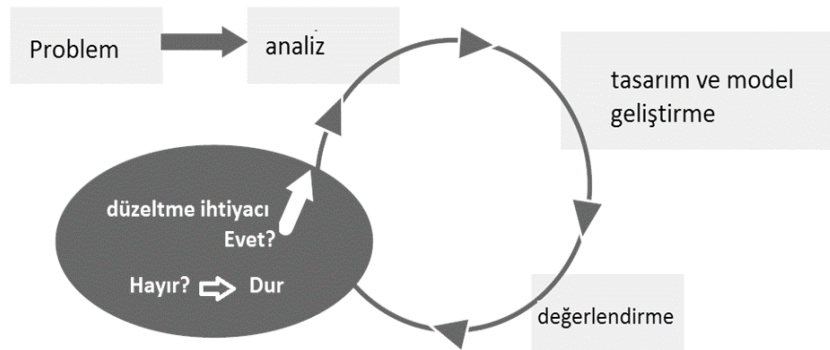
Son yıllarda eğitim politikalarının ve öğretim programlarının yenilenmesinin itici gücü olan STEM (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) eğitimi ile ilgili yapılan araştırmalar ülkemizde de büyük bir ivme kazanmıştır. Bu doğrultuda yenilenen fen bilimleri öğretim programında ilk kez bilim, mühendislik ve teknoloji entegrasyonuna yönelik uygulamalar yer almıştır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a). Her ne kadar fen bilimleri dersi öğretim programında öğretmenin rehberliğinde öğrencilerden bilimsel bilgiyi mühendislik uygulamalarıyla bütünleştirerek ürüne dönüştürmelerinin beklendiği belirtilse de yapılan çalışmalar öğretmenlerin mühendislik tasarım becerileri hakkında yeterli bilgi ve deneyime sahibi olmadığını göstermektedir (Dare ve diğ., 2018; Karakaş ve Bağ, 2017; Koç ve Kayacan, 2018; Özbilen, 2018; Özcan ve Düzgünoğlu, 2017; Özcan ve diğ., 2018; Roehrig ve diğ., 2021; Saraç ve Yıldırım, 2019). Bu durumda, öğretmenlerin bütünlük STEM eğitimi yaklaşımıyla derslerini ne şekilde tasarlayacakları, uygulayacakları ve öğrenme çıktılarını nasıl değerlendireceklerine ilişkin yeterliklerinin eksik olması fen bilimleri derslerinin STEM eğitimi yaklaşımıyla yürütülmesinin önündeki en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Eğitim araştırmaları yalnızca bir müdahalenin işe yarayıp yaramadığını kanıtlamayı amaçlamamalı, aynı zamanda eğitim ortamında yaşanan karmaşıklığı anlamayı da hedeflemelidir (Regehr, 2010). Uzun süredir uygulama ile zayıf bağlantıları nedeniyle eleştirilen eğitim araştırmalarına bir alternatif olarak ortaya çıkan tasarım tabanlı araştırma (TTA) (van den Akker ve diğ., 2006), eğitim ortamlarındaki müdahalelerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için araştırmacılara önemli fırsatlar sunmaktadır. STEM eğitime yönelik mevcut teorik çerçevelerin fen eğitimi programlarının tüm yönleriyle tasarlanmasına rehberlik edecek gerekli ayrıntılardan yoksun oluşu, TTA yöntemiyle yapılacak çalışmaları daha da önemli hale getirmektedir (Bell ve diğ., 2004). Bu sorunun çözümüne katkı sağlamak amacıyla, TTA yöntemine dayalı olarak bütünlük STEM eğitimi tasarım ilkelerinin belirlenmesi ve bu ilkeler doğrultusunda öğrenme modüllerin nasıl geliştirileceğine ilişkin kavramsal bir çerçeve ortaya koymak bu çalışmanın odak noktasında yer almaktadır.

Tasarım Tabanlı Araştırma

Wang ve Hannafin'e (2005) göre TTA, "gerçek dünyadaki araştırmacılar ve uygulayıcılar arasındaki iş birliğine dayanan, yinelemeli analiz, tasarım, geliştirme ve uygulama yoluyla eğitim

uygulamalarını iyileştirmeyi amaçlayan ve içeriğe duyarlı tasarım ilkelerine ve kuramlarına götüren sistematik fakat esnek bir metodolojidir” (s.6). Bu metodoloji ne tamamen pozitivist ne de yönelim açısından tamamen yorumlayıcıdır, bunun yerine çalışmanın probleminin ve araştırma hedeflerinin araştırma sürecine rehberlik eden ana itici güç olduğu pragmatik varsayımlara dayanmaktadır (Abdallah ve Wegerif, 2014). Bu pragmatik varsayımlar eğitsel uygulamaları iyileştirmeyi amaçlamakla birlikte tasarım sürecinin sonunda test edilmiş ve eğitim ortamlarında uygulanabilir eğitsel bir ürün ortaya çıkaran müdahaleleri içermektedir. TTA’da hem öğrenme süreçleri hem de öğrenmeyi desteklemek için tasarlanan araçlar hakkında teoriler geliştirmek için tekrar eden mikro ve makro döngülerden elde edilen veriler doğrultusunda çeşitli müdahaleler uygulanır (Cobb ve diğ., 2003; Gravemeijer ve Cobb, 2006). Başka bir ifade ile TTA, tasarımın gerçek yaşam bağlamında etkili bir şekilde çalışıp çalışmadığını tasarımın tekrar eden uygulamaları yoluyla test ederken tasarım ilkelerini iyileştirmeyi de amaçlar. TTA’nın amacı ne olursa olsun araştırma süreci Şekil 1’de gösterildiği gibi sistematik eğitim tasarım süreçlerini içermelidir.



Şekil 1. Sistematik tasarım döngülerinin yinelemesi (van den Akker ve diğ., 2006).

Bannan-Ritland (2003) tarafından TTA’nın ilk aşaması problemin saptanması, alanyazın araştırması ve problemi tanımlama gibi temel araştırma adımlarına dayanmaktadır. TTA’larda alanyazın inceleme süreci kritik öneme sahiptir, çünkü belirlenen sorunu ele alacak müdahalenin tasarımını ve geliştirilmesinin ne şekilde yapılacağına ilişkin ön tasarım ilkelerinin oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır (Herrington ve diğ., 2007). Prototip oluşturma (müdahaleler ve yinelemeli tasarım) aşamasında prototiplerin yinelemeli döngülerine dayalı olarak biçimlendirici değerlendirme ile müdahalenin iyileştirilmesi beklenmektedir (Abdallah, 2011; van den Akker ve diğ., 2006). Değerlendirme aşamasında prototip oluşturma aşamasında elde edilen verilerin analizi

doğrultusunda çözüm ya da müdahalenin önceden ayrıntılı olarak belirlenmiş özellikleri karşılayıp karşılamadığı belirlenir (Abdallah, 2011; Plomp, 2013). Uygulanan prototipte düzeltme ihtiyacı varsa gerekli düzeltmeler yapılarak yeniden Şekil 1’deki süreç takip edilir. Bu aşamada bir önceki aşamada yürütülen yinelemelerin kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılarak nihai bir tasarım çerçevesine ulaşılması beklenmektedir (Abdallah, 2011).

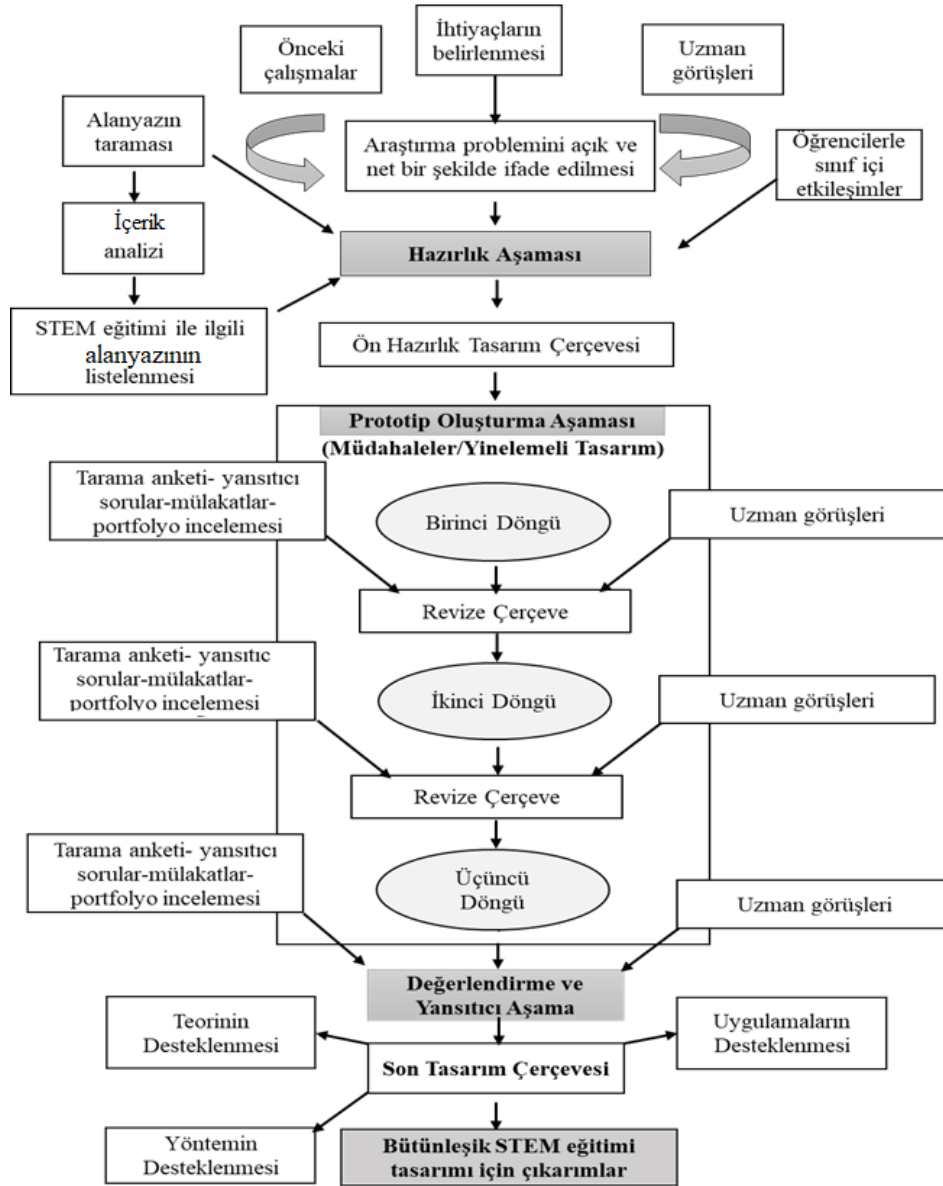
Alanyazında TTA için ortak bir tanım olmasa da özellikleri açısından araştırmacıların büyük ölçüde uzlaştığı söylenebilir. Ancak bu uzlaşma TTA ile diğer araştırma yöntemlerinin birbirinden kolaylıkla ayırt edilebildiği anlamına gelmemektedir. Özellikle eylem araştırması ile TTA birbirine en çok benzeyen araştırma türleridir (Bielaczyc ve Collins, 2007). Epistemolojik, ontolojik ve metodolojik dayanaklarının ortak olması muhtemelen araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından sıklıkla karıştırılmalarının olası nedeni olarak açıklanabilir (Anderson ve Shattuck, 2012). Bu iki araştırma yöntemi arasındaki en temel fark ise teori ile bağlantıdır (Abdallah ve Wegerif, 2014). Öğrenme ortamları hakkında yenilikçi teori geliştirmeyi amaçlayan TTA’nın merkezinde teorik temeller ve iddialar yer almaktadır (Barab ve Squire 2004; McKenney ve Reeves, 2012). TTA bir yeniliğin üretilmesine yönelik tasarım sorunlarına odaklanırken, eylem araştırmasının amacı ise bir yenilik üretmek değildir (Kuzu ve diğ., 2011). Eylem araştırması bazı durumlarda teoriyi iyileştirmeyi amaçlarsa da tasarım ögesi TTA’da açıkça daha belirgindir (Abdallah ve Wegerif, 2014). Sonuç olarak hem teorilerin hem de eğitim uygulamalarının test edilmesini ve iyileştirilmesini geliştiren otantik öğrenme ortamlarında öğrenmenin doğası hakkında araştırma sorularını yanıtlamak için TTA yaklaşımının kullanılması gerekmektedir (Dolmans ve Tigelaar, 2012). Bu doğrultuda, çalışma bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla öğrenme modüllerini geliştirme sürecine kılavuzluk edecek teoriye dayalı tasarım ilkelerini belirlemeyi ve bu ilkeler doğrultusunda öğrenme modüllerinin nasıl geliştirileceğine ilişkin bir kavramsal çerçeve ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmayı yönlendiren araştırma soruları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. Ortaokul beşinci sınıf fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesine yönelik tasarım ilkeleri nelerdir?
2. Ortaokul beşinci sınıf fen bilimleri dersi üniteleri için bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanan öğrenme modüllerine ilişkin öğrencilerin deneyimleri nelerdir?

Yöntem

Araştırma Modeli

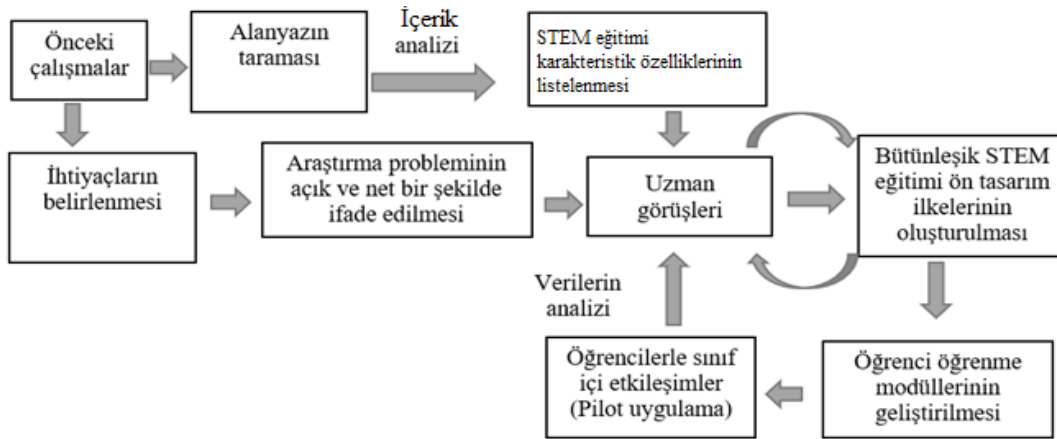
Doğası gereği eğitsel uygulamalardaki karmaşık problemler için araştırma temelli çözümler geliştirmeyi veya öğrenme ve öğretme süreçleri ile ilgili teorileri geliştirmesinin yanında, doğrulamayı da amaçlayan TTA çok yönlü bir araştırma sürecidir (McKeney ve Reeves, 2012; Plomp, 2013).



Şekil 2. Araştırmada kullanılan tasarım tabanlı araştırma modeli

Bu doğrultuda müdahalelerin sistematik bir şekilde uygulanması amacıyla birinci yazar Doğan'ın (2020) doktora çalışması kapsamında Abdallah'ın (2011) tasarım tabanlı modeline dayalı olarak geliştirdiği Şekil 2'de verilen TTA modeli kullanılmıştır. Bu model bütünlük STEM eğitimi yaklaşımıyla bir öğrenme modülünün geliştirilmesi amacıyla; (1) hazırlık, (2) prototip oluşturma, (3) değerlendirme ve yansıtıcı aşama ile (4) bütünlük STEM eğitimi tasarımı için çıkarımların belirlendiği bölümlerden oluşmaktadır.

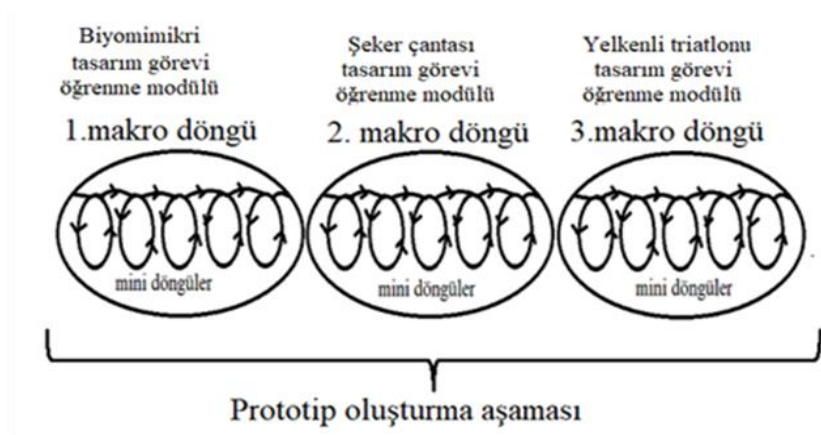
Modelin hazırlık aşamasında alanyazın taraması sonucunda STEM eğitimi karakteristik özellikleri sistematik olarak listelenmiş ve ihtiyaçlar belirlenmiştir. Bu sürecin sonunda uzman görüşleri alınarak araştırma problemi açık ve net bir şekilde ifade edilmiş ve bütünlük STEM eğitimi ön tasarım ilkeleri belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Araştırmanın hazırlık aşaması

Prototip oluşturma aşamasında geliştirilen öğrenme modülleri makro ve mikro döngüler şeklinde uygulanmıştır (Şekil 4). Çalışmada iki ünite için üç öğrenme modülü geliştirilmiş ve geliştirilen her bir modül makro döngü olarak uygulanmıştır. Makro döngüler içerisinde yer alan mini döngüler, her bir ders sonrasında uygulamanın değerlendirilmesine yönelik öğrencilerle yapılan görüşmeler ve araştırmacı tarafından tutulan alan notları doğrultusunda yapılması gereken iyileştirmeleri ifade etmektedir. Öğrencilerin öğrenme deneyimleri, modüllerin uygulanması sırasında ve sonrasında toplanan verilerin uygulama ile eşzamanlı olarak analiz edilmesiyle tespit edilmiştir. Bu veriler

tasarım ilkelerinin iyileştirilmesi için yapılacak revizyonların uzman görüşleri de alınarak belirlenmesine olanak sağlamıştır.

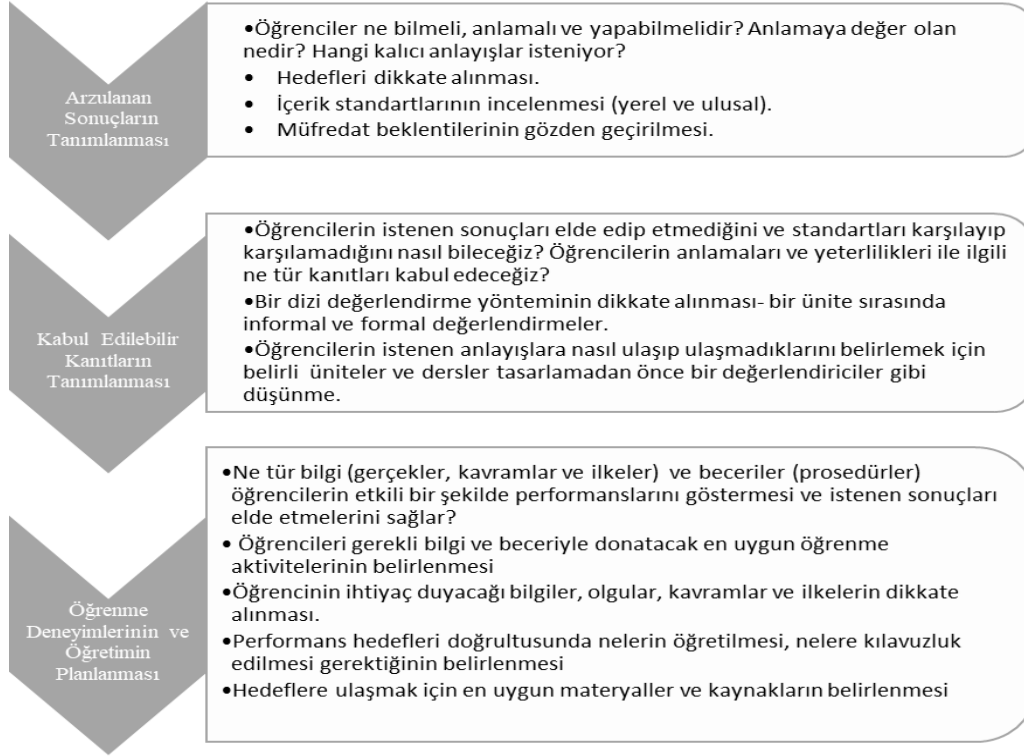


Şekil 4. Araştırmanın prototip oluşturma aşamasındaki mikro ve makro döngüler

Değerlendirme ve yansıtma aşamasında bütünlük STEM eğitimi tasarım ilkeleri doğrultusunda geliştirilen öğrenme modüllerinin uygulamaları ne oranda desteklediği araştırılmıştır. Üç yineleme olarak uygulanan makro döngülerin geriye dönük olarak değerlendirilmesi yapılarak son tasarım çerçevesi oluşturulmuştur. Bütünlük STEM eğitimi tasarımı için çıkarımlar aşaması ise sürecin bütüncül olarak değerlendirilmesi sonucunda ulaşılan bulguları ifade etmektedir.

Öğrenme Modüllerinin Geliştirilmesi

Öğrenme modülleri, Wiggins ve McTighe'ye (2005) dayandırılan temel olarak üç basamaktan oluşan tersine tasarım yaklaşımı kullanılarak geliştirilmiştir (Şekil 5). Hazırlık aşamasında belirlenen tasarım ilkeleri tersine tasarım yaklaşımı basamakları içerisinde konumlandırılmış ve Tablo 1'de belirtilen aşamalar doğrultusunda bütünlük STEM öğrenme modülü geliştirme sürecine ilişkin bir tasarım çerçevesi oluşturulmuştur.



Şekil 5. Tersine tasarım süreçleri

Modüllerin geliştirilmesi sürecinde fen bilimleri (MEB, 2018a), matematik (MEB, 2018b) ve teknoloji ve tasarım dersi öğretim programlarında (MEB, 2018c) yer alan kazanımlarla ilişkilendirilmiştir. Beşinci sınıflar için müfredatta teknoloji ve tasarım dersi yer almadığından yedinci sınıf teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı kazanımlarından yararlanılmış, teknoloji ve tasarım dersi ile mühendislik tasarımı arasında çok fazla benzerlik bulunduğu için bu iki disipline ait kazanımlar birlikte konumlandırılmıştır. Bu çalışmada, örnek olarak Tablo 1’de sunulan basamaklar doğrultusunda yelkenli triatlonu öğrenme modülünün geliştirilmesi sürecine ilişkin yapılan çalışmalar Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te sırasıyla gösterilmiştir. Bu sürecin takip edilmesiyle geliştirilen yelkenli triatlonu tasarım görevi öğrenme modülünden örnek bölümler Ek-1’de sunulmuştur.

Tablo 1.

Tersine Tasarım Yaklaşımına Dayalı Bütünleşik STEM Eğitimi Öğrenme Modülü Geliştirme Süreci

Tersine Tasarım Yaklaşımı Aşamaları	Bütünleşik STEM Eğitimi Tasarım İlkeleri	Aşamalar	Açıklama
1. Arzulanan Sonuçların Tanımlanması	Türk Milli Eğitiminin amaçları ve mevcut müfredata uygun esnek içerik	İçerik standartlarının belirlenmesi	Fen bilimleri dersi öğretim programında yer alan alana özgü beceriler ve kazanımlar Matematik, teknoloji tasarım dersi ve mühendislik kazanımlar Öğretim programlarında yer alan uygun içerik. İçerik uzman görüşleri doğrultusunda esnetilebilir Öğretilecek içerikte belirlenen büyük fikri açıklamayı sağlayan temel soruların belirlenmesi Öğrencilerin geçmişte öğrendiği bilgi ve becerilerin belirlenmesi Öğrencilerin neleri bilmesi neleri anlaması gerekiyor? Bu süreçte öğrencilerin hangi becerilerini geliştirmeyi amaçlıyoruz? Bu bilgi ve becerileri nasıl geliştirebiliriz?
2. Kabul Edilebilir Kanıtların Belirlenmesi	STEM okuryazarlığı ve disiplinler arasında bağlantı	Öğrenilecek bilgilerin belirlenmesi. Temel soruların belirlenmesi Anahtar bilgi ve becerilerin belirlenmesi	Öğrencilerin arzu edilen sonuçlara ulaşma düzeylerini belirlemek için hangi kanıtların kullanılacağı ve bu kanıtların hangi veri toplama araçlarıyla elde edileceğinin belirlenmesi (testler, rubrikler, gözlem formları, portfolyo değerlendirmesi)
3. Öğrenme Deneyimleri ve Öğretimin Planlanması	Bilimsel sorgulama temelinde mühendislik uygulamaları Sınıf seviyesine duyarlı mühendislik tasarım zorlukları Birlikte ve bireysel öğrenme fırsatları	Mühendislik tasarım görevinin belirlenmesi	Öğrencilerin ilgisini çekecek, bilimsel sorgulamaya imkân tanıyacak ve aynı zamanda STEM disiplinleriyle; anlamlı ise diğer disiplinlerle de (görsel sanatlar, tarih, coğrafya vb.) bağlantı kurmayı sağlayacak tasarım görevinin belirlenmesi
4. Tüm Sürecin Gözden Geçirilmesi	Bilgi kaynaklarına serbest erişim. İhtiyaca yönelik öğrenme ortamı. Otantik ve gerçek yaşamla uyumlu etkinlikler. Öğrenci merkezli strateji ve yöntemler. Anlamlı içerik entegrasyonu. STEM öğrenme ortaklıkları	Öğretim sürecinin planlanması	STEM disiplinleri ile diğer disiplinlerin hedeflerini karşılayacak fırsatlar ve mühendislik tasarım görevini başarmaya katkı sunacak mini deneyler ve aktivitelerin tasarlanması Öğrencilerin çeşitli kaynaklardan araştırma yapmalarına imkân verecek bilgi kaynaklarına ulaşımın (kitaplar, internet erişimi vb.) sağlanması Öğrenme faaliyetleri için ihtiyaç duyulan araç-gereç, öğrenme materyali vb. belirlenmesi Disiplinler arasındaki bağlantıların belirlenerek uygulama sürecinde öğretmen tarafından vurgulanması STEM alanında çalışan meslek örgütleri/kuruluşlar ile yapılacak ortaklıkların belirlenmesi
4. Tüm Sürecin Gözden Geçirilmesi		Öğrenme modülünün bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesi	Arzu edilen öğrenme çıktıları, kabul edilebilir kanıtlar (değerlendirme) ve öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması süreçlerinin gözden geçirilerek gerekli iyileştirmelerin yapılması

Öğrenme modülünün geliştirilmesi sürecinde tersine tasarım yaklaşımının basamaklarına dayalı olarak, bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri doğrultusunda aşağıdaki sıralama takip edilmiştir.

1. *Arzulanan sonuçların tanımlanması*: Kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme ünitesinde yer alan sürtünme kuvveti konusuna ilişkin olarak yelkenli triatlonu tasarım görevi öğrenme modülü için arzu edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2.

Yelkenli Triatlonu Yarışması Tasarım Görevi Arzu Edilen Sonuçların Tanımlanması

Arzu Edilen Öğrenme Çıktıları	Açıklama
İçerik (Ünite/konu) İçerik standartları /kazanımlar Fen bilimleri dersi öğretim programı (MEB, 2018a)	Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme Alana Özgü Amaçlar Astronomi, biyoloji, fizik, kimya, yer ve çevre bilimleri ile fen ve mühendislik uygulamaları hakkında temel bilgiler kazandırmak. Doğanın keşfedilmesi ve insan-çevre arasındaki ilişkinin anlaşılması sürecinde, bilimsel süreç becerileri ve bilimsel araştırma yaklaşımını benimseyip bu alanlarda karşılaşılan sorunlara çözüm üretmek. Birey, çevre ve toplum arasındaki karşılıklı etkileşimi fark ettirmek; toplum, ekonomi ve doğal kaynaklara ilişkin sürdürülebilir kalkınma bilincini geliştirmek. Günlük yaşam sorunlarına ilişkin sorumluluk alınmasını ve bu sorunları çözmeye fen bilimlerine ilişkin bilgi, bilimsel süreç becerileri ve diğer yaşam becerilerinin kullanılmasını sağlamak. Fen bilimleri ile ilgili kariyer bilinci ve girişimcilik becerilerini geliştirmek. Bilim insanlarıncı bilimsel bilginin nasıl oluşturulduğunu, oluşturulan bu bilginin geçtiği süreçleri ve yeni araştırmalarda nasıl kullanıldığını anlamaya yardımcı olmak. Doğada ve yakın çevresinde meydana gelen olaylara ilişkin ilgi ve merak uyandırmak, tutum geliştirmek. Bilimsel çalışmalarda güvenliğin önemini fark ettirerek güvenli çalışma bilinci oluşturmak. Evrensel ahlak değerleri, millî ve kültürel değerler ile bilimsel etik ilkelerinin benimsenmesini sağlamak. Kazanımlar F.5.3.2.1. Sürtünme kuvvetine günlük yaşamdan örnekler verir. F.5.3.2.2. Sürtünme kuvvetinin çeşitli ortamlarda harekete etkisini deneyerek keşfeder. F.5.3.2.3. Günlük yaşamda sürtünmeyi artırma veya azaltmaya yönelik yeni fikirler üretir. F.6.3.1.3. Dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetleri, cisimlerin hareket durumlarını gözlemleyerek karşılaştırır.
Matematik dersi öğretim programı (MEB, 2018b)	M.5.1.5.6. Ondalık gösterimleri verilen sayılarla toplama ve çıkarma işlemleri yapar. M.5.2.3.3. Zaman ölçme birimlerini tanıır, birbirine dönüştürür ve ilgili problemleri çözer. M.5.2.3.2. Üçgen ve dörtgenlerin çevre uzunluklarını hesaplar, verilen bir çevre uzunluğuna sahip farklı şekiller oluşturur. M.5.2.4.1. Dikdörtgenin alanını hesaplar, santimetrekare ve metrekareyi kullanır. M.5.3.1.2. Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğiyle gösterir. M.6.4.2.2. Bir veri grubuna ait aritmetik ortalamayı hesaplar ve yorumlar.
Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı (MEB, 2018c) / Mühendislik İçerik standartları	TT. 7. D. 1. 1. Tasarım problemini söyler. TT. 7. D. 1. 3. Tasarım planı hazırlar. TT. 7. D. 1. 4. Tasarımın modelini veya prototipini oluşturur. TT. 7. D. 1. 5. Tasarımını belirlenen kriterlere göre değerlendirir. TT. 7. D. 1. 6. Tasarladığı ürünü değerlendirme sonuçlarına göre yeniden yapılandırır. TT. 7. D. 2. 1. Sergileyeceği ürün veya ürünlerini sunar.
Bütünleşik STEM eğitimi amaçları Öğrenilecek içeriğin belirlenmesi Konu / kavramlar Temel sorular	Disiplinler arasında bağlantı yapabilmek Eleştirel düşünme becerileri- STEM mesleklerine ilgi Sürtünme kuvveti, yüzey sürtünmesi, su ve hava direnci Dikdörtgenin alanı, dikdörtgenler prizması ve temel elemanları Temel tasarım ve mühendisliğe ilişkin kavramlar (model/prototip/kriter ve kısıtlamalar) Yüzey sürtünmesi/ hava direnci/sıvı direnci bir cismin hareketine nasıl etkiler? Yüzey alanı sürtünme kuvvetini nasıl etkiler? Günlük hayatta sürtünmeyi etkilerini arttırmak ya da azaltmak için ne tür mühendislik çözümleri ortaya konulmuştur?
Anahtar bilgi ve beceriler	<i>Öğrencilerin önceki bilgilerinin belirlenmesi ve yeni öğrenecekleri konu ile bağlantı yapılması</i>

Kuvvetin etkileri
Öğrencilerin bilmesi gerekenler
Kuvvet, kütle, ağırlık, dinamometre, Newton
Kuvvet bir cismin hareketini veya şekil değiştirmesini açıklamanın temel anahtarıdır.
Yüzey sürtünmesi, hava direnci ve su direncinin cisimlerin hareketine etkisi
Bilimsel araştırmanın özellikleri, bilim insanlarının çalışmaları
Geri dönüşüm, kâğıt mühendisliği
Mühendislik tasarım döngüsü (her basamağa ait özellik), kriter-kısıtlamalar, model, prototip ve mühendislerin çalışmaları
Verilerin analiz edilmesi ve sonuçların sütun grafiği ile gösterilmesi
Bilimsel çalışmalardan elde edilen verilerin matematiksel gösterim şekilleriyle açıklanması
Fen bilimleri dersi alana özgü beceriler
Bilimsel Süreç becerileri
Yaşam Becerileri.
Mühendislik ve Girişimcilik becerileri
STEM kariyer bilinci
Gemi, Uçak, Otomobil, Makine Mühendisliği.
21. yy. becerileri
Eleştirel düşünme, takım çalışması ve iş birliği, yaratıcılık, iletişim

2. *Kabul edilebilir kanıtların tanımlanması (değerlendirme)*: Tablo 3'te arzulan sonuçlara ne derece ulaşıldığını ölçmek, bu sonuçların değerlendirilmesi için kabul edilecek kanıtlar ve kullanılacak ölçme araçları gösterilmiştir.

Tablo 3.

Kabul Edilebilir Kanıtların Tanımlanması

Ölçme Aracı	Açıklama
İki aşamalı test	Eleştirel düşünme becerileri ve akademik başarının ölçülmesi
Küçük sınıf içi sözlü değerlendirmeler	Uygulamalardan sonra konunun önemli noktaları hakkında öğrencilerin görüşleri sorulur. Kanıta dayalı açıklamalar istenir. Öğretmen için süreç içerisinde eksik yanların belirlenmesini amaçlamaktadır. Öğrenciye puan verilmez.
Çalışma kağıtlarının değerlendirilmesi	Öğrencilerin öğrenme modülünde yer alan çalışma kağıtları değerlendirilirken açık cevap verilmez. Öğrencinin doğru cevabı kendisinin bulması esastır. Farklı açılardan bakış açısı kazandırma ve düşünmenin geliştirilmesi esastır.
Akran değerlendirmesi	Geliştirilen rubrikler yoluyla belirtilen kriterlere göre öğrenciler yaptıkları çalışmaları hem süreç içerisinde hem de sürecin sonunda değerlendirme olanağı bulurlar. Sunumların değerlendirilmesi- iletişim becerileri. Ürünlerin değerlendirilmesi- yaratıcılık becerileri
Yansıtıcı açık uçlu sorular	Öğrenme modülü sonunda öğrencilerin süreci değerlendireceği yansıtıcı sorular yoluyla, takım çalışması becerileri, karşılaştıkları zorluklar ve problemlere nasıl çözüm bulduklarını anlamak amacı taşımaktadır.
Öğrenme modülleri (portfolyo değerlendirilmesi)	Mühendislik tasarım sürecine ilişkin becerilerin ölçülmesi Geliştirilen rubrik ile öğrencilerin mühendislik tasarım görevi süreci boyunca yaptıkları tüm çalışmalar değerlendirilir ve öğrencilere dönüt verilir.

3. *Öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması*: Öğrenme-öğretme sürecinde yapılacak etkinlikler, aktiviteler ve ihtiyaç duyulan araç gereçler belirlenerek Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4.

Öğrenme Deneyimleri ve Öğretimin Planlanması

Öğrenme Deneyimleri	Açıklama
Öğrencilerin ilgisini çekecek, bilimsel sorgulamaya olanak tanıyacak aynı zamanda diğer STEM disiplinleriyle bağlantı kurmayı sağlayacak mühendislik tasarım görevinin tanımlanması	Geliştirilen öğrenme modülünün temel amacı /büyük fikri olan <i>cisimlerin hareketi ve cisimlerdeki şekil değişikliği kuvvet ile açıklanabilir</i> doğrultusunda yelkenli triatlonu yarışması tasarım görevi olarak geliştirilmiştir. Tasarım görevi öğrencilerin yüzey sürtünmesi, hava ve su direncini aynı anda yönetebilmeleri amaçlayan mühendislik tasarım görevi zorluklarını içermektedir. Bununla birlikte STEM disiplinlerini bütünleştirmek için bir bağlam sağlayan mühendislik tasarım görevi otomobil, havacılık ve uzay, uçak, makine ve gemi mühendisliğinin tanıtılabileceği uygun bir çerçeve sunmaktadır.
Arzu edilen öğrenme çıktılarına yönelik eğitim sürecinin planlanması	Tasarım görevinin gerçekleştirilebilmesi için gerekli bilimsel bilginin keşfedilmesi amacıyla mini deneyler ve aktiviteler tasarlanmıştır.
Öğrencilerin çeşitli kaynaklardan araştırma yapmalarına imkân verecek bilgi kaynaklarının belirlenmesi (kitaplar, internet erişimi vb.)	Öğrencilerin uygulama süresince internet erişimi olan akıllı telefonları ve tabletleri kullanmalarına izin verilmiş olup ayrıca öğretmen tarafından her grup için internet erişimi olan toplam 6 adet dizüstü bilgisayar takımların kullanımına sunulmuştur.

Çalışma Grubu

Çalışma grubu, birinci araştırmacın aynı zamanda öğretmen olarak çalıştığı okul göz önüne alınarak kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Çalışma 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Antalya ilinde yer alan sosyo-ekonomik düzeyi alt seviyede olan bir devlet ortaokulunda beşinci sınıfta öğrenimlerini sürdüren 22 (10 kız, 12 erkek) öğrenci ile yürütülmüştür. Araştırmanın etik ilkeleri doğrultusunda öğretmenin ismi gizli tutulmuş ve çalışmada A öğretmeni olarak kodlanmıştır. Araştırma Pamukkale Üniversitesi Etik Kurulu'nun 26.02.2016 tarihli onayı ile etik ilkeler doğrultusunda yürütülmüştür. Öğrencilerin ailelerine veli onam formu gönderilerek çocuğunun çalışmaya katılmasına izin verip/vermediğini yazılı olarak beyan etmesi istenmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın hazırlık aşamasında STEM eğitimi ile ilgili alanyazın taramasına dayalı olarak dokümanlardan yararlanılmıştır. Yıldırım ve Şimşek'e (2016) göre "doküman incelemesi araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin analizini kapsar" (s.189). Araştırmanın prototip oluşturma, değerlendirme ve yansıtma aşamasında ise sürecin değerlendirilmesine yönelik yarı yapılandırılmış görüşme ve öğrenci yansıtma formu veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırmada, yarı-yapılandırılmış görüşme ve öğrenci yansıtma formlarının hazırlanmasında uzman görüşlerine başvurulmuştur. Araştırmacı tarafından öğrenme

modüllerinin uygulanması sırasında tutulan alan notları modüllerin daha iyi hale getirilmesi amacıyla tutulmuştur.

Verilerin Analizi

Çalışmada alanyazın taramasından, yarı yapılandırılmış görüşme ve öğrenci yansıtma formlarından elde edilen nitel verilerin analizi içerik analizi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Merriam'a (2013) göre gerçekliğin anlamına bağlı olan iç geçerlik, araştırma bulgularının dış dünyadaki gerçekliğe uyup uymadığı sorunsalı ile ilgilidir. Bu amaçla çeşitleme, katılımcı kontrolü veya üye sorgulaması, uzun süreli etkileşim, uzman incelemesi ve katılımcıların sürece dahil olduğu katılımcı araştırma biçimi ile çalışmanın iç geçerliği sağlanmaya çalışılmıştır (Merriam, 2013). Öğrenci yansımalarından, yarı yapılandırılmış görüşmelerden ve alan notlarından elde edilen veriler çeşitleme stratejileri kullanılarak bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. İç geçerliliğin sağlanabilmesi amacıyla iki araştırmacı tarafından dört kez tekrar eden süreç sonucunda kodlar oluşturulmuştur. Kodlar arasında ilişkilendirme yapılarak temalara ulaşılmıştır. Güvenirliğin sağlanabilmesi için verilerin çözümlenmesi iki uzman tarafından yapılmıştır. Bu süreçte uzmanların yaptığı kodlamalar karşılaştırılarak görüş birliği ya da görüş ayrılığı şeklinde işaretlenmiş, uzmanların yaptığı farklı kodlamalar üzerinde görüş birliği sağlanmaya çalışılmıştır. Bu sürecin sonunda elde edilen kodlar ve temalar Miles ve Huberman (1994) tarafından geliştirilen; Güvenirlilik (iç tutarlık) = $\frac{\text{Görüş birliği}}{(\text{Görüş birliği} + \text{Görüş ayrılığı})} \times 100$ formülü ile hesaplanarak %92 oranında iç tutarlılık sağlanmıştır.

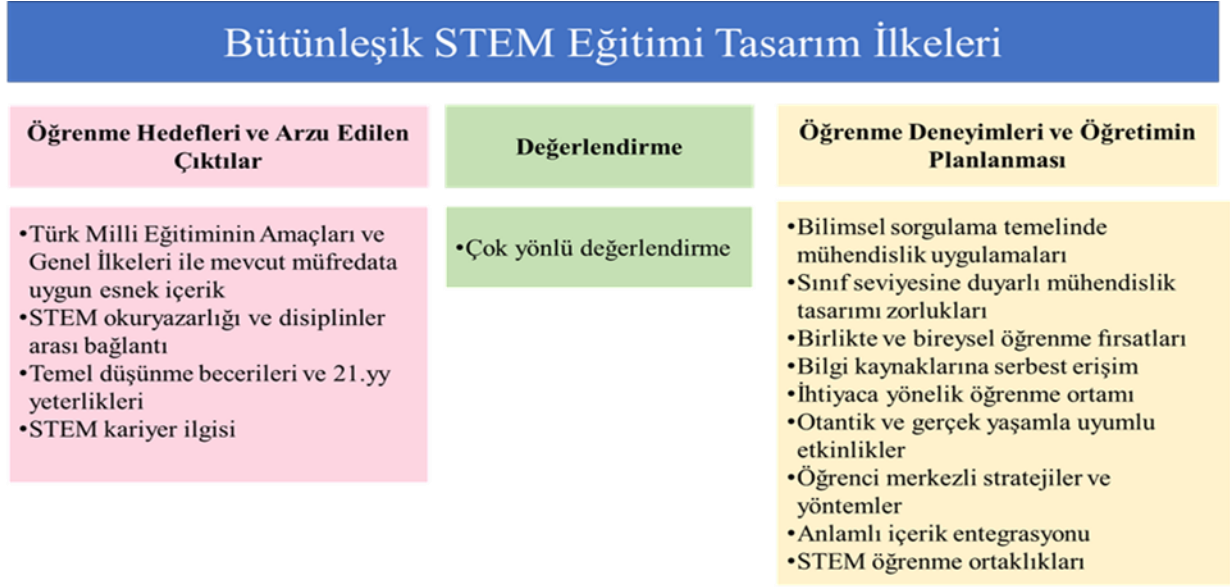
Bulgular

Bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı tasarım ilkelerinin belirlenmesi ve TTA sürecinin yürütülmesine ilişkin olarak nitel verilerin analizi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Bütünleşik STEM Eğitimi Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine İlişkin Bulgular

Çalışmanın hazırlık aşamasında STEM eğitimi ön tasarım ilkeleri belirlenirken alanyazın taramasından elde edilen veriler tersine tasarım basamakları ana tema olarak belirlenerek içerik analizine tabi tutulmuştur. Alt temalar belirlenirken birbiri ile ilişkili olan STEM eğitime ilişkin karakteristik özellikler (kodlar) alt temaların içerisinde konumlandırılmıştır. Bu üç ana tema altında

alanyazından elde edilen bulgular ve uzman görüşleri doğrultusunda Tablo 5 ve Tablo 6’da verilen alt temalar oluşturularak nihai tasarım ilkelerine ulaşılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri

Tablo 5’te bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri, öğrenme hedefleri ve arzu edilen çıktılar teması ve bu temanın içerisinde konumlandırılan alt temalara ilişkin alanyazından elde edilen bulgular sunulmuştur.

Öğrenme hedefleri ve arzu edilen çıktılar

Türk Milli Eğitiminin amaçları ve genel ilkeleri ile mevcut müfredata uygun esnek içerik: Fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı ile tasarlanması, değerlendirilmesi ve uygulanması süreci Türk Milli Eğitiminin amaçları ve genel ilkeleri ile mevcut müfredata uygun olması öğretmenler için yasal bir yükümlülüktür. Bununla birlikte ders içeriğinin STEM disiplinlerine ilişkin amaçlar doğrultusunda esnetilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin modüllerin geliştirilmesi sırasında biyoloji eğitimi alan uzmanı, canlılar dünyası ünitesi biyomimikri tasarım görevi için yapı ve fonksiyonun içeriğe dahil edilmesinin gerekli olduğunu belirtmiştir. Ancak öğretim programında yapı ve fonksiyon kavramının yer almadığını bu nedenle müfredata uygunluk ilkesinin müfredata uygun esnek içerik olarak değiştirilmiştir.

Tablo 5.

Öğrenme Hedefleri ve Arzu Edilen Çıktılar

Ana Tema	Alt tema	STEM Eğitimi Karakteristik Özellikleri
Öğrenme hedefleri ve arzu edilen çıktılar	Türk Milli Eğitiminin amaçları ve genel ilkeleri ile mevcut müfredata uygun esnek içerik STEM okuryazarlığı ve disiplinler arasında bağlantı	Ulusal standartlara uygunluk (Honey ve diğ., 2014) STEM okuryazarlığı (Bybee 2010; Garry ve diğ., 2020; Honey ve diğ., 2014; Morrison, 2006) Anlamlı ise diğer disiplinlere ait hedefler (Moore ve diğ., 2016) Öğrenme ve başarı (Honey ve diğ., 2014; Kelley ve Knowles, 2016; Moore ve diğ., 2016; Stohlmann ve diğ., 2012) STEM disiplinleri arasında bağlantı kurma (Capraro, Capraro ve Morgan, 2013; Honey ve diğ., 2014; Li ve diğ., 2020; Myers, 2015, Nathan ve diğ., 2013) Mühendislik ve tasarım becerilerinin gelişimi (Guzey ve diğ., 2016; Moore ve diğ., 2014) 21.yy. yeterlikleri (Bybee, 2010; Bryan ve diğ., 2015; Honey ve diğ., 2014; Lavi ve diğ., 2021; Morrison, 2006; Yıldırım, 2018; Vasquez ve diğ., 2013) Takım çalışması ve iletişim (Jolly, 2017; Pekbay ve diğ., 2020) Okuma yazma ve iletişim becerileri (Meyrick, 2011) Matematiksel düşünme (Çorlu, 2017, Kelley ve Knowles, 2016; Li ve diğ., 2020) STEM işgücüne hazır olma (Honey ve diğ., 2014, McDonald ve Waite, 2019) STEM mesleklerine ilgi ve bu alanlarda kariyer yapma isteği (Herbert ve Stipek, 2005; Honey ve diğ., 2014; Jolly, 2017; Ryu ve diğ., 2020; Vasquez ve diğ., 2013) STEM alanlarına ilgi ve bu alanlarda kariyer yapma isteği
	Temel düşünme becerileri ve 21.yy. yeterlikleri	
	STEM kariyer ilgisi	

STEM okuryazarlığı ve disiplinler arasında bağlantı: Alanyazında STEM programı, ünitesi/dersi hedefleri arasında STEM okuryazarlığı, disiplinler arasındaki bağlantı yapabilmek ve 21. yy. becerilerine sıklıkla vurgu yapılmaktadır. Her ne kadar öğrenme çıktıları için belirlenen bazı hedeflerin ölçülmesi zor ya da kullanışsız olsa da STEM okuryazarlığı ana noktadır (Honey ve diğ., 2014). STEM okuryazarlığı sadece STEM disiplinleri alanında okuryazarlık anlamına gelmemektedir (Toulmin ve Meghan, 2007) aynı zamanda birbiriyle çakışan sayısız disiplinler arası beceri, kavram ve süreci haritalamaktan daha fazlası anlamı taşımaktadır (Zollman, 2012). Bu nedenle *STEM okuryazarlığı ve disiplinler arasında bağlantı* yapma becerileri tasarım ilkesi olarak belirlenmiştir.

Temel düşünme becerileri ve 21. yy. yeterliklerinin uygulamalara açık entegrasyonu: Swartz, Costa, Beyer, Reagan ve Kallick'e (2008) göre eğitim ortamlarında düşünme becerileri genel olarak, "karşılaştırma ve zıtlık, sınıflandırma, öngörme, özgün fikirlerin üretilmesi, neden ve sonuç, karar verme, varsayımların ortaya çıkarılması ve bilgi kaynaklarının güvenilirliğinin belirlenmesi" (s.7) olarak karşımıza çıkar. Bu becerilerin öğretimi ders içeriği ile birleştirilerek de yapılabilir (Dilekli, 2019). Eleştirel düşünme, problem çözme, karar verme gibi becerilerin gelişimi analitik düşünme becerilerinin kullanımını gerektirmektedir (Swartz ve diğ., 2008). Bununla birlikte takım çalışması, iş birliği, iletişim, eleştirel düşünme becerileri veya bu becerileri de içerisine alan 21. yy. yeterlilikleri de STEM eğitiminin hedefleri içerisinde vurgulanmıştır.

STEM kariyer ilgisi: Araştırmalar erken yaşlardaki kariyer ilgisi ile meslek seçimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Crisp ve diğ., 2009). STEM alanındaki işgücü ihtiyacı erken dönemlerde öğrencilere STEM meslekleri ile ilgili bilgi ve becerileri göstermelerine fırsat tanınması onların STEM mesleklerine ilgisini arttırabilir.

Bütünleşik STEM eğitimi için kabul edilebilir kanıtların tanımlanması (değerlendirme)

Çok yönlü değerlendirme: Alanyazında ifade edilen sonucun ve sürecin değerlendirildiği farklı ölçme araçlarının kullanımına vurgu yapılmaktadır. Bu yaklaşımlar; ders içerisine gömülü değerlendirmeler, kontrol tabloları, rubrikler, sınıf içi testler, haritalar, öz-değerlendirme, grafik düzenleyiciler, kavram haritaları, portfolyo, konferans/sunum, tanılayıcı ve biçimlendirici değerlendirme olarak belirlenmiştir (National Research Council [NRC], 2009; Vasquez ve diğ., 2013; Yıldırım, 2018).

Öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması

STEM eğitimi alanındaki uygulamalar, STEM eğitim ortamının özellikleri, STEM eğitimi için ortaklıklar, bağlam, öğrenme ve öğretme strateji ve yöntemleri ile STEM disiplinlerinin bütünleşmesine ilişkin alanyazında yer alan karakteristik özellikler ile araştırmacıların uygulama sırasında elde ettikleri verilerden ve gözlem notlarından elde edilen bulgular doğrultusunda belirlenen bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması teması ve bu temanın içerisinde konumlandırılan alt temalara ilişkin bulgular Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6

Bütünleşik STEM Eğitimi Öğrenme Deneyimleri ve Öğretimin Planlanması

Ana Tema	Alt Tema	STEM Eğitimi Karakteristik Özellikleri
Öğrenme Deneyimleri ve Öğretimin Planlanması	Bilimsel sorgulama temelinde mühendislik uygulamaları	Bilimsel sorgulama (Çorlu 2017; Honey ve diğ., 2014; Johnson, 2013; Jolly, 2017; Kelley ve Knowles, 2016; Meyrick, 2011; Moore ve diğ., 2016; Stohlmann ve diğ., 2012) Başarısızlıktan öğrenme (Bryan ve diğ., 2015; Jolly, 2017; Moore ve diğ., 2016; Stein ve Muzzin, 2018) Motivasyon ve ilgi (Walker ve diğ., 2018) Birden fazla potansiyel çözüm (Nadelson ve Seifert, 2017; Wendell ve diğ., 2010) Mühendislik tasarım zorlukları (Berland, 2013) Tersine mühendislik uygulamaları (Guzey ve diğ., 2016; Moore ve diğ., 2014; Stohlmann ve diğ., 2012)
	Sınıf seviyesine duyarlı mühendislik tasarımı zorlukları	İyi yapılandırılmamış problemler (Nadelson ve Seifert, 2017) Uzman görüşleri doğrultusunda STEM uygulamaları sırasında birlikte ve bireysel olarak öğrencilerin kendilerini ifade edebilecekleri fırsatlarının yaratılması faydalı olacaktır. Spontane araştırma ve planlanmış araştırma için donanımlı ortam (Morrison, 2016; Stohlmann ve diğ., 2012)
	Birlikte ve bireysel öğrenme fırsatları	Küçük el aletleri, şekillendirilebilir malzemeler STEM yazılımları- bilgisayar/dizüstü bilgisayarlar İnovasyon ve icat için bir merkez Laboratuvar ve mühendislik uygulamaları bir arada Takım çalışması için masalar Yeterli alan ve depolama (Morrison, 2016; Stohlmann ve diğ., 2012)
	Bilgi kaynaklarına serbest erişim ihtiyaca yönelik eğitim ortamı	Gerçek dünya problemi-otantik problemler (Burrows ve diğ., 2018; Honey ve diğ., 2014; Meyrick, 2011; Moore ve diğ., 2016; NRC, 2011; Stohlmann ve diğ., 2012) Mühendislik tasarımı bağlamı (Kelley ve Knowles, 2016; NRC, 2011)
	Otantik ve gerçek yaşama uyumlu etkinlikler	Proje tabanlı öğrenme (Çorlu, 2017; Nadelson ve Seifert, 2017; Moore ve diğ., 2016; Vasquez ve diğ., 2013; Yıldırım, 2018) Probleme dayalı öğrenme (Nadelson ve Seifert, 2017; Meyrick, 2011; Moore ve diğ., 2016; Vasquez ve diğ., 2013) Tasarım temelli öğrenme (Nadelson ve Seifert, 2017) Teknoloji ve mühendislik tasarımı (Johnson, 2013) İşbirlikli öğrenme (Meyrick, 2011)
	Öğrenci merkezli strateji ve yöntemler	Birden fazla disiplinin entegrasyonu (Nadelson ve Seifert, 2017) STEM disiplinlerinden bir kısmı ya da tamamı (Moore ve diğ., 2014) İki ya da daha fazla STEM disiplinin entegrasyonu (Kelley ve Knowles, 2016; Sanders, 2009) İki ya da daha fazla (STEM alanı dışındaki disiplinlerin entegrasyonu) (Sanders, 2009; Vasquez ve diğ., 2013)
	Anlamli içerik entegrasyonu	STEM alanından uzmanların derse davet edilmesi (NRC, 2011; Stohlmann ve diğ., 2012) Üniversite ve çevre okullarla iş birliği (Stohlmann ve diğ., 2012)
	STEM öğrenme ortaklıkları	

Bilimsel sorgulama temelinde mühendislik uygulamaları: Alanyazından elde edilen bulgular bilimsel sorgulama ve mühendislik uygulamalarının bir bağlam olarak disiplinler arasındaki entegrasyonu sağladığına işaret etmektedir. Fen bilimleri derslerinin STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanırken mühendislik uygulamaları ve geliştirilen etkinlik/ders planı/öğrenme modülleri bilimsel sorgulama etrafında şekillendirilmelidir.

Sınıf seviyesine duyarlı mühendislik tasarımı zorlukları: Sınıf seviyesine uygun mühendislik tasarımı zorlukları (Walker ve diğ., 2018) öğrencilerin motivasyonu ve ilgilerini sağlamak için önemlidir. Bu nedenle sınıf seviyesine duyarlı mühendislik tasarımı zorluklarının bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı ile bir ünite ya da dersin tasarlanması için vurgulanması gereken bir ilke olduğu söylenebilir.

Birlikte ve bireysel öğrenme fırsatları: Alanyazında 21. yy. becerileri içerisinde yer alan takım çalışmasına sıklıkla vurgu yapılmaktadır. Ancak öğrencilerin takım çalışması içerisindeki görev ve sorumluluklarını yerine getirebilmesi için aynı zamanda bireysel olarak çalışmalarını için fırsatlar yaratılmalıdır. Mühendislik tasarım problemine yönelik çözüm önerileri geliştirilirken her takım üyesinin aktif olarak sürece katılması için bireysel fırsatların verilmesi, bireysel çalışma sonucunda elde ettikleri bilimsel bilgi ve geliştirdikleri çözüm önerilerinin takım ile paylaşarak takımın çözüm önerisinin geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Bilgi kaynaklarına serbest erişim: Alanyazında spontane araştırma ve önceden planlanmış araştırmalar için öğrencilerin araştırma yapabilmesine olanak tanıyan öğrenme ortamının düzenlenmesi önerilmektedir (Morrison ve diğ., 2016; Stohlmann ve diğ., 2012). Bütünleşik STEM eğitimi uygulamaları sırasında öğrencilerin bilgi kaynaklarına serbest erişim imkanına sahip olması STEM disiplinlerinin sınırlarını da aşan bilgi kaynaklarına ulaşabilmesini sağlar. Bu nedenle öğrencilerin bilgi kaynaklarına serbest erişimini sağlayacak düzenlemelerin uygulayıcılar tarafından göz önüne alınması uygun olacaktır.

İhtiyaçlara yönelik öğrenme ortamı: Alanyazında öğrenme ortamlarının yenilikçi ve icat merkezi, laboratuvar ve mühendislik uygulamalarının bir arada yürütülmesini sağlayan özelliklerin yanında STEM yazılımları, bilgisayar ya da dizüstü bilgisayarların bulunması gerektiği vurgulanmaktadır (Morrison 2016; Stohlmann ve diğ., 2012). Ayrıca takım çalışması için masalar ve yeterli depolama alanının da olması gerekir (Stohlmann ve diğ., 2012). Dolayısıyla öğrenme ortamının gerçekleştirilecek STEM uygulamasının özelliğine göre dikkate alınarak ihtiyaçların belirlenmelidir.

Otantik/gerçek yaşam bağlamıyla uyumlu etkinlikler: Bütünleşik STEM eğitimi ile ilgili alanyazından elde edilen bulgularda sıklıkla uygulamaların otantik gerçek yaşam bağlamıyla uyumlu olması vurgulanmıştır. Dolayısıyla otantik/gerçek yaşam bağlamıyla uyumlu etkinlikler

bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri içerisinde yer almasının öğrenme modüllerinin tasarımı için yol göstereceği söylenebilir.

Öğrenci merkezli strateji ve yöntemler: Alanyazından elde edilen bulguların neredeyse tamamında öğrenci merkezli strateji ve yöntemlere atıf yapılmıştır. Proje tabanlı, probleme dayalı, tasarım tabanlı ve teknoloji-mühendislik tabanlı gibi yaklaşımlara vurgu yapılmaktadır. Bu noktada uzman görüşleri de alınarak mevcut fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünleşik STEM ünitesine dönüştürülmesi için mühendislik tasarım tabanlı STEM eğitimine yönelik yaklaşımın uygun olacağı düşünülmüştür.

Anlamli içerik entegrasyonu: Alanyazında STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesine yönelik içerik entegrasyonu ve bağlam entegrasyonu ile nihai hedef olarak belirlenen anlamli içerik entegrasyonu olmak üzere üç farklı yol vurgulanmaktadır (Bryan ve diğ., 2015). Bu çalışmada anlamli içerik entegrasyonu fen bilimleri, matematik ve mühendislik/teknoloji tasarım disiplinlerinin içeriğinin mühendislik bağlamında bütünleşmesini ifade etmektedir.

STEM öğrenme ortaklıkları: Alanyazında STEM ortaklıklarının öğrencilerin motivasyonlarını artırdığı ve daha iyi öğrenme çıktıları sağladığı vurgulanmıştır.

Öğrenci Deneyimlerinden Elde Edilen Bulgular

Çalışmada üç makro döngü olarak öğrenme modüllerinin uygulanması sürecinde elde edilen bulguların tasarım ilkelerinin iyileştirilmesi ve öğrenme modüllerinin uygulanmasına yönelik olarak Doğan'ın (2020) doktora tez çalışmasında elde ettiği bulguların bir kısmı sunulmuştur. Öğrenci yansımaları ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen bulgulara göre; öğrenciler takım çalışması, karar verme ve model/prototip yapımında zorluk yaşadıklarını, bu zorlukları yeni çözümler ya da fikirler üreterek, takım çalışması/iş birliği ve kriterler doğrultusunda iyileştirmeler yaparak giderdiklerini belirtmişlerdir. Modüller uygulandıkça öğrencilerin model/prototip yapımı dışında yaşadıkları diğer zorlukları daha az sayıda ifade ettikleri gözlenmiştir. Öğrenciler çalışmada içerik bilgisi/bilimsel bilgi, mühendislik becerileri, STEM kariyer bilgisi, tasarım becerileri, karar verme becerileri, bilim insanlarının çalışmaları ve bilimsel araştırma becerilerini geliştirdiklerini ifade etmişlerdir. Çalışma sırasında öğrencilerin çoğu takım olarak çalışmayı, tasarım görevini, çalışmanın içeriğini ve çalışmanın bütün kısımlarını

sevdiklerini belirtmişler; az sayıda öğrenci ise tasarım görevindeki zorlukları, takım içerisindeki anlaşmazlıkları ve yaşadıkları kararsızlıkları sevmediklerini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, bütünlük STEM eğitimi ilkeleri doğrultusunda geliştirilen öğrenme modüllerinin öğrenciler tarafından beğenildiğini, takım çalışması ve iş birliği içerisinde çalışmalarını desteklediğini, tasarım zorluklarının öğrencilerin seviyesine uygun olduğunu, bilimsel bilginin yanında mühendislik becerilerini de geliştirdiğini göstermektedir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, fen bilimleri dersi öğretim programı (MEB, 2018a) ile uyum içerisinde teoriye dayalı bütünlük STEM eğitimi ilkeleri belirlenmiştir. Bu ilkeler doğrultusunda bütünlük STEM eğitimi yaklaşımıyla öğrenme modüllerinin tasarlanmasına yönelik uygulanabilir kavramsal bir çerçeve oluşturulmaya özen gösterilmiştir. Bu çerçeve sadece mevcut fen bilimleri dersi ünitelerinin bütünlük STEM ünitelerine dönüştürülmesi için kullanılacağı anlamına gelmemelidir. Belirlenen ilkelerin ve kavramsal çerçevenin yeni oluşturulacak bir program, okul dışı STEM programları ya da STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanacak etkinlikler için de gerekli revizyonlar yapılarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Bütünlük STEM eğitimi tasarım ilkeleri içerisinde yer alması kararlaştırılan *Türk Milli Eğitimin Amaçları ve Genel İlkeleri* (Resmî Gazete, 1973) ile *mevcut müfredata uygun esnek içerik*, bir program, ünite ya da ders planlanırken hedeflerin ve öğretilecek içeriğin belirlenmesine yönelik uyulması gereken yasal yükümlülükler vurgu yapmaktadır. Ancak ülkemizde yer alan çalışmalar incelendiğinde bu konuya herhangi bir atıf yapılmadığı tespit edilmiştir.

Bütünlük STEM eğitimi hedefleri ve arzu edilen öğrenme çıktılarına yönelik olarak belirlenen ilkelere diğer *STEM okuryazarlığı ve disiplinler arasında bağlantı* olarak belirlenmiştir. Her bireyin STEM okuryazarı olarak yetişmesi gerektiğine ilişkin olarak alanyazında gittikçe artan çalışmalara rastlamak mümkündür (Balka, 2011; Bush, 2019; Bybee, 2010; Honey ve diğ., 2014; Johnson ve diğ., 2020; Morrison, 2006; Zollman, 2012). Honey ve diğerleri (2014) bütünlük STEM eğitimi hedeflerinin STEM disiplinlerine ait kavramsal bilginin öğrenilmesinin ötesinde STEM disiplinleri arasındaki bağlantı yapabilmeye becerisini vurguladığını belirtmişlerdir. Özellikle küçük yaş grubundaki öğrenciler bu bağlantıları kendileri yapamadığı için STEM dersleri uygulanırken bu bağlantılar açıkça vurgulanmalıdır (Moore ve diğ., 2016).

Bir diğer ilke *temel düşünme becerileri ve 21. yy. yeterliklerinin uygulamalara açık entegrasyonu* olarak belirlenmiştir. Analitik düşünme becerileri olarak alanyazında vurgulanan benzerlik ve farklılıklarına göre karşılaştırma, sebep sonuç ilişkisi, parça bütün ilişkisi kurma, sınıflama ve sıralama becerilerine (Dilekli, 2019; Swartz ve diğ., 2008) atıf yaparken 21.yy. becerileri içerisinde vurgulanan eleştirel düşünme, iletişim, yaratıcılık ve iş birliği becerilerine (P21, 2019) işaret etmektedir.

STEM kariyer ilgisi öğrenme hedefleri ve arzu edilen çıktılar içerisinde konumlandırılmış bir diğer ilke olarak belirlenmiştir. Yayımlanan birçok rapor neredeyse tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de STEM mesleklerine gelecekteki ihtiyacın hızla arttığını göstermektedir (Akgündüz ve diğ., 2015; PricewaterhouseCoopers [PwC], 2017). Bu doğrultuda öğrencilerin STEM ilgilerini arttırabilmek amacıyla öğrenme modülleri içerisinde yer alan senaryo ile öğrencilere çeşitli STEM mesleklerine ilişkin roller verilmelidir.

Öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması ilişkin olarak belirlenen ilkelerden bir tanesi *bilimsel sorgulama temelinde mühendislik uygulamaları* olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada öğrenme modülleri içerisinde yer alan deneyler ve etkinlikler yoluyla öğrenciler bilimsel sorgulamanın içerisine dahil edilmiştir. Bu deneyler ve etkinlikler eleştirel düşünme becerilerinin açıkça vurgulandığı uygulama süreci ve öğrencilerin düşünme becerilerini sergileyebileceği durumlara odaklanmalıdır.

Mühendislik tasarım zorlukları öğrenciler için vazgeçmeyecekleri kadar zor ya da üst düzey düşünme becerilerini kullanamayacakları kadar kolay olmamalıdır. Dolayısıyla *sınıf seviyesine duyarlı mühendislik tasarımı zorlukları* ilkesi tam da bu noktayı vurgulamaktadır. Öğrencilerin takım çalışmasına katılmaları kadar bireysel olarak da çalışmalarını hem öğretmen açısından bireysel gelişimlerini değerlendirmek, hem de öğrencilere yalnız çalışma fırsatları açısından önemlidir.

Mühendislik tasarım görevini gerçekleştirmek için öğrencilerin ihtiyaç duydukları bilgiyi elde etmek için mini deneyler ve etkinliklerin yanında *bilgi kaynaklarına kolay erişimleri* de sağlanmalıdır. Bu bilgiler STEM disiplinlerinin ötesine de geçebilir. Ancak öğretmenin bu noktada öğrencilerin asıl büyük hedeften sapmalarını engellenmelidir. Ayrıca güvenilmeyen bilgi kaynaklarını ayırt etmeleri için fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmada ek bir bulgu olarak öğrencilerin çevrim içi ortamlarda nasıl arama yapacaklarını yeterince bilmemeleri ve hangi internet

sayfalarının güvenilir olduğunu tanımamalarına ilişkindi. Bu nedenle öğretmenlerin ayrıca medya okuryazarlığına ilişkin olarak bilgilerini geliştirmeleri faydalı olacaktır.

İhtiyaçlara yönelik öğrenme ortamı öğrenme deneyimleri ve öğretimin planlanması içerisinde yer alan bir ilke olarak belirlenmiştir. STEM eğitimi yaklaşımıyla derslerin yürütülmesi sırasında öğrencilerin kullanabilecekleri çeşitli el aletleri, birlikte çalışabilecekleri sıra, internet erişimi olan bilgisayar, tablet, akıllı telefonlar, yazılımlar, ihtiyaç duyulması halinde sensörler ve robot kullanımında ilişkin alanyazında birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu materyallerin birçoğu devlet okullarında bulunmamakla beraber aynı zamanda bu materyalleri kullanabilecek öğretmen becerilerinin de geliştirilmesi gereklidir.

Bütünleşik STEM eğitimi tasarım ilkeleri içerisinde yer alan *otantik/gerçek yaşam bağlamıyla uyumlu etkinlikler* bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla tasarlanan ve uygulanan ünite ya da derslerin gerçek yaşamla uyumlu olmasına vurgu yapmaktadır. Yapılan bu çalışmada geliştirilen öğrenme modülleri içerisinde yer alan senaryolar gerçek yaşamla ilişkilendirilmiştir. Alanyazında yer alan çalışmaların birçoğu problemlerin gerçek yaşam sorunlarına odaklanması gerektiğini ifade etmektedir (Burrows ve diğ., 2018; Çorlu, 2017; Meyrick, 2011, Nadelson ve Seifert, 2017; Yıldırım, 2018).

Bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımıyla öğretim planlanırken *öğrenci merkezli strateji ve yöntemler* seçilmelidir. Alanyazında yapılan çalışmalar STEM disiplinlerinin entegrasyonunu kavrayabilmek için öğretme pedagojilerinin genellikle aktif öğrenme ve öğrenme merkezli olması gerektiğine yöneliktir (Guzey ve diğ., 2016; Yıldırım, 2018). Bununla birlikte proje ve probleme dayalı öğrenme yöntemlerine vurgu yapsa da bu iki kavramın kullanımı tutarlı olamamakla beraber birçok çalışmada bu kavramlar neredeyse eş anlamlı olarak kullanılmıştır (Moore ve diğ., 2020). Çalışmalarda tasarım tabanlı ya da mühendislik tasarım tabanlı öğrenme yöntemlerine de vurgu yapılmıştır (Guzey ve diğ., 2016; Wendell ve diğ., 2010). Bu çalışma da mühendislik tasarım tabanlı STEM eğitimi yaklaşımı öğrenme modüllerinin geliştirilmesinde ve uygulama sürecinde benimsenmiştir.

Araştırmada *anlamlı içerik entegrasyonu* (Bryan ve diğ., 2015) yaklaşımı temel alınarak ana disiplin olarak fen bilimleri dersi ile matematik ve mühendislik/teknoloji tasarım disiplinlerinin içeriğinin mühendislik bağlamında bütünleşmesini ifade etmektedir. Bütünleşik STEM eğitimine

ilişkin öne sürülen görüşler dikkate alındığında iki ya da daha fazla disiplinin entegrasyonu (Kelley ve Knowles, 2016; Moore ve diğ., 2014; Nadelson ve Seifert, 2017; Thibaut, Knipprath, Dehaene ve Depaepe, 2018) ya da STEM disiplinlerinin tamamının bütünleşmesine vurgu yapan çalışmalar vardır (Burrows ve diğ., 2018; Moore ve Smith, 2014; Yıldırım, 2018). Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken husus “daha fazla bütünleşme mutlaka daha iyi değildir” (Honey ve diğ., 2014, s.5). Bu nedenle öğretmenlerin STEM disiplinleri arasında daha fazla bütünleşmeyi sağlamak için fen bilimleri içeriğini etkin bir şekilde öğretmeyi sağlayan yöntemleri göz ardı etmemeleri gerekir. STEM disiplinlerine ilişkin içerik belirlenirken öğretmenin diğer disiplinlere ilişkin bilgi ve becerileri dikkate alınmalı, öğretmenin bu alanlardaki yeterliğine göre STEM disiplinleri ve diğer disiplinlerden hangilerinin bütünleştirileceğini belirlenmelidir.

STEM öğrenme ortaklıkları bütünleşik STEM eğitimi uygulamaları için eşsiz fırsatlar sunmaktadır. STEM alanında çalışan uzmanları sınıfa getirmek gibi pedagojileri kullanmak (Myers, 2015), STEM uzmanlarını dersin bir bölümünü vermeleri için davet etmek, rol model olmaları açısından önemlidir (Rittmayer ve Beier, 2009).

Sonuç olarak belirlenen tasarım ilkeleri öğrenme modüllerinin geliştirilmesi için bir çerçeve sağlamakla birlikte modüllerinin geliştirilmesi için Wiggins ve McTighe (2005) tarafından önerilen tersine tasarım yaklaşımı ve tasarım tabanlı STEM eğitimi (Wendell ve diğ., 2010) modeli araştırmacılara kolaylık sağlamıştır. Alanyazından elde edilen bulgular bütünleşik STEM eğitimi için, disiplinlerin bütünleşme derecesi ve şeklinin nasıl ve ne şekilde olması gerektiği üzerinde araştırmacılar tarafından görüş birliğine varılamamıştır. Ancak bütünleşik STEM eğitiminin hedefleri ve öğrenme çıktıları için geniş ölçüde bir uzlaşma sağlandığı söylenebilir. Diğer taraftan en uygun modeli uygulayıcı olarak öğretmen bulunduğu şartlar ve kendi bilgi ve becerisiyle oluşturacaktır. Bir diğer sonuç öğrenme modüllerinin uygulanması sürecinde öğrencilerin öğrenme deneyimlerinden elde edilen sonuçlar oldukça umut vericidir. Geliştirilen modüllerinin öğrencilerin STEM disiplinlerine ilişkin kavramsal öğrenmelerini, STEM mesleklerine yönelik ilgilerini, takım çalışması, iletişim becerileri, problem çözme ve karar verme becerilerini desteklediği ayrıca öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine yönelik olarak becerilerini arttırdığı söylenebilir.

Kaynakça

- Abdallah, M. M. S. (2011). *Web-based new literacies and EFL curriculum design in teacher education: A design study for expanding EFL student teachers' language-related literacy practices in an Egyptian pre-service teacher education programme*. Unpublished doctoral dissertation. University of Exeter Graduate School of Education, Exeter. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED523062.pdf>
- Abdallah, M. M., & Wegerif, R. B. (2014). *Design-based research (DBR) in educational enquiry and technological studies: A version for PhD students targeting the integration of new technologies and literacies into educational contexts*. Institute of Education Sciences. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED546471>
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M., Öner, T., ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi?*. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/281098450>
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25. doi:10.3102/0013189X11428813
- Balka, D. (2011). Standards of mathematical practice and STEM. *Math–Science Connector*, pp. 6–8. Retrieved from <http://ssma.play-cello.com/wp-content/uploads/2016/02/MathScienceConnector-summer2011.pdf>
- Bannan-Ritland, B. (2003). The role of design in research: The integrative learning design framework. *Educational Researcher*, 32(1),21-24. Retrieved from <https://doi.org/10.3102/0013189X032001021>
- Barab, S. A., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. doi.10.1207/s15327809jls1301_1
- Bell, P., Hoadley, C. M., & Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. *Internet Environments for Science Education*, 73-85.
- Berland, L. K. (2013). Designing for STEM integration. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(1), 3.
- Bielaczyc, K., & Collins, A. (2007). Design research: Foundational perspectives, critical tensions, and arenas for action. *Children's learning in and out of school: Essays in honor of Ann Brown*, 89-111.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton and T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integration* (pp. 23–37). London: Taylor & Francis.

- Burrows, A., Lockwood, M., Borowczak, M., Janak, E., & Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on informal education and community collaboration through engineering. *Education Sciences*, 8(4). <http://doi.org/10.3390/educsci8010004>
- Bush, S. B. (2019). National reports on STEM education: What are the implications for K-12? In A. Sahin & M. Mohr-Schroeder (Eds.), *STEM education 2.0 myths and truths: What has K-12 STEM education research taught us?* (pp. 72–90). Leiden, The Netherlands: Brill Publishing.
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M. & Morgan, J. (Eds.). (2013). *Project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed.). Rotterdam: Sense.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Çorlu, M. S. (2017). STEM: Bütünleşik öğretmenlik çerçevesi [STEM: Integrated Teaching Framework]. In M. S. Çorlu & E. Çallı (Eds.), *STEM Kuram ve Uygulamaları* (pp. 1–10). İstanbul: Pusula.
- Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. (2009). Student characteristics, pre-college, college, and environmental factors as predictors of majoring in and earning a STEM degree: an analysis of students attending a Hispanic serving institution. *American Educational Research Journal*, 46(4), 924–942.
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education* 5(4). Doi: 10.1186/s40594-018-0101-z
- Dilekli, Y. (2019). *Etkinliklerle düşünme eğitimi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğan, H. (2020). *Beşinci sınıftan bilimleri dersi ünitelerinin bütünleşik STEM eğitimi yaklaşımı ile tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Dolmans, D. H., & Tigelaar, D. (2012). Building bridges between theory and practice in medical education using a design-based research approach: AMEE Guide No. 60. *Medical Teacher*, 34(1), 1-10.
- Garry, F., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369-385.

- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. *Educational Design Research*, 17-51.
- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550-560. doi:10.1007/s10956-016-9612-x
- Herbert, J., & Stipek, D. (2005). The emergence of gender differences in children's perceptions of their academic competence. *Journal of Applied Development Psychology*, 26(3), 276-295.
- Herrington, J., McKenney, S., Reeves, T., & Oliver, R. (2007). Design-based research and doctoral students: Guidelines for preparing a dissertation proposal. In C. Montgomerie & J. Seale (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2007* (pp. 4089-4097). Chesapeake, VA: AACE.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Johnson C. C., (2013). Conceptualizing integrated STEM education. *School Science and Mathematics*, 113(8), 367-368. doi: 10.1111/ ssm.12043.
- Johnson, C., Mohr-Schroeder, M., Moore, T., & English, L. (2020). *Handbook of research on STEM education*. New York: Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780429021381>
- Jolly, A. (2017). *STEM by design: strategies and activities for grades 4-8*. New York: Routledge.
- Karakaş, A. & Bağ, H. (2017). Analyzing the views of the science teachers about in-class integration of STEM applications. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET), Special Issue for INTE 2017*.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Koç, S. R. ve Kayacan, K. (2018). Fen bilimleri öğretmenlerinin 2018 fen bilimleri öğretim programında yer alan mühendislik ve tasarım becerilerine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi. *Electronic Turkish Studies*, 13(19), 865-881.
- Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım tabanlı araştırma ve öğrenme ortamlarının tasarımı ve geliştirilmesinde kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1(1), 19-35.
- Lavi, R., Tal, M., & Dori, Y. J. (2021). Perceptions of STEM alumni and students on developing 21st century skills through methods of teaching and learning. *Studies in Educational Evaluation*, 70, 101002.

- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2020). On computational thinking and STEM education. *Journal for STEM Education Research volume, 3*, 147–166.
- McDonald, K. S., & Waite, A. M. (2019). Future directions: Challenges and solutions facing career readiness and development in STEM fields. *Advances in Developing Human Resources, 21*(1), 133-138.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. London: Routledge
- Merriam, S. B. (2013). Nitel verilerin analizi. Turan. S. (Ed.), *Nitel araştırma: Desen ve uygulama için bir rehber içinde* (s.161- 198). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM education improves student learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal, 14*(1), 1-6.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018a). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018b). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018c). *Teknoloji ve tasarım dersi öğretim programı (ortaokul 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Temel Kanunu (1973, 27 Haziran) Resmi Gazete (Sayı 14574) Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1739.pdf>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel and M. Cardella (Eds.), *Engineering in precollege settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*. Lafayette, IN: Purdue University Press.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2016). The need for a STEM road map. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *In Stem road map: A framework for integrated STEM education*, 3-12. New York, NY: Routledge.
- Moore, T. J., Johnston, A. C., & Glancy, A. W. (2020). STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions. In *Handbook of Research on STEM Education, 1st ed.*; Johnson, CC, Mohr-Schroeder, MJ, Moore, TJ, English, LD, Eds, 3-16. New York, NY: Routledge.

- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education*, 15(1), 5–10.
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20. <http://daytonos.com/pdf/stem.pdf>
- Myers, A. (2015). *The STEM shift: A guide for school leaders*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223, doi: 10.1080/00220671.2017.1289775
- Nathan, M. J., Srisurichan, R., Walkington, C., Wolfgram, M., Williams, C., & Alibali, M. W. (2013). Building cohesion across representations: A mechanism for STEM integration. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 77–116. <http://doi.org/10.1002/jee.20000>
- National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. National Academies Press.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: A workshop summary*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Özbilen, A. G. (2018). Stem eğitimine yönelik öğretmen görüşleri ve farkındalıkları. *Scientific Educational Studies*, 2(1), 1-21.
- Özcan, H. ve Düzgünoğlu, H. (2017). Fen bilimleri dersi 2017 taslak öğretim programına ilişkin öğretmen görüşleri. *International Journal of Active Learning (IJAL)*, 2(2), 28-47.
- Özcan, Ö., Oran Ş. ve Arık S. (2018). Fen bilimleri dersi 2013 ve 2017 öğretim programlarının öğretmen görüşlerine göre karşılaştırmalı incelenmesi. *Başkent University Journal of Education*, 5(2),156-166.
- Pekbay, C., Saka, Y., & Kaptan, F. (2020). Middle school students' views over green engineering STEM activities. *Inönü University Journal of the Faculty of Education (INUJFE)*, 21(2), 840-857. DOI: 10.17679/inuefd.684513
- Plomp T. (2013). Educational design research: An introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 11-37). Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- PricewaterhouseCoopers (2017). *2023'e doğru Türkiye'de STEM gereksinimi*. 10 Aralık 2017 tarihinde <https://www.pwc.com.tr/tr/gundem/dijital/2023e-dogru-turkiyede-stem-gereksinimi.html> adresinden erişildi.
- Regehr, G. (2010). It's not rocket science: Rethinking our metaphors for research in health professions education. *Medical Education*, 44, 31–39. doi:10.1111/j.1365-2923.2009.03418.x

- Rittmayer, M.A. & Beier, M.E. (2009). Self-Efficacy in STEM. In B. Bogue & E. Cady (Eds.). *Applying Research to Practice (ARP) Resources*. Retrieved from <http://www.engr.psu.edu/AWE/ARPresources.aspx>
- 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(2). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8>
- Ryu, J., LaPaglia, S., & Walters, R. (2020). Idaho drone league (iDrone) to stimulate STEM workforce. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 21(2).
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Saraç, E., & Yıldırım, M. S. (2019). 2018 fen bilimleri dersi öğretim programına yönelik öğretmen görüşleri. *Academy Journal of Educational Sciences*, 3(2), 138-151.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.
- Stein, M., & Muzzin, M. (2018). Learning from failure. *Science and Children*, 55(8), 62–65. https://doi.org/10.2505/4/sc18_055_08_62
- Swartz, R. J., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R., & Kallick, B. (2008). *Thinking-Based Learning: Promoting Quality Student Achievement in the 21st Century*. Teachers College Press. 1234 Amsterdam Avenue, New York, NY 10027.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190–205. <http://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014>
- Toulmin, C. N., & Meghan, G. (2007). *Building a science, technology, engineering and math agenda*. Washington, DC: National Governor's Association.
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. Routledge.
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Walker, W., Moore, T., Guzey, S., & Sorge, B. (2018). Frameworks to develop integrated STEM curricula. *K-12 STEM Education*, 4(2), 331-339.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.

Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). Incorporating engineering design into elementary school science curricula. *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Louisville, KY.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design*. Ascd.

Yıldırım, B. (2018). *Teoriden pratiğe STEM eğitimi: Uygulama kitabı*. Ankara: Nobel Yayınları.

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (10. Baskı), Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, research on STEM (science, technology, mathematics, engineering) education, which is the driving force of the renewal of education policies and curricula, has gained great momentum in Turkey as well as many countries. Accordingly, the practices of science, engineering and technology were included in the renewed science curriculum for the first time as it was stated that the students are expected to integrate scientific knowledge with engineering applications and transform them into products under the guidance of the teacher (MEB, 2018a). However, the studies show that teachers do not have enough knowledge and experiences about engineering design skills (Dare et al., 2018; Karakaş & Bağ, 2017; Koç & Kayacan, 2018; Özbilen, 2018; Özcan & Düzgünoğlu, 2017; Özcan et al., 2018; Rehrig et al., 2021; Saraç & Yıldırım, 2019). As a result, it seems that the lack of teachers' competence regarding how to design, implement and evaluate their lessons with the integrated STEM education approach is one of the most important obstacles in front of the STEM education approach. Therefore, in order to contribute to the solution to this problem, determining the integrated STEM education design principles and how to develop learning modules in line with these principles are the focus points of this research. This study includes some of the findings obtained by Doğan (2020) within the scope of his doctoral dissertation, which includes the processes of designing, implementing and evaluating middle school fifth grade science course units with an integrated STEM education approach. The study, which was carried out with the design-based research method, reflects the determination of

integrated STEM education design principles, the development of student learning modules in line with these principles, and the learning experiences of students regarding this process.

This study aims to determine the theory-based design principles that will guide the process of developing student learning modules with an integrated STEM education approach and to suggest a framework for how to develop learning modules in line with these principles. According to this purpose, the research questions guiding the study were appointed as follows:

1. What are the design principles for designing, implementing and evaluating middle school fifth-grade science course units with an integrated STEM education approach?
2. What are the experiences of students regarding learning modules designed with an integrated STEM education approach for middle school fifth-grade science course units?

Method

In the study, the model was developed based on the research of Addallah (2011) within the scope of Doğan's (2020) doctoral thesis, and it was used in order to systematically implement the interventions to be made in the stages of this complex process. The study group was formed by purposeful sampling method (Yıldırım & Şimşek, 2016). The data were collected by document analysis, semi-structured interview and student reflection form.

Data Analysis

In this study, the analysis of qualitative data regarding the determination of the design principles of the integrated STEM education approach and the execution of the design-based research process is presented. Accordingly, the analysis of the qualitative data collected from the literature review in the study was carried out by the content analysis method. The data obtained from student reflections, semi-structured interviews and field notes were evaluated with a holistic perspective using triangulation strategies.

Results

In the preparation phase of the study, the data obtained from the literature review were examined with content analysis, and the preliminary design principles determined in line with expert opinions

were placed within the steps of the reverse design approach. During the implementation of the modules, the prototype creation phase, improvements have been applied for design principles in line with the findings obtained from student reflections and semi-structured interviews with students, and the final version is given in Figure 1.

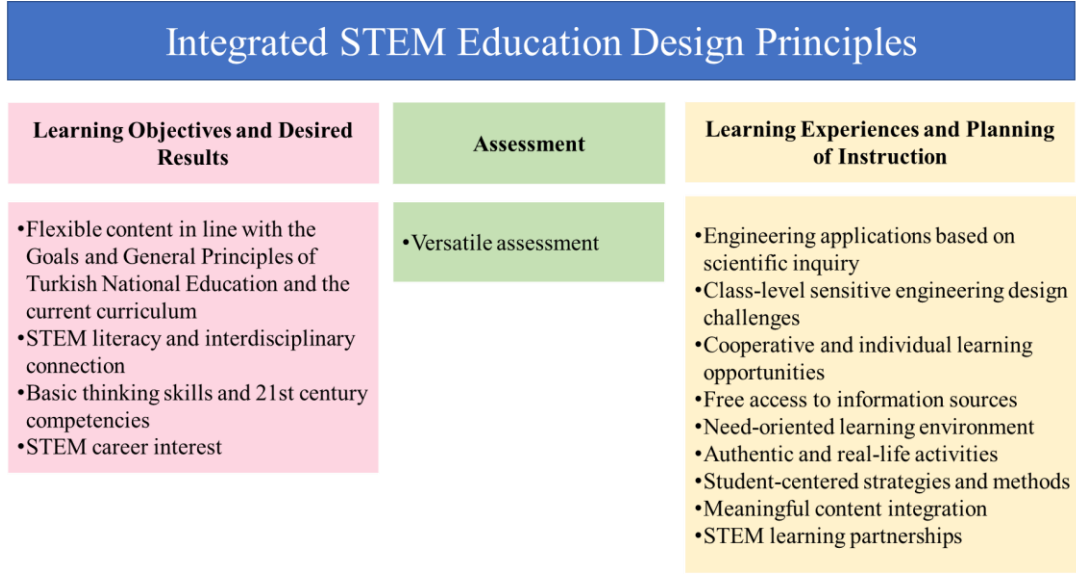


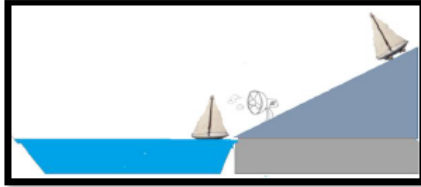
Figure 1. Integrated STEM Education Design Principles

The results obtained from students' learning experiences during the implementation of learning modules are very promising. It can be said that implementing the modules support students' conceptual learning of STEM disciplines, increase their interest in STEM professions, develop teamworking and communication, problem-solving and decision-making skills, and increase students' skills in the engineering design process.

ETİK BEYAN: “STEM Öğrenme Modülü Geliştirilmesi: Tasarım Tabanlı Araştırma Uygulaması” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır ve veriler toplanmadan önce Pamukkale Üniversitesi Etik Kurulu’ndan 26.02.2016 tarihinde etik izin alınmıştır. Karşılaşılacak tüm etik ihlallerde “Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi Yayın Kurulunun” hiçbir sorumluluğunun olmadığı, tüm sorumluluğun Sorumlu Yazara ait olduğu ve bu çalışmanın herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğunu taahhüt ederiz.

EK- 1. Yelkenli Triatlonu Tasarım Görevi Öğrenme Modülü Örnek Bölümler

Yelkenli Triatlonu Yarışması Tasarım Görevi



Bu okulumuzda ilk kez “Yelkenli Triatlonu” yarışması düzenlenecektir. Triatlon üç farklı yarıştan oluşan bir spor dalıdır. “Yelkenli Triatlonu” yarışmasında üç farklı sürtünme kuvvetini (yüzey, su ve hava) en iyi şekilde yönetebilen takım yarışmayı kazanacaktır.

Sizler takımınızla birlikte bir mühendis (gemi, makine mühendisliği vb.) olarak bu yarışmaya katılacaksınız. Bu yarışma için tekerlekli yelkenliler tasarlayacaksınız. Yarışmanın birinci bölümünde 2 metre uzunluğundaki bir rampadan aşağıya bırakılan yelkenliniz tekerlekleri sayesinde suya inecek. Bu andan itibaren sabit duran bir fanın rüzgarından faydalanarak tek parça halinde en uzağa giden yelkenli yarışmayı kazanacaktır.

Yarışma Şartnamesi

- 1- Tasarımınız için strafor parçaları, ip, ahşap veya plastik çubuklar, bez parçaları, plastik poşet kullanabilirsiniz.
- 2- Bu tasarım için bütçeniz 20 liradır.
- 3- Tasarımınızı iki ders saati içerisinde tamamlayacaksınız.
- 4- Yelkenlinizin boyutları en fazla 30x20x20 olmalıdır.
- 5- Tasarladığınız yelkenliye ilişkin 10 dakikalık bir sunum süresi verilecektir.

Yukarıdaki şekilde yelkenlinin takip edeceği platform çizilmiştir.



Etkinlik-2

Sürtünme Kuvvetini Ölçelim

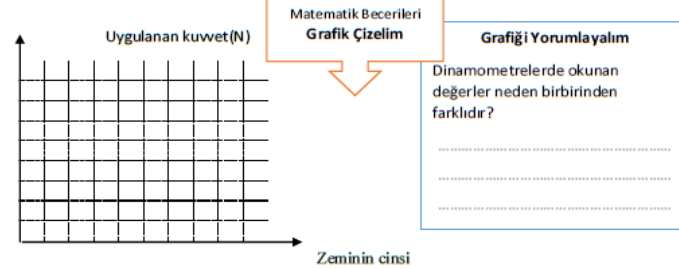
2. Adım
İhtiyaç ya da
problemin
araştırılması

Araç- Gereçler: Cam -tahta ve ahşap yüzey, Dinamometre, 500 gramlık kütle

Araştırma Sorusu: Farklı yüzeylerde cisme etki eden sürtünme kuvvetleri birbirinden farklı mıdır?

Araştırma sorusuna cevap bulmak için bir deney tasarlayarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Hipoteziniz	
Sabit tutulan değişken	
Bağımsız değişken	
Bağımlı değişken	
Deney Düzenegi (Tasarladığınız deneyin düzenegini çizerek elde ettiğiniz verileri kaydediniz)	
Cam zemin üzerinde dinamometrede okunan değer	
Tahta zemin üzerinde dinamometrede okunan değer	
Mermer zemin üzerinde dinamometrede okunan değer	
Hipoteziniz/Tahmininiz Doğru çıktı mı? Çıkmadysa hipotezinizi düzelterek yazınız	



Çalışma Kâğıdı-1 Karşılaştır ve Farklarını Belirt

HAVA DİRENCİ SIVI DİRENCİ

HANGİ YÖNLERİ BENZER?

HANGİ YÖNLERİ FARKLI

BELİRGİN FARK VE BENZERLİKLERE AİT ÖRNEKLER

SONUÇ VE YORUMLAR

Çalışma Kâğıdı-3 Problemi Çözelim

2. Adım
İhtiyaçın yada
problemin
araştırılması

Problem: Gemi mühendisleri tasarımı yaptıkları bir teknenin suda daha hızlı hareket edebilmesi için aşağıda görseli verilen prototip tizerinde değişiklikler yapmak istiyorlar. Buna göre tasarımlarında ne tür değişiklikler yapmalıdırlar?

Olası Çözümler
Bu problemi nasıl çözebilirim?

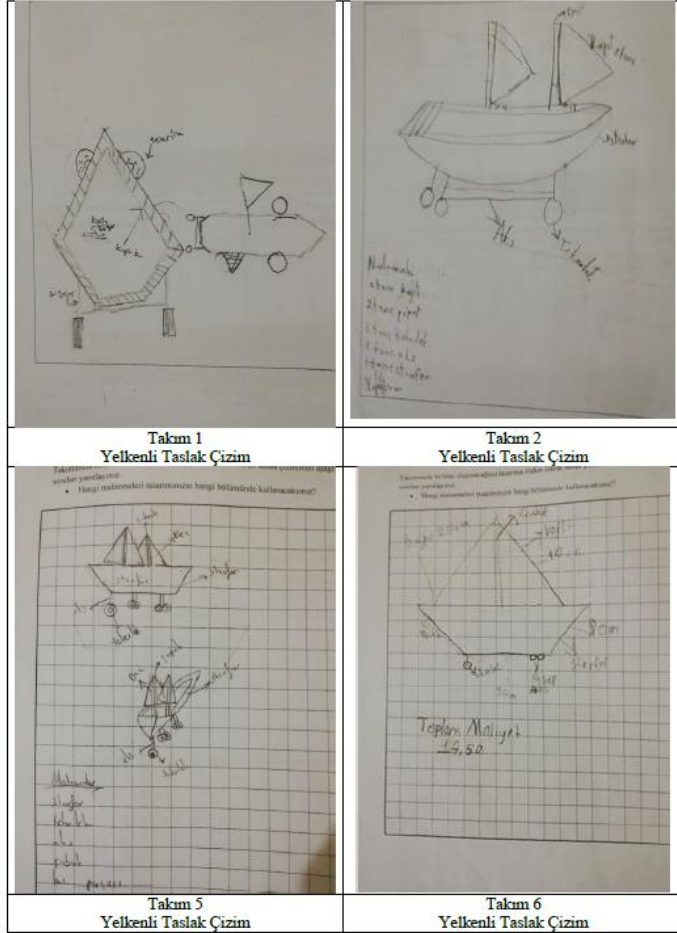
Şekildeki tekne daha hızlı nasıl hareket edebilir? Bu değişiklikleri neden yapmanız gerektiğini açıklayınız. Birden fazla çözüm önerisi yazınız.
Çözüm 1.....

Hangi çözüm önerisini seçmeliyim?

Eğer bu çözüm önerisini uygularsanız neler olabilir?	Olumlu mu? Olumsuz mu?	Önem Bu sonuç ne kadar önemli? Neden?

Yeni Çözüm
Problemi çözmek için çözüm önerimi nasıl daha iyi hale getirebilirim?

Büyük Tasarım Görevine Ait Taslak Çizimler



Prototip Yelkenli Modelleri

5. Adım
Prototipin
oluşturulması

Takım	Tasarıma karar verme nedenleri	Yelkenli Modelleri
Takım 1	Grubumuzla birlikte T1.Ö1'in çözüm önerisine karar verdik. Biz iki yelken kullandık. Yelkenlinin gövdesini strafordan yapmaya karar verdik. Yelkenlinin sıvı direncine karşı ne kadar hızlı olup olmadığını ölçmeye yarayabilir.	
Takım 2	Sürtünme kuvvetinin daha az olacağını düşündük. T2.Ö2'nin tasarımında yelken sayısı fazlaydı. Onu seçtik. Hava direncini arttırabileceğini düşündük. Yani rüzgarla daha hızlı gidecek. Yelkenlinin gövdesini ince yapacağız. Bu sıvı direncini azaltır.	
Takım 3	Kriter ve sınırlamaları karşıladığı için bu tasarımı yapmaya karar verdik.	
Takım 4	Ön bölümünü V şeklinde yapacağız. Böylece sıvı direncini azaltırız. Yelkeni küçük yapacağız. Böylece daha hızlı gide.	
Takım 5	Malzemeleri ne ağır ne de hafif malzemelerden seçtik. Tekerlekleri küçük seçtik. Sürtünmeyi azaltmak için.	
Takım 6	Burnu dar olduğu için sıvı direncini azaltır. Sürtünmeyi azaltmak için üç tekerlek kullanacağız. Yelkenin boyutunu büyüteceğiz.	