



Derleme Makalesi

Alındı: 8 Ekim 2020 - **Düzeltildi:** 11 Aralık 2020 - **Kabul Edildi:** 18 Aralık 2020 - **Yayımlandı:** 30 Aralık 2020

Kaynakça Bilgisi: Çoşkun, V. ve Özkaya, A. (2020). Öğretmen eğitiminde mühendislik odaklı disiplinlerarası iş birliğine dayalı STEM uygulaması ve ders izlencesi, *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 327–361.

Citation Information: Çoşkun, V., & Özkaya, A. (2020). Engineering-oriented interdisciplinary collaborative STEM application and course syllabus in teacher education, *Ihlara Journal of Educational Research*, 5(2), 327–361.

ÖĞRETMEN EĞİTİMİNDE MÜHENDİSLİK ODAKLI DİSİPLİNLERARASI İŞ BİRLİĞİNE DAYALI STEM UYGULAMASI VE DERS İZLENESİ

Veysel COŞKUN ¹ , Abdulkadir ÖZKAYA ² 

 <https://doi.org/10.47479/ihead.823328>

Öz

Ülkeler, nesillerini yeni yüzyıla hazırlamada çeşitli kriterlere göre hareket etmektedir. Bilgi çağı olarak nitelendirilen bu yeni çağda, istenilen niteliklere sahip öğrencilerin yetiştirilmesinde öğretmenlerin görev ve sorumluluklarında değişimin olması kaçınılmazdır. Bu görev ve sorumluluklardaki değişim, öğretmen eğitimi uygulamalarının yeniden gözden geçirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Öğretmen adaylarımızın STEM eğitimi konusunda bilgilenmeleri, temeli problem çözme ve proje tabanlı öğrenme olan çalışmalara bizzat katılmaları ilerideki mesleki hayatlarına katkıda bulunacaktır. Alanyazın incelendiğinde öğretmen eğitiminde kullanılan yaklaşımlar temel olarak hands-on aktiviteleri ve mühendislik tasarım süreçleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Mühendislik tasarım süreçlerinde öğrencilerin gerçek cihazların inşası ve test edilmesi ile gerçek hayat sorunlarına proje ve problem çözme yöntemlerini kullanarak çözüm getirmesi amaçlanır. Öğrenciler, bu süreci kullanırken fen, teknoloji ve matematik ile ilgili bilgilerini bütünleştirir. Bu çalışmada eğitim fakültelerinde farklı bölümlerinde öğrenim gören öğretmen adaylarına yönelik bir mühendislik odaklı bütünleşik STEM öğretimi örneğine ve ders izlencesine yer verilecektir. Ders izlencesi aynı zamanda programlanabilir elektronik devre kartları ile robotik uygulamaların öğretimini ve iş birlikli proje geliştirme süreçlerini kapsamaktadır. Ders izlencesi, bir eğitim fakültesinde öğrenim gören fen bilgisi ve bilişim teknolojileri öğretmen adaylarının katılımları ile uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Öğretmen eğitimi; STEM; disiplinlerarası; izlence.

ENGINEERING-ORIENTED INTERDISCIPLINARY COLLABORATIVE STEM APPLICATION AND COURSE SYLLABUS IN TEACHER EDUCATION

Abstract

Countries act according to various criteria in preparing their generation for the new century. In this new age, which is characterized as the information age, it is inevitable that there will be a change in the duties and responsibilities of teachers in the education of students with the desired qualifications. The change in these duties and

¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim, Hatay, Türkiye, vcosgun@mku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7189-2363>

² Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim, Hatay, Türkiye, kayakadir78@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6962-4597>



responsibilities has made it mandatory to reconsider teacher training practices. Our prospective teacher' knowledge of STEM education, their personal participation in research that is based on problem solving and project-based learning will contribute to their future professional lives. The approaches used in teacher training are mainly hands-on activities and engineering design processes. In engineering design processes, it is aimed that students build and test real devices and solve real life problems using project and problem solving methods. Students integrate their knowledge of science, technology and mathematics while using this process. In this study, an example of integrated STEM teaching with an engineering focus and a course guide will be included for prospective teacher studying in different departments of educational faculties. The course also covers the teaching of programmable electronic circuit boards and robotic applications and collaborative project development processes. Course syllabus was applied with the participation of science and information technology pre-service teacher studying at a Faculty of Education.

Keywords: Teacher training; STEM; interdisciplinary; syllabus.

GİRİŞ

STEM'in dünya çapında yaygın hale gelmesi ve ülkelerin, STEM eğitimini 21. yüzyılda kalkınma ve büyümenin temelini oluşturacak iş gücünün oluşturulmasında ön şart kabul etmesi ülkemizde de bu alanda yapılacak çalışmalarını önemli kılmaktadır (Özcan ve Koca, 2019^a). Eğitimin önemli amaçlarından biri gelecekteki çalışanları ve vatandaşları zamanlarının zorluklarıyla başa çıkmaya hazırlamaktır. Bu nedenle, STEM öğretmen eğitiminde önemli unsurlardan birisi de öğretmen adaylarına 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasıdır. Bu yeterlilikler, bir kişinin kazanması ve sahip olması gereken beceriler olarak "Bilgi Çağında" temel olarak görülmektedir. Günümüzde bilgi anlık olarak değişmekte ve katlanarak büyümektedir. Ayrıca, ihtiyacımız olan bilgilerin çoğu, bu bilgilere nasıl erişeceğimizi ve analiz edeceğimizi bildiğimiz takdirde, en yakın bilgisayar ekranında kolayca bulunabilmektedir. 20. yüzyılda, öğrenme deneyimleri gittikçe daha karmaşık akademik içeriğe hâkim olmak anlamına geliyorken, 21. yüzyılda öğrenme deneyimleri yeni bilgi yaratmak ve bildiklerinizi yeni sorunlara ve durumlara uygulamakla ilgilidir (Wagner, 2008).

Timur ve Belek (2020), Erdogan ve Ciftci (2017) öğretmen adayı eğitiminde etkili bir STEM eğitiminin gerçekleştirilebilmesi için;

- Öğretmen adaylarına STEM eğitimi ve uygulamaları hakkında dersler vererek disiplinlerarası bir bakış açısı kazanmaları sağlanmalı ve öğretmen eğitimi programları buna göre düzenlenmeli,
- STEM eğitimini tanıtmak, geliştirmek ve yaymak için seminerler ve konferanslar düzenlenmeli,
- STEM öğrenme ortamları hazırlanmalı,
- Öğretmen adaylarının alan bilgileri ve teknolojik pedagojik yeterlikleri geliştirilmeli, günlük hayat ile STEM eğitimini ilişkilendirebilmeleri için proje tasarlama dersleri olmalı,
- Üniversitelerin sadece eğitim fakültelerinde değil, mühendislik, teknoloji, fen edebiyat vb. fakültelerinde ders almaları ve iş birliği içerisinde olunması sağlanmalı. Ayrıca öğretmen adaylarının öğrenim alanları eğitim fakülteleri ile sınırlandırılmamış olmalı,
- STEM sınıfları ya da laboratuvarları oluşturulmalı,
- Ülkemizin ekonomik ve teknolojik gelişiminin artması, yetenek sahibi birey ve toplum oluşması için üniversite ve okullar birlikte hareket etmeli ve STEM eğitim merkezleri kurulmalı,
- Ülkedeki tüm eğitim kurumları bir araya gelerek STEM eğitime yönelik projeler geliştirmeli şeklinde tavsiyelerde bulunmaktadırlar.

Gelecekteki STEM öğretmenlerinin gelişiminde öğretmen adaylarının eğitim programlarının aşağıdaki noktalara odaklanması gerekmektedir (Lee ve Nason, 2013).

1. Hem disiplin içi hem de disiplinlerarası STEM bilgisi,
2. Bilinçli STEM eğitim uygulamasını desteklemek için teorik bilginin yerleştirilmesi,
3. STEM'e karşı olumlu tutum ve eğiliminin gelişiminin sağlanması gerekmektedir.

Fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin temel olduğu disiplinlerde eğitim alan öğretmen adayları için STEM eğitiminde bilgili ve yetenekli olmak önemlidir (Yıldırım ve Sevi, 2016). Sorun “bu bilgiyi nasıl?” kazandıracağımızdır. El-Deghaidy ve Mansour (2015), yapmış oldukları araştırmada öğretmenlerin disiplinlerarası öğretme ve öğrenmeye ilişkin hazırlıksız olduklarını tespit etmişlerdir. Araştırmaya katılan öğretmenlerin çoğunluğu donanım olarak teknolojinin (örneğin bilgisayar, diz üstü bilgisayar, kamera, ipad vb.) STEM'in sınıfa entegrasyonu için temel bir unsur olduğuna inanmaktadır. Bu, öğretmenlerin STEM'deki T'yi yani teknolojiyi yeterince anlamadıklarını göstermektedir. Ayrıca, fen bilgisi öğretmenlerinin, bilimin ve teknolojinin doğasını ve bu iki disiplin arasındaki etkileşimi ne zaman ve nasıl yapmaları gerektiği konusunda yeterli bir anlayışa sahip olamayabileceklerini göstermektedir. Bunlara ek olarak, öğretmen adaylarının teknolojiyi anlama ve kullanma açısından donanımlı yetiştirilmesi ve eğitim fakültelerindeki öğretim teknolojileri dersinin kapsamına STEM ile ilgili kazanımlarında eklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ülkemizdeki tüm öğrencilerin STEM eğitimi hakkında bilgi sahibi ve STEM okuryazarı olmaları için öğretmenlere ve öğretmen adaylarına rehberlik edecek uygun gelişim fırsatlarının sağlanması gerekmektedir. Öğretmen ve öğretmen adaylarının, yaratıcı, meraklı, problem çözen ve hayat boyu öğrenen, 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylerin eğitiminden sorumlu olan, yenilikçi öğretim araçlarını kullanabilen, bilgi, tecrübe ve becerilerini yansıtabilen proje başkanı ve yöneticisi rolünü üstlenebilen önderler olmaları oldukça önemlidir.

STEM konusunda yapılacak işlerin başında öğretmen adaylarının STEM okuryazarı özelliğine kavuşturulmasıdır. STEM eğitiminin üretken istihdama yol açabileceği ve ülkenin yenilik kapasitesi için kritik olduğu aşikârdır. Birçok işveren ve kamu görevlisi, STEM ile ilgili bir alanda çalışsalar da çalışmasalar da vatandaş olarak üretken yaşam sürmek için tüm insanların, özellikle de gençlerin bir dereceye kadar fen ve teknolojik okuryazarlığa sahip olmaları gerektiğine inanmaya başlamıştır. Günümüzün bilim ve teknoloji açısından zengin toplumunda, bu tür okuryazarlık, demokratik karar almada akıllı bir tüketici ve düşünceli bir katılımcı olmak, dünyayı daha genel anlamda anlamlandırmak için önemlidir. Bu nedenle STEM eğitimi, fen ve teknolojik olarak okuryazar ve daha bilgili bir toplumun yanı sıra entegrasyonun en son araştırma ve geliştirmede giderek yaygınlaştığı bilimsel ve teknik bir işgücü hazırlamaya hizmet etmektedir (N. R. NRC & NEA, 2014). NEA (2011) STEM okuryazarlığını, “kişisel karar alma, sivil ve kültürel ilişkilere katılım, ekonomik verimlilik için gerekli bilimsel ve matematiksel kavram ve süreçlerin bilgisi ve anlayışı” olarak tanımlamaktadır. STEM okuryazarlığı, 21. yüzyılda üretken vatandaşlar geliştirmek için problemleri çözme ve karar verme becerilerini de içine alan üst düzey düşünme becerilerine olanak tanıma noktasında çok önemlidir (Felix, 2016). Bybee (2013) ise STEM eğitiminin genel amacının STEM okuryazarı toplum oluşturmak olduğunu açıkça ifade etmektedir. “STEM okuryazarlığı” tanımı, bir bireyin (Bybee, 2013);

- Günlük yaşam durumunda soru ve sorunları tanımlamak, doğayı ve dizayn edilmiş dünyayı açıklamak ve STEM ile ilgili kanıta dayalı sonuçlara ulaşmak için bilgi, tutum ve becerilere sahip olması,
- STEM disiplinlerinin karakteristik özelliklerinin insan bilgisi, sorgulama ve tasarım biçimleri olarak anlaması,
- STEM disiplinlerinin maddi, entelektüel ve kültürel ortamımızı nasıl şekillendirdiğini farkına varması,
- Yapıcı, ilgili ve yansıtıcı bir vatandaş olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğe ilişkin sahip olduğu fikirler ile STEM ile ilgili konularda çalışmaya istekli olması beklenmektedir.

STEM Disiplinlerinin Bütünleştirilmesi

STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesini bir tür program entegrasyonu olarak ele alırsak, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik programlarının birleştirilmesi ifadesi ortaya çıkar. STEM entegrasyonu, öğrencilere derslerin konularını öğrenmek ve daha sonra bunları sindirmek yerine, gerçek bir dünyada öğrenmeyi deneyimlemek için en iyi fırsatlardan birini sunar. STEM sıkı akademik kavramların okul, toplum, iş ve küresel girişim arasında bağlantısını kuran gerçek dünya bağlamında dersler ile birleştirildiği disiplinlerarası bir öğrenme yaklaşımıdır (Tsupros, Kohler ve Hallinen, 2009). Burada karşımıza çıkan en önemli sorun STEM disiplinlerinin nasıl bütünleştirileceği ve uygulamaya geçirileceğidir. Dugger (2010), disiplinlerin entegrasyonu için aşağıdaki görüşleri sunmuştur.

1. Dört STEM disiplininin her birini okullarda ayrı ayrı öğretmektir. Bazıları buna S – T – E – M (Fen- Teknoloji-Mühendislik-Matematik) ya da her disipline “silo” da (buğday silolarına benzetmiş) olduğu gibi çok az bütünleşik ya da hiç bütünleşik yapıya sahip olmayan bağımsız bir konu olarak ders verilir.
2. Dört STEM disiplininin her birine, dördünden birine veya ikisine daha fazla vurgu yaparak (bugün birçok ABD okulunda olan şey) öğretmektir.
3. STEM disiplinlerinden birini öğretilen diğer üç disipline entegre etmektir. Örneğin, mühendislik içeriği fen, teknoloji ve matematik derslerine entegre edilebilir.

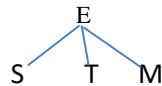
Bu durum

E

S T M

Şekil 1’deki gibi ifade edilebilir:

4. Daha kapsamlı bir yol, dört disiplini birbirine aşlamak ve bunları entegre bir konu olarak öğretmektir. Örneğin, fende teknolojik, mühendislik ve matematiksel içerik vardır. Bu yüzden fen bilgisi öğretimine T, E ve M’ye entegre edebiliriz.



Şekil 1. Mühendislik içeriğinin diğer alanlara entegre edilmesi

STEM öğretiminde kullanılacak çok sayıda modeli ve öğretim stratejisi vardır. Ne yazık ki, belirli bir okulda veya toplumda hangi model veya stratejinin en iyi olduğu konusunda kesin bir yargıda bulunmak mümkün değildir. Hangi model ya da stratejinin işe yaradığına ilişkin daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Öğretmen eğitiminde STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesinde probleme dayalı, proje

tabanlı öğrenme, hands-on aktiviteleri ve mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımlarının kullanılması faydalı yollar olabilir.

STEM Eğitimi Bütünleştirme (Entegrasyon) Program Modelleri

STEM eğitiminde bütünleştirme fen, matematik, teknoloji ve mühendislik öğretim programlarının disiplinlerarası bir öğretim yaklaşımı ile bütünleştirilmesidir. Kısaca okullarda STEM bütünleştirilmesi bir tür müfredat (program) entegrasyonudur. Öğretim programlarının bütünleştirilmesi, amaçlı bir şekilde farklı konu alanlarından gelen bilgi, beceri ve değerlerin (kazanımların) daha anlamlı bir şekilde bir kavram olarak öğretilmesi yaklaşımıyla ortaya çıkan öğretme stratejisidir. Ders bütünleştirilmesi kavramı oldukça karmaşık ve zordur. Çünkü derslerin bütünleştirilmesi (entegrasyonu) sadece farklı ders alanlarını bir araya getirmekten ibaret değildir. Müfredat entegrasyonu fikri, eğitimcilerin gerçek hayat problemlerinin okullarda öğretilen izole (ayrı) disiplinlere bölünemeyeceğini fark etmeleriyle ortaya çıkmıştır. Birçok durumda, insanların disiplinleri kesen (keşişim kümesi) becerilere ihtiyacı vardır. Araştırmacılar ve eğitimciler program bütünleştirilmesi konusunda fikir birliğine varamamışlardır (Lederman ve Niess, 1997; Wang, 2012; Wang, Moore, Roehrig ve Park, 2011). Ancak öğretim programının bütünleştirilmesini savunanların birleştiği nokta, bu bütünleştirmenin öğrencilere disiplin bilgisini kişisel ve gerçek hayat deneyimleriyle bağlayarak daha anlamlı öğrenme deneyimleri yaşatmasıdır (Wang, 2012).

STEM eğitimi için bütünleştirilmiş öğretimde disiplin (disciplinary), çoklu disiplinli (multidisciplinary), disiplinlerarası (interdisciplinary) ve disiplin ötesi (transdisciplinary) olmak üzere dört farklı seviye bulunmaktadır (Vasquez, Sneider ve Comer, 2013).

1. Disiplin Yaklaşımı: Benzer konuların ortak bir ders etrafında birleştirilerek verilmesine dayanmaktadır. Öğrenciler, her disiplinde kavram ve becerileri ayrı ayrı öğrenir. Akademik disiplinler olan fizik, kimya, matematik, biyoloji, sosyoloji, müzik, resim vb. ayrı bilim dallarının içerdiği kopuk bilgilerden oluşan bir yapıdır. Disipliner yaklaşım bütünlük arz etmediğinden, soyut düzeyde kaldığından ve gerçek hayatla bağlantı kurduramadığından öğrenciler tarafından öğrenilmekte zorluklara neden olmaktadır. Öğrencilerin “ben türevi ve integrali günlük hayatımda nerede kullanacağım?” şeklindeki sorusu buradaki sıkıntıdan kaynaklanmaktadır (Demirel, 2007; Şahin, Göcük ve Sevgi, 2018; Vasquez ve diğerleri, 2013; Yakman, 2008).

2. Çoklu Disiplinli Yaklaşım: Öğrenciler kavramları ve becerileri her disiplinde ayrı ayrı, ancak ortak bir tema etrafında öğrenirler. Öğrenciler, farklı derslerde, birbirine yakın zamanlarda gördükleri benzer bir konu veya temayı bir disipline başkasına aktarmakta ve ilişkilendirmektedir. Temanın farklı boyutlarını algılayan öğrenenler bilgilerine eklemeler yaparak yoluna devam eder. Önemli olan tema ya da konunun değişik boyutları arasında bilgi ve beceri birikimini artırmaktır. Bu yaklaşım, problem odaklı olmaktansa tema odaklıdır. Bilgi, en iyi şekilde disiplinlerin yapısı aracılığı ile öğrenilir. Bilginin kavranmasında, tek doğru cevap ve tek gerçeklik söz konusudur. Farklı disiplinlerdeki uzmanlar birbirinden bağımsız hedeflerle soruna yaklaşırlar da ortak bir problemi çözmek için asgari bir ilişki içerisindeyler (Drake & Burns, 2004; Tercan ve Bıçakçı, 2017; Vasquez ve diğerleri, 2013). Çoklu disiplinli yaklaşım ülkemizde aradisiplin uygulamaları şeklinde kendisine yer bulmuştur. Örneğin Atatürk haftası (10 Kasım–16 Kasım) etkinliklerinde, fen bilgisi dersinde Atatürk’ün bilim ile ilgili sözleri ve yaptıklarından, görsel sanatlar dersinde Atatürk ve sanat anlayışının anlatılması, Türkçe dersinde Atatürk’ün Türk Dili’ne katkılarından vb. bahsedilmesidir.

3. Disiplinlerarası Yaklaşım: Öğrencinin, bir temanın, kavramın ya da problemin incelenmesi için birden fazla disiplinin yöntem ve bilgisinden yararlanarak öğrenme etkinlikleri gerçekleştirmesidir (Jacobs, 1989; Yıldırım, 1996). Disiplinlerarası öğretim, bir yerde gelişen ve değişen bilgi alanlarının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde öğrencilere değişik disiplinlerden kazandıkları bilgi ve beceriler çerçevesinde dış dünyayı algılayabilme ve üzerinde düşünebilme becerisini geliştirmek önemli bir amaç haline gelmektedir (Yıldırım, 1996). Lederman ve Niess (1997) disiplinlerarası yaklaşımı bir kimya benzetmesi kullanarak açıklamaya çalışmıştır. Domates çorbası, spesifik bileşenleri olan homojen bir sıvı karışımdır. Çorbayı içersiniz ancak içindeki malzemeleri tek tek ayırt edemezsiniz. Disiplinlerarası yaklaşımda dersler birden fazla disiplini kullanarak çözülebilecek bir problemle başlar. Böylece disiplinler arasındaki sınırların erimesi ve gerçek hayat sorunlarının ele alınmasını sağlayarak öğrencilerin, bilgi, beceri ve tutumlarının gelişmesine odaklanılır. Öğrenciler biyoloji, kimya ve fizik dersleri alırlar, ancak genellikle bilimler arasındaki bağlantıları göremezler. Öğrenciler cebir, geometri, trigonometri ve matematik dersleri alırlar, ancak matematiğin çeşitli alanlarındaki bağlantıları göremezler (Lederman & Lederman, 2013). Eğitimde disiplinlerarası yaklaşım ile öğrencilerin bu bağlantıları kurmaları sağlanabilir.

Gomez ve Albrecht (2013), STEM pedagojisinde eğitim ve öğretimin disiplinlerarası bir yaklaşımla temellendirilmesini savunmaktadır. Bu, öğrencilerin gerçek dünyayla bağlantılar kurmalarını ve STEM kariyerleri için hazırlık yapmalarını sağlayacaktır. Geleneksel fen ve matematik eğitimine teknoloji ve mühendisliğin entegrasyonu disiplinlerarası anlayışın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Birçok araştırma alanında disiplinlerarası yaklaşımın gerekliliği giderek artmaktadır. Örneğin; yaşam bilimlerinde, modern biyolojideki en önemli ve ilginç soruların bazılarının sadece biyolojideki alt disiplinler içinde değil, aynı zamanda biyoloji, kimya, fizik, bilgisayar bilimi, matematik ve mühendislik alanlarındaki profesyonel meslek mensupları arasında daha yakın etkileşim gerektireceği kabulü vardır (N. R. NRC & NEA, 2014). Disiplinlerarası yaklaşımla günlük ve yaşamsal faaliyetlerin derinlemesine incelemesi amaçlanmıştır. Öğretmen adayları her ne kadar farklı alanlarda uzmanlaşmış olsalar da konuları günlük hayatta bir problem çözümünde bütünüyle ele almak zorundadırlar. Bu noktada, bireylerin aynı problem üzerinde farklı alanlarda analiz yapması ve disiplinlerarası yaklaşımı kullanarak konuyu bütün olarak bakabilmesi gerekmektedir (Şahin ve diğerleri, 2018).

4. Disiplin Ötesi Yaklaşım: Her ne kadar ilk başlarda disiplinlerarası yaklaşımla karıştırılsa da disiplin ötesi yaklaşımda problemin ele alınması, paydaşlardaki çeşitlilik ve sonuçları açısından büyük farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu yaklaşımda, öğrencilere eğitim sırasında öğretilen disiplin ötesi becerilerin, disiplin sınırlarını aşan önemli bilimsel ve pratik sorunları belirlemek, çerçevelemek ve çözmek için gerekli bilgi ve becerileri içermesi önemlidir. Bundan dolayı bu tür sorunlar genellikle karmaşıktır. Üstesinden gelebilmek için;

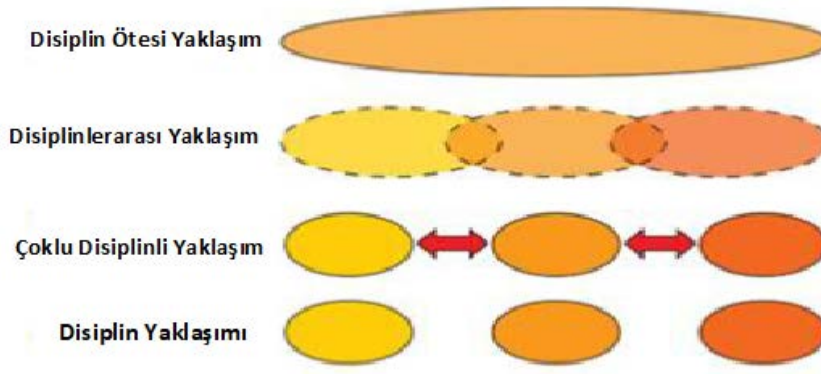
- Sorun çerçeveleme ve problem çözmeyi bütünleştirme,
- Farklı disiplinlerden ve eğitim seviyelerinden insanlar arasında iletişim ve iş birliği,
- Toplu bilgi inşasını destekleyen ve insanların problem çözme kabiliyetini destekleyen teknolojilerin ve kaynakların akıllı kullanımı gibi beceriler gerektirir (Wissema, 2009: Akt. Guvenen, 2016).

Bu yaklaşımda hükümet-üniversite-sanayi iş birliği önemli bir araştırma türüdür. Özel ve kamu sektörü bu araştırmaları finanse etmeli ve iş gücünü yönlendirmelidir. Disiplin ötesi yaklaşım, doğal, sosyal ve sağlık bilimlerini bir beşeri bilimler bağlamında bütünleştirir ve bunu yaparak geleneksel sınırlarının

her birini aşar (Choi ve Pak, 2006). Disiplin ötesi yaklaşım üçüncü nesil üniversite anlayışını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, üniversiteler gelişmeli ve yeni gereksinimlere uyum sağlamalıdır (Brewer, 1999; Guvenen, 2016; Klein, 2004). Modern üniversitenin geçirdiği üç paradigmatik kırılma evresi—(1) büyük ölçüde dini eğitimle karışık yürüyen, sadece “öğretme” odaklı üniversite, (2) bu klasik üniversite kavramının üzerine Alexander Von Humboldt ve 19. yüzyıl Alman üniversitesinin eklediği “araştırma” evresi ve (3) araştırma üniversitesi kavramının üzerine 20. yüzyıl Amerikan üniversite modelinin eklediği “hizmet” boyutu dikkate alındığında bugün için sözü edilen disiplinler ötesi yöneliminin de aslında dördüncü bir paradigmatik kırılmaya doğru hızla evrildiği söylenebilir (Şimşek ve Adıgüzel, 2012).

Paydaşlar akademik ya da akademik olmayan kişilerden oluşabilir. Öğrenci, öğretmen, bilim insanı, zanaatkâr, sanatçı, çiftçi, genel halk, iş adamları vd. şeklinde geniş bir yelpazede kişisel ya da toplumsal sorunların işbirliği içerisinde çözüme kavuşturulmasını sağlamaktadır. Burada etnik, dini, politik, cinsiyet, sınıfsal farklılıklar zorlanmakta ve geçişkenlikler olmaktadır. Örneğin küresel ısınma, çölleşme, çevre kirliliği, enerji arzı vb. global sorunların çözümü yanı sıra kişinin günlük hayatındaki problemleri de dahil olmak üzere her türlü gerçek soru ve sorunlara odaklanma gerçekleşebilir. Açık uçlu ve birden fazla çözümü olan gerçek dünya problemlerinin çözüm sürecinde, problem/proje tabanlı stratejiler daha derin ve ilgili bir öğrenme deneyimi sağlamaktadır. Disiplin ötesi yaklaşımda ele alınan problemler en bütünsel (holistik) bir yapı oluşturur (Brewer, 1999; Drake ve Burns, 2004; Guvenen, 2016; Klein, 2004; Stock ve Burton, 2011; Tress, Tress ve Fry, 2005; Vasquez ve diğerleri, 2013; Wang, 2012).

Şekil 2’de disiplin, çoklu disiplinli, disiplinlerarası ve disiplin ötesi yaklaşımlar arasındaki ilişki görülmektedir (Kozová ve Meško, 2015; Akt, Şahin ve diğerleri, 2018).



Şekil 2. Disiplin, çoklu disiplinli, disiplinlerarası ve disiplin ötesi yaklaşımlar (Şahin ve diğerleri, 2018)

STEM çalışmalarında öğretmen eğitiminde disiplinlerarası ve disiplin ötesi çalışmalara yer verilmesi gerekmektedir. Gerçek hayattan kopuk, duvarlarla sınırlandırılmış öğretim yerine toplumla bütünleşmiş, sorun ve çözüm odaklı bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Özgür düşüncenin hâkim olduğu, yeniliğe açık, yaratıcı öğretmen adayları toplumu laboratuvar olarak görmeli, akademik ve akademik olmayan genel halk ile birlikte sorunların üstesinden gelmelidir.

Hands-on Yöntemi Odaklı Bütünleşik STEM Öğretimi

STEM eğitimi çalışmalarında sıklıkla kullanılan uygulamalı eğitim (hands-on training), yaparak yaşayarak ve küçük gruplar halinde öğretim setleriyle projeler veya deneyler ile yapılır. Öğrencilerin aktif katılımını sağlayan hands-on etkinlikleri, öğrencilerin çevresindeki ucuz ve kolaylıkla bulabileceği

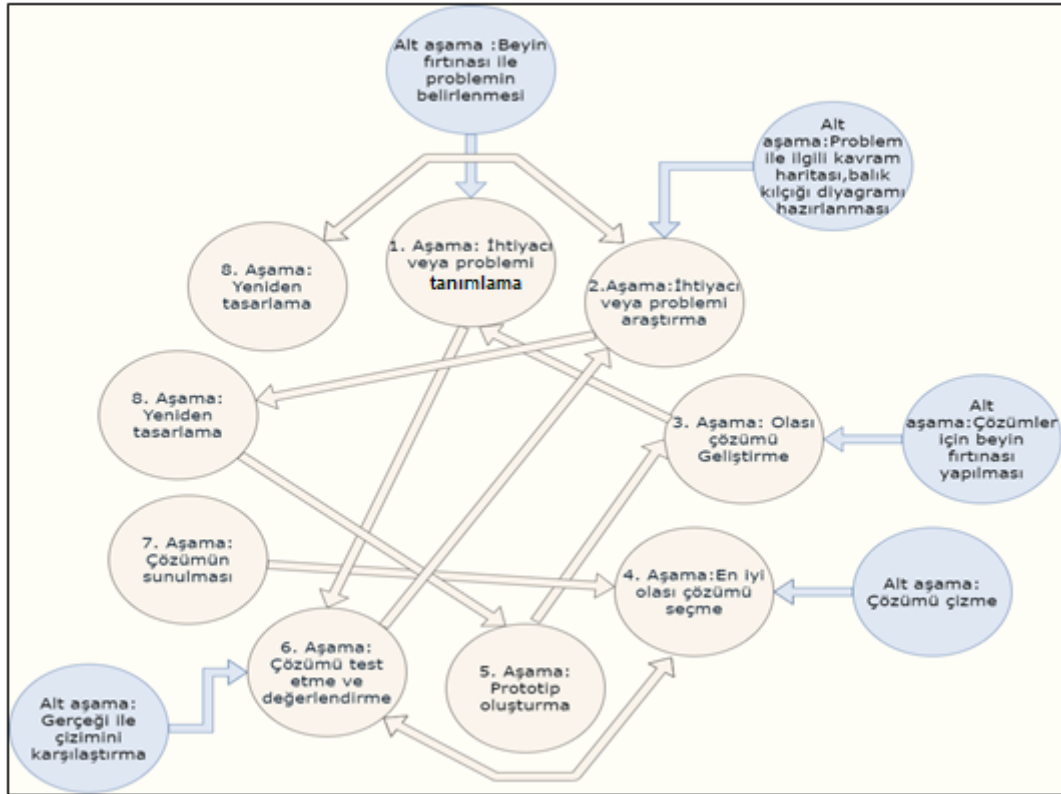
materyallerle fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştiren, günlük yaşam problemlerini somutlaştıran aktivitelerdir (Groth, 2013; Jodl ve Eckert, 1998). Öğretmenler memnun edici bir öğrenme ortamı hazırlamak için, konuya karşı bilgili ve ilgili olmalı, öğrenci ilgisini elde etmeli, öğrencilerini tanımalı ve önemsemeli ve çeşitli aktivite ve malzemeler kullanarak bireysel farklılıkları karşılamaya çaba göstermelidir. Öğrencilerin faaliyetlere aktif katılımı büyük önem taşımaktadır; çünkü beceri gelişimi, bireyin bir beceriyi içeren faaliyetlere (hands-on) aktif katıldığında gerçekleşebilir. Bir becerinin mükemmelliği ve kalıcılığı, kişinin beceriyi uygulama sıklığıyla doğru orantılıdır (Barry, 1996). Öte yandan, STEM eğitimindeki uygulamalı faaliyetler (hands-on) zorlayıcı olduğu kadar eğlenceli ve teşvik edici de olabilir.

Hands on aktivitelerini laboratuvar yönteminden ayıran en önemli unsur zamandan ve mekândan bağımsız olarak yapılabilmesidir. Öğrenciler sadece okulda değil günlük hayatın içinde herhangi bir zamanda, evde, bahçede ya da herhangi bir yerde kolaylıkla etkinlik düzenleyebilmektedir. Pahalı laboratuvar malzemeleri yerine kolay elde edebileceği ucuz, basit ve artık malzemeler ile (limon, patates, domates pilleri, hoparlörden ve buzdolabı kenar lastiğinden çıkma mıknatıslar, kırmızılahana, yemek sodası, sirke, mikroskop yerine uygunsuz büyüteç vb.) ürünler oluşturup, bu ürünler ile gerçek hayat problemlerini çözüme kavuşturabilmektedir. Bu sayede, herkes için bilim anlayışı doğrultusunda; sosyoekonomik düzeyi düşük ve orta olan öğrenciler için de oldukça etkili öğrenmeler gerçekleştirilebilir. Ayrıca, bu amaçlar için günümüzde deney ve bilim setleri şeklinde ürünler çıkarılmakta ve satışa sunulmaktadır. Burada unutulmaması gereken hands on etkinliklerinin STEM çerçevesinde ele alınabilmesi için bir probleme çözüm getiriyor olmasıdır. Bu doğrultuda yapılan etkinlikler öncesinde bir problem senaryosu verilebilir. İş birlikli gruplarca beyin fırtınası ile çözüm önerileri geliştirilebilir. Eğitim fakültelerinde fizik, kimya, biyoloji ve fen bilgisi laboratuvar uygulamaları derslerinin STEM temelli hands on aktiviteleri olarak yeniden düzenlenmesi faydalı olabilir.

Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Öğretimi

Teknoloji ve mühendislik ürünleri günlük yaşamı büyük ölçüde etkilemiş olsa da çoğu kişi için sadece fen ve matematik anlamına gelir. Gerçek bir STEM eğitimi, öğrencilerin eşyaların nasıl çalıştığını anlamalarını ve teknoloji kullanımını geliştirmelerini sağlamalıdır. Mühendislik, her ülkenin gündeminde yüksek öncelikli iki tema olan problem çözme ve inovasyonla doğrudan ilgilenmektedir. Toplumun ekonomiye verdiği önem göz önüne alındığında, öğrenciler mühendislik hakkında bilgi edinmeli, tasarım süreciyle ilişkili bazı beceri ve yeteneklerini geliştirmelidir (Bybee, 2010).

Mühendislik eğitiminin Fen Bilimleri dersi öğretim programının önem kazanan bileşenleri arasında yer almasıyla birlikte, disiplinler arası bir yaklaşım olan STEM eğitimi, fen eğitiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. STEM farklı disiplinleri bir araya getirerek, öğrencileri araştırma yapan, yenilikçi düşünen, problem çözen, tasarlayan, denemekten korkmayan, aktif bireyler haline getirmektedir (Özcan, 2019). Hynes, Portsmouth, Dare, Milto, Rogers, Hammer ve Carberry (2011), lise öğrencileri için mühendislik tasarım döngüsünü şematize etmişlerdir. Bu çalışmada, tasarım sürecine faydalı olabilecek değişik yöntem ve teknikler eklenmiştir. Eklenen yöntem ve teknikler problem çözme odaklıdır.



Şekil 3. Mühendislik tasarım süreci (Hynes ve diğerleri, 2011). Bu tasarım sürecine Coşkun ve Özkaya'nın (2019) yapmış oldukları çalışma sürecindeki uygulamalar alt aşama olarak eklenmiştir.

Hynes ve arkadaşlarının (2011), mühendislik tasarım döngüsündeki uygulamalar problem tanımlama, model geliştirme ve kullanımı, verilerin araştırılması, analiz edilmesi ve yorumlanması, matematik ve hesaplamalı düşünmenin uygulanması ve çözümlerin belirlenmesini içerir. Bu mühendislik uygulamaları, ölçütler ve kısıtlamalar, modelleme ve analiz ile optimizasyon ve ödünleşmeler hakkında özel bilgiler içerir (NRC, 2012). Bu çalışmada, 1. aşamaya beyin fırtınası ile problemin belirlenmesi; 2. aşamaya problem ile ilgili kavram haritası ve balık kılıçığı diyagramı; 3. aşamaya çözümler için beyin fırtınası; 4. aşamaya çözümü çizme; 6. aşamaya gerçeği ile çizimi karşılaştırma alt aşamaları eklenmiştir.

ABET (2019), 2020-2021 mühendislik programları öğrencilerinin aşağıdaki bilgi, tutum ve beceri çıktılarına ulaşmasını gerekli görmektedir:

1. Mühendislik, bilim ve matematik ilkelerini uygulayarak karmaşık mühendislik problemlerini tanımlama, formüle etme ve çözüme becerisi,
2. Halk sağlığı, güvenliği ve refahının yanı sıra küresel, kültürel, sosyal, çevresel ve ekonomik faktörleri göz önünde bulundurarak belirli ihtiyaçları karşılayan çözümler üretmek için mühendislik tasarımı uygulama becerisi,
3. Çeşitli kitlelerle etkili iletişim kurma becerisi,
4. Mühendislik çözümlerinde etik ve mesleki sorumlulukları tanıma ve mühendislik çözümlerinin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamlardaki etkisini göz önünde bulundurması gereken bilinçli kararlar verme becerisi,

5. Üyeleri birlikte liderlik sağlayan, işbirlikçi ve kapsayıcı bir ortam yaratan, hedefler belirleyen, görevleri planlayan ve hedeflere ulaşan bir ekip üzerinde etkili bir şekilde çalışma becerisi,
6. Uygun deneyler geliştirme ve yürütme, verileri analiz etme ve yorumlama ve sonuç çıkarmak için mühendislik kararını kullanma becerisi,
7. Uygun öğrenme stratejilerini kullanarak gerektiğinde yeni bilgi edinme ve uygulama becerisidir.

Görüldüğü gibi mühendislik öğrencilerinin çıktıları ile 21. yüzyıl becerileri birbirine çok yakındır. Mühendislik, STEM eğitimi yaklaşımının giderek yaygınlaşması ile eğitimde kendisine daha fazla yer bulmaya başlamıştır. STEM eğitiminde mühendislik uygulamaları tasarımlar şeklinde gerçekleşmekte ve öğrencilerin tasarım sürecinde öğrenmeyi gerçekleştirmesi beklenmektedir. Tasarım temelli öğrenme ile öğrencilerin fen kavram ve becerilerini öğrenmeleri için bağlam olabilecek tasarım sorunlarıyla karşılaşmaları amaçlanır. Gerçek cihazların inşası ve denenmesi, öğrencilere fennin kullanımını deneyimleme ve kavramlarını test etme, bilgisindeki hataları ve boşlukları keşfetme fırsatı verecektir (Kolodner, Crismond, Gray, Holbrook ve Puntambekar, 1998). Öğrenciler, içerik ve becerileri tasarım zorluklarına katılma bağlamında öğrenirler. Örneğin, sekiz hafta geçirecek minyatür bir aracı ve belirli bir arazide belirli bir mesafeye gidebilen itme sistemini test edip, hareket ettirerek kuvvet ve hareket hakkında bilgi sahibi olurlar. Ağır nesnelere kaldırmak için makineler tasarlayıp, yapılandırarak mekaniğin faydalarını öğrenirler (Kolodner, 2002).

Bazı fen kavramları ve fen araştırma yöntemlerinin kullanımı mühendislik tasarım etkinliklerini destekleyebilir. Benzer şekilde, bazı matematiksel kavramlar ve hesaplama yöntemleri, özellikle analiz ve modelleme hizmetinde mühendislik tasarımını destekleyebilir. Teknoloji ve teknoloji kavramları, mühendislik tasarımının sonuçlarını gösterebilir, “tersine mühendislik” etkinlikleri için fırsatlar sağlayabilir ve mühendislik tasarımı kararlarının sosyal, çevresel ve diğer etkilerinin dikkate alınmasını teşvik edebilir (NRC & NEA, 2009). Tersine mühendislik, mevcut bir sistem, cihaz veya nesnenin üretim aşamalarını bulunduracak şekilde tasarım ve işlevsel özelliklerinin tahlil edilmesidir. Başka bir deyişle mühendislik sırlarının keşfedilmesidir. Proje tabanlı öğrenmenin bir alt kümesi olan mühendislik tasarım tabanlı öğrenme, öğrencileri daha iyi meşgul etmek, öğrenmeye bir bağlam ve alaka sağlamak ve kavramların uzun vadeli anlamlı öğrenimini kolaylaştırmak için STEM eğitiminde değerli bir pedagojik araç olarak önerilmiştir (Felix, Bandstra ve Strosnider, 2010). Mühendislik tasarımı eğitiminin, öğrenciler için potansiyel faydası beş alanda açıklanmaktadır: “bilim ve matematikte gelişmiş öğrenme ve başarı”, “mühendislik ve mühendislerin çalışmaları konusunda artan farkındalık”, “mühendislik tasarımı anlama ve bu becerilere katılma yeteneği”, “mühendisliği kariyer olarak takip etme ilgisi” ve “artan teknolojik okuryazarlık” (NRC & NEA, 2009).

Brophy, Klein, Portsmore ve Rogers (2008) yapmış oldukları “K-12 sınıflarında mühendislik eğitiminin geliştirilmesi” isimli makaleleri ile STEM ışığında toplumun değişik sorunlarını ele almada mühendislik temelli fen eğitimi yapılması çağrısında bulunmuşlardır. Anaokulundan başlayarak bütün eğitim kademelerinde mühendislik tasarım süreçleri meslek grupları fark etmeden kullanılabilir. Bilimsel araştırma-sorgulama ve mühendislik tasarımının birleşimi olarak değerlendirilebilecek tasarım temelli fen eğitimi ile öğrenciler, gerçek hayat problemlerine yaparak-yaşayarak kalıcı ve etkili çözümler geliştirirken aynı zamanda karar verme, yaratıcı, eleştirel, üstbilişsel, özdüzenleme, yansıtıcı, analitik vb. üst düzey düşünme becerilerine de sahip olmaktadır. Dahası, öğrenciler fen, matematik ve teknolojiye karşı olumlu tutum, beceri ve bilgiye sahip olmanın yanında STEM, fen, teknoloji, medya

okuryazarlığı gibi önemli becerilere de sahip olabilmektedirler (Özcan ve Koca, 2019^b; Brophy ve diğerleri, 2008; Felix ve diğerleri, 2010; NRC & NEA, 2009). Tıpkı mühendisler gibi öğretmen adayları da çalışmalarını yürütürken tasarım sürecini kullanmalıdır. STEM eğitiminde mühendislik eğitiminin başarılı olmamasının temel nedeni öğretmen ve öğretmen adaylarının bu eğitimi verebilecek bilgi, beceri ve deneyime sahip olmamalarından kaynaklanmaktadır (Akgündüz ve diğerleri, 2015).

Gerekçe ve Önem

STEM eğitimi 21. yüzyıl becerilerine sahip; tasarım odaklı düşünebilen, yaparak ve yaşayarak öğrenen, günlük yaşamda karşılaştığı sorunlara bilimsel süreç becerilerini kullanarak yaklaşabilen ve hayal gücü-yaratıcılıklarını kullanabilen öğrenciler yetiştirebilmek için Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de önemli bir yer edinmiştir (Özcan ve Karabaş, 2019). STEM eğitimi ile yapılan çalışmalar öğrenciyi etkilediği kadar öğretmen ve öğretmen adaylarını da etkilemektedir. Öğretmenlik mesleğine adım atmak üzere olan öğretmen adaylarının STEM'in bütünlük yapısını anlamaları ve öğrencilerine liderlik edebilmeleri için hazır olmaları gerekmektedir. Çağın gerisinde kalmayan, teknolojiyle iç içe olan, inovasyonu yüksek, üretebilecek kapasitede bireyler yetiştirilmesi açısından STEM öğretmenlerinin yetiştirilmesi de büyük önem arz etmektedir. Öğretmenler için bir diğer önemli problem ise STEM'in mühendislik bileşenini disiplinlerarası anlayışla uygulanmasıdır (Çolakoğlu ve Gökben, 2017). Eğitim fakültelerimizdeki eğitim daha çok teorik ve akademik bilgilerden etkilenmektedir. Bu da mezunlarımızın gerçek yaşamdaki iş koşullarına hazırlanmada başarısız olmalarına neden olmaktadır. Öğretmen adayları için en uygun öğrenme şekli teorik bilginin uygulama ile birlikte iş üzerinde verilmesidir. Yapılandırmacı yaklaşımda öğretmen aynı zamanda öğrencileriyle birlikte öğrenen kişidir. Bu öğrenmenin hayat boyu süren bir süreç olduğunu gösterir (Aygen, 2018; Bybee, 2013; Corlu, Capraro ve Capraro, 2014; Evans, 2015; Şendağ ve Gedik, 2015).

Öğretmenlerin, diğer alanları kendi alanlarına nasıl entegre edecekleri konusunda yeterli düzeyde bilgi ve beceriye sahip olmamaları STEM eğitimi uygulamalarında zorluk yaşamalarına neden olmaktadır (Çolakoğlu ve Gökben, 2017). Eğitimde bir reform hareketi olarak görülen STEM'in uygulanabilir hale gelmesi için okul öncesinden yükseköğretime kadar olan kademelerde öğretmen hazırlık programlarının değişimini zorunlu kılmaktadır. Bu ise STEM çalışmalarını bir yöntem olarak kullanmadan önce öğretmen ve öğretmen adaylarının bizzat kendilerinin içerisinde buldukları çalışmaların artırılması ve mühendislik becerilerinin verilmesi ile mümkündür. Öğretmenler, mühendislik disiplinini dersleri ile bütünleştirmeleri ve uygulamaları gerçekleştirebilmeleri için öncelikle STEM disiplinlerine ilişkin gelişmelerden haberdar olmalıdır. Yapararak yaşayarak öğrenmeyi temel alan bu yaklaşımda uygulayıcıların yaşamadıkları bir süreci takip etmesi ve rehberlikte bulunması düşünülemez (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Bybee, 2013; Marulcu ve Sungur, 2012; NRC, 2012; Özcan ve Koştur, 2018; Wendt, Isbell, Fidan ve Pittman, 2015). STEM pedagojisi, STEM öğretimi içindeki öğretmenin rolünü açıklar. Öğretmen, öğrencilere problemleri tüm açılarıyla sorgulama ile incelemeleri konusunda rehberlik eder. Bu pedagoji öğrencilerin kendi öğrenmelerine rehberlik etme becerisi felsefesini içerisinde barındırır. Öğretmenler sadece bu öğrenci liderliğindeki süreci kolaylaştırmak için oradadırlar (Margot ve Kettler, 2019). NRC (2012), fen eğitimi standartlarının K-12 düzeyinde uygulanması için anahtar rolün öğretim programı, uygulama, öğretmen eğitimi ve değerlendirme olduğunu vurgulamaktadır. Burada öğretmen eğitimi hayati bir role sahiptir.

Peki, öğretmen eğitimi programları, öğretmenleri STEM öğretimine nasıl hazırlıyor? Ülkelerin çoğunda öğretmen eğitimleri ilginç olarak, STEM alanlarında yetersiz bilgi ve deneyimler sunan, ağırlıklı olarak öğretmenlik alan bilgisi, alan bilgisi ve öğretmenlik meslek bilgileri barındıran ders alma modellerine dayanmaktadır (Epstein ve Miller, 2011). Yıldırım ve Sevi (2016), yapmış oldukları çalışmalarında

öğretmen adaylarının STEM eğitimi hakkında yeterli bilgi ve beceriye sahip olmadığı ve STEM eğitiminde öğrendikleriyle günlük hayat arasında ilişki kurmada zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada öğretmen adayları, STEM'in bireysel ve mesleki gelişimlerine olumlu katkıları olacağını ve lisans programlarında bir ders olarak verilmesi gerektiğini düşünmektedir.

Öğretmen adaylarımıza kendisini geliştirebilecek formal ve informal öğrenme ortamları sağlamak zorundayız. Bu ise Ulusal Öğretmen Strateji Belgesi'nde detaylı bir şekilde açıklandığı gibi öğretmen yetiştiren kurumlarda özellikle öğretmen adayı başına düşen öğretim elemanı sayısını arttırmak ve bunların pedagojik alan bilgilerini güncel tutabilmelerini sağlamak, eğitim fakülteleri programlarında daha fazla uygulamaya yer vermek ve uygulama sistemini değiştirmek gerekmektedir (MEB, 2017). Farklı disiplinlerde çalışma yürüten öğretim elamanları bir araya gelerek öğretmen adaylarımızla robotik kodlama, matematiksel modelleme, fizik, kimya, biyoloji gibi alanları içerisinde barındıran disiplin ötesi ve disiplinlerarası proje çalışmaları yürütmelidir. Bunlara ek olarak, eğitsel robotik çalışmaları öğrencilerin STEM ilgilerini teşvik ettiği bilinmektedir (Eguchi, 2016). Bu noktadan hareketle, öğretmenlerin mühendislik odaklı STEM eğitiminde gerekli becerilerinin gelişimi için bir öğretim stratejisine ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaca yönelik olarak yazarlar tarafından geliştirip uygulanmış olan öğretim süreci ve geliştirilen örnek bir ürün ele alınmaktadır. Geliştirilen bu öğretim süreci öğretmenler için yaparak yaşayarak STEM eğitim süreci öngörmektedir. Öğretmen adaylarının süreçte öğretimi gerçekleştirilen robotik konusu bağlamında disiplinlerarası işbirliği ile mühendislik tasarım döngüsüne uygun ürün geliştirme çalışması yapmaları planlanmıştır.

Öğretmen adaylarının STEM'e, mühendislik tasarım süreçlerine bakış açılarını, tutumlarını, bilgilerini, algılarını, anlayışlarını, özyeterlilik düzeylerini, imajlarını, yaratıcı, eleştirel, 21. yüzyıl becerileri vb. özelliklerini incelemeye yönelik mevcut durum analizi çalışmaları ülkemizde daha fazla yapılmaktadır. STEM ile ilgili araştırma sayısında gözle görülür bir artış olmasına rağmen çalışmaların uygulama kısımlarının daha da artırılması, sanayi, toplum, okul arasındaki ilişkinin sağlanması, tüm çevrenin laboratuvar olarak görülmesi gereken çalışmalara ağırlık verilmelidir.

STEM'de öğretmen adaylarının öncelikle gerçek hayat probleminin çözümünü ele alması gerekirken birçok çalışmada böyle bir probleme rastlanılmamaktadır. Problem çözme ve proje tabanlı çalışmaların sayısının artırılmasına gerek görülmektedir. Ayrıca farklı branşlardan öğretmen adaylarının, fen edebiyat, mühendislik, tıp gibi değişik fakültelerden öğrencilerin ortak STEM çalışmaları yapması gerekmektedir. STEM çalışmalarında işbirliği çok önemli bir yere sahipken tek branşa yönelik çalışmaların sayısı bir hayli fazladır. Formal öğrenme ortamlarından daha ziyade informal öğrenme ortamlarına ağırlık verilerek bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerine yönelik araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

STEM çalışmalarının temel felsefesini ilgili alanyazın incelemeleri sonucunda altı ana başlık altında toparlayabiliriz;

1. Gerçek hayat problemlerinin ele alınması (bilgi temelli hayat problemleri, holistik akademik ve akademik olmayan kişilerin sorunları, probleme dayalı öğrenme senaryoları vb.),
2. Problemi çözmeye dayalı yöntem ve tekniklerin kullanılması (beyin fırtınası, probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, örnek olay yöntemi vb.),

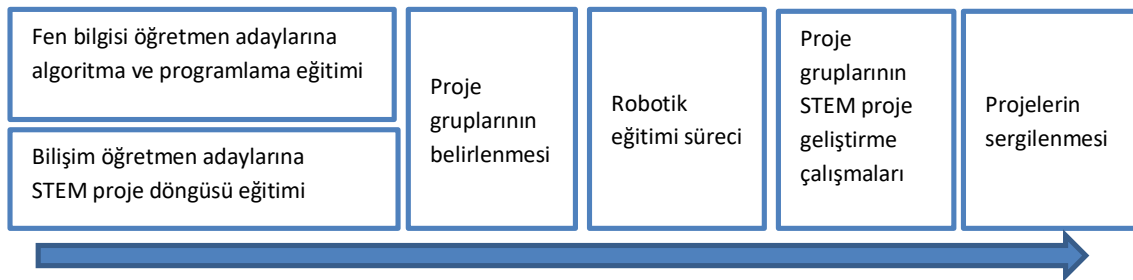
3. İşbirlikli öğrenme ile farklı branş ya da çevrelerden kişilerin bir araya gelerek araştırma yapması ve problemlere çözümler üretmesi (sanatkarlar, sanayi kuruluşları, öğretmenler, öğrenciler vb.),
4. İşlevsel ve kullanabilir bir ürünün ortaya çıkarılması ve kullanılması (akıllı termos, bitki sulama sistemi, bitkisel kremler vb.),
5. STEM disiplinleri ile ilişkinin kurulması ve öğrencilerin içerik öğrenmeleri gerçekleştirmeleri,
6. Daha çok informal öğrenme ortamlarında yaşantılar geçirerek 21. yüzyıl becerilerine sahip, hayat boyu öğrenmeyi felsefe haline getiren bireylerin yetiştirilmesidir.

Alanyazın incelemesinden elde edilen bu öneriler doğrultusunda öğretmen adaylarının STEM eğitimleri için yeni öğretim programları ve süreçleri planlanması ve bunların etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu noktadan hareketle, yazarlar tarafından bir öğretim programı geliştirilmiş ve Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde uygulanmıştır. Uygulayıcılar için bir örnek teşkil etmesi amacıyla sonraki bölümde öğretim sürecine ilişkin notlara, örnek bir izleneye ve örnek ürünlerine ilişkin bilgilere yer verilecektir.

Öğretmenler Adayları İçin Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Öğretimi Örneği

Disiplinlerarası iş birliğini sağlamak amacıyla öğretim programının uygulamasına fakülte bünyesinde öğrenimine devam eden Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi ile Fen Bilgisi Eğitimi bölümü 3. Sınıf öğrencileri dâhil edilmiştir. Öğretmen adayları için mühendislik odaklı olarak planlanan bu süreçte etkinlik alanı olarak robotik konusu seçilmiştir. Robotik, programlanabilir elektronik kartlar (PEDK), sensörler, motorlar gibi elektronik ve mekanik birçok elemanın işe koşulabildiği etkinlikleri ifade etmektedir. Robotik etkinlikleri öğretmenlerin STEM eğitime katılımları için kullanılabilir ve bu konudaki tutumlarını geliştirmelerine yardımcı olabilir (Kim ve ark., 2015). Buna ek olarak, robotik, deneysel, uygulamalı öğrenmeyi teşvik etmesi nedeniyle motive edici öğrenme aracıdır (Nugent ve ark., 2010).

Sürecin temel hedefi farklı disiplinlerde eğitim görmekte olan öğretmen adaylarının gerçek dünya problemlerine robotik uygulamalar aracılığıyla çözümler geliştirebilmeleri olarak tanımlanmıştır. Bu hedef için öğrencilere robotik ve STEM uygulamaları hakkında eğitimler verilmiştir. 12 hafta olarak planlanan eğitim ve proje süreçleri geliştirme süreçleri Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Eğitimi Süreci

Robotik uygulamalar yapabilmek için algoritma ve programlama eğitimi almış olmak gereklidir. Bu nedenle Şekil 4'te görüldüğü üzere fen bilgisi öğretmen adaylarına algoritma ve programlama eğitimi verilmiştir. Bu eğitim sürecinde algoritma ve programlamada temel kavramlara değinilmiş ve blok tabanlı görsel programlama (Scratch, Code.org gibi) ortamlarında uygulamalar yapılmıştır. Bilişim

öğretmen adayları daha önceki eğitim dönemlerinde bu konuda eğitim almış oldukları için bu eğitime dâhil edilmemiş olup bu öğrencilere süreçte STEM proje döngüsü eğitimi verilmiştir. Ön eğitimler tamamlandıktan sonra rasgele atama yoluyla, fen bilgisi ve bilişim öğretmenlerinin her birinden ikişer kişinin yer aldığı, dört kişilik proje grupları belirlenmiştir. Bu proje grupları uygulamalı robotik eğitimleri sürecinde iş birlikli öğrenme grupları olarak birlikte çalışmışlardır. Robotik eğitimi sürecinde her bir gruba bilgisayar ve uygulamalı eğitim için gerekli olan malzemeler sağlanmıştır. Bu malzemelerin içinde ana unsur Arduino programlanabilir elektronik devre kartıdır. Arduino kartlar düşük maliyetli eğitsel bir kit olması ve kullanıcılarına çeşitli STEM alanları hakkında gelişim imkânı tanınması (Eguchi, 2016) nedeniyle tercih edilmiştir. Sağlanan malzemeleri listesi şöyledir:

- Programlanabilir elektronik devre kartı (Arduino Uno)
- Devre Tahtası
- Led lambalar
- Dirençler
- Potansiyometre
- DC Motor
- Buzzer
- Servo Motor
- Motor sürücü kartı
- LCD ekran (2x16)
- Isı ve ışık sensörleri
- Mesafe sensörü
- Push Button
- Bilgisayar bağlantısı için USB kablo

Robotik eğitimler sürecinde anlatım ve gösterip yaptırma yöntemi kullanılmıştır. Öğretmen projeksiyon bağlı olan bilgisayardan yapılacak olan uygulamaları sanal laboratuvar yazılımı (Tinkercad) üzerinden sanal devreler olarak kurmuş, yazılacak kodlar ile ilgili bilgiler vererek yazmış ve sonuçlarını da yine bu sanal ortamda göstermiştir. Öğretmen adaylarına verilen görevlerde de öğretmenlerin çalışmalarını gerçek devre elamanları üzerinden gerçekleştirmeleri için süre verilmiştir. Proje grupları ders içi uygulama görevlerini gerçekleştirmek için birlikte çalışmışlardır. Eğitim sürecinde gruplara sürekli geri bildirim sağlanmıştır. Ayrıca bu süreçte proje gruplarından STEM proje döngüsü uygun şekilde bir problem belirleme çalışmalarına başlamışlardır. Gruplarca tespit edilen problem ve önerilen çözümleri robotik eğitim sürecinin hemen sonrasında eğitimler tarafından incelenmiş ve geri bildirimler verilmiştir. Proje grupları, STEM proje döngüsüne uygun bir şekilde buldukları probleme yönelik bir robotik uygulama prototipini geliştirme sürecini planlamışlar ve eğitimler gözetiminde yürütmüşlerdir. Gruplar proje döngüsündeki her adımı düzenli olarak raporlamışlardır. Geliştirilen tüm projeler ve raporları sergilenmiştir.

Yukarıda ana hatları ile özetlenmiş olan sürecin STEM eğitimi bakımından önemli özellikleri ve doğurguları bulunmaktadır. Özellikle proje geliştirme sürecinde öğretmen adaylarından genel olarak açık uçlu sorgulama yönteminden faydalanmaları talep edilmiştir. Bu yolla, sorunu, yöntemi, sonucu tamamen öğretim elemanlarından bağımsız düşünerek kendileri belirlemişlerdir. Proje geliştirme süreçlerinde STEM ve mühendislik tasarım döngülerinden yola çıkarak proje ve problem çözüme

üzerinde odaklanmışlardır. Bu sayede proje grupları tarafından geliştirilen birçok çalışmaları disiplin ötesi STEM öğretim modeline önemli örnekler oluşturmuştur.

İş birlikli öğretmen adayı grupları oluşturulduktan sonra ihtiyacı ve problemi tanımlama basamağından çalışmaya başlamışlardır. Bu safha mühendislik tasarım sürecinin anahtar basamağına oluşturmaktadır. Niçin bir tasarım gerçekleştireceklerini bulmaları nasıl yapacaklarına göre daha karmaşık bir yapı oluşturmaktadır. Bu aşamada, öğrenciler daha önce üzerinde çalışılmış proje veya konular üzerinde tereddüt yaşayabilmektedirler. Burada öğrencilere bir problemin birçok farklı çözümü olabileceği hatırlatılmalıdır. Özellikle ihtiyacın ve problemin tanımlanması aşamasında da gruplarıyla birlikte beyin fırtınası tekniğinden faydalanmaları konusunda teşvik edilebilir. Ayrıca bu aşama için ihtiyaç belirleme yaklaşım ve tekniklerinden faydalanılabilir. İhtiyaç belirleme yaklaşımları analitik, betimsel, farklar ve demokratik yaklaşımlar olup STEM eğitime getirilebilecek önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkabilir. Ayrıca ihtiyaç belirleme teknikleri progel (dacum), delphi (anket geliştirme), meslek (iş) analizi (pazar araştırması), gözlem, görüşme (mülakat), testler ve kaynak tarama teknikleri bu aşamada kullanılırsa hem ulusal hem de uluslararası sorunların belirlenmesinde önemli ilerlemeler kaydedilebilir.

İkinci aşamada ihtiyacı veya problemi araştırmada, proje grupları yoğun bir şekilde internet kaynaklarına başvurmuşlar ve problemin muhataplarıyla görüşmeler gerçekleştirmeyi tercih etmişlerdir. Bu süreçte öğrencileri benzer projelere ve çözümlerine odaklanıp kendi çözümlerinin farklılıklarına odaklanabilmektedirler. Dahası öğrenciler bu safhada ilk aşamaya geri dönerek yeniden problem ve ihtiyacı yeniden belirleme yoluna gidebilirler. Bu aşamada da beyin fırtınası tekniğinden faydalanarak balık kılçığı ve kavram haritaları oluşturmak projeleri rahatlatmaktadır. Böylelikle neden-sonuç, ana kavram ve alt kavramlar arasında ilişkiyi belirlemek daha kolay olmaktadır.

Üçüncü aşama olan olası çözümler geliştirme basamağında beyin fırtınası tekniğinden yararlanarak belirlenen probleme ne gibi çözümlerinin olabileceği üzerinde fikir yürütmüşlerdir. Bu aşamada beyin fırtınasının alt tekniklerinden olan fikir bağlantıları kurma, zarardan yarar çıkarma ve ters beyin fırtınasını kullanılabilir.

Mühendislik tasarım sürecinin dördüncü aşamasında öğretmen adayları işlem-zaman çizelgesi, görev dağılımı, maliyet hesaplamaları için kar-zarar ve risk analizleri, güç alanın analizi gibi farklı uygulamalardan faydalanabilirler. Bu süreç boyunca onlardan ayrıca hayal güçlerini kullanarak projelerinin son hali ile ilgili çizimler yapmaları istenebilir. İş birlikli gruplardan kendilerini değerlendirmelerini ve aksayan yanlarını düzelterek gruba yeniden yön vermeleri istenebilir. Bu aşamada çözümleri birleştirmeleri ve projelerine eklemeler yapmaları mümkün olabilmektedir. Özellikle beyin fırtınası tekniğinden faydalanan öğrenciler grup tartışmaları yaparak optimize ettikleri çözümü seçebilirler.

Genellikle bu sürece katılan öğretmen adayların en çok zorlandığı ve vakit harcadıkları aşama beşinci aşama olan prototip inşa etmedir. Teori ile uygulamanın birleştiği bu safha uzun mesailer gerektiren bir süreç olabilmektedir. Birçok başarısız tekrardan sonra istedikleri nitelikte ürünü elde edebilmektedirler. Birçok deneme yanılma işleminden sonra elde ettikleri deneyimi bir sonraki deneme için kullanmaktadırlar. Yansıtıcı düşünme, bu safhada kullanılan önemli bir üst düzey düşünme becerisi olarak ortaya çıkmaktadır. Ümidin ve ümitsizliğin yoğun şekilde hissedildiği bir süreçtir. İçsel güdülerinin yanında bu safhada öğretmen adaylarına bilim adamlarının hikâyelerinden bahsedilerek

dışsal güdülenme ile destek olunabilir. Öğrenciler aşamadıkları sorunlarla karşılaştıklarında yeniden beyin fırtınası tekniğine başvurabilirler.

6. aşamada öğretmen adayları hazırlamış oldukları prototipi ihtiyaç olarak gördükleri alanlarda ve kişiler üzerinde deneme yoluna gitmişlerdir. Bu sayede gösteri yaptıkları kişilerden fikir alarak çözümlerine yeni eklemeler ya da çıkarmalar yapabilmektedirler. Daha önce yaptıkları proje çizimleri ile kendi çözümlerini karşılaştırma işlemini de bu aşamada yapabilirler. Öğrenciler aşamadıkları sorunlarla karşılaştıklarında yeniden beyin fırtınası tekniğine başvurabilirler.

Öğretmen adayları yapmış oldukları prototip ve raporlarını öğrenim gördükleri fakültesi binasında sunarak yedinci aşamayı tamamlamışlardır. Bu aşamada sunum için farklı kitleler ile karşılaşma ihtimali olan üniversite dışı sergi alanları da tercih edilebilir, çünkü bu aşama öğrencilerin değişik kişilere sunmaktan keyif aldıkları, izleyicilerin geri bildirimleri ile projelerini geliştirme ve yeni uygulama alanlarını keşfetme konusunda önemli bir fırsat sağlamaktadır. Ayrıca okul web sayfasından sergi etkinliklerine ait görsellerin yayınlanması da motive edici olmaktadır.

Sekizinci aşama olan yeniden tasarlama basamağında “Tekrar projenin başlangıç aşamasında geri dönseler neler yaparlardı?” sorusuna cevap aranmaktadır. Bu çözüme başka neler eklenebilir? Hazırlamış oldukları proje ile patent başvurusu yapsalar daha neler eklenebilir? gibi sorularla öğrencilerin bu süreç hakkında düşünmeleri teşvik edilebilir. Bu aşamada sunum sürecinde elde ettikleri geri bildirimlerinde önemli bir düşünme zemini sağlayabileceği söylenebilir.

Öğretmen adaylarının bu şekilde projeyi tamamlama kararlarıyla süreç sona ermelidir. Nihai olarak öğretmen adaylarımızın fikirlerini sürekli gözden geçirdikleri, değerlendirdikleri ve basamaklar arasında geçişler yaptıkları bir süreç olmaktadır. Bu durum STEM ve mühendislik tasarım döngüsünün lineer (doğrusal) değil, dinamik bir yapısının olduğunu göstermektedir. Burada öğretmen adaylarının iraksak düşünerek bir sorunun birden fazla çözümünün olabileceği, önemli olanın bunlar içinden en iyi çözümün geliştirilmesi gerektiği fikrine ulaşmalarıdır. Böyle bir sürecin, öğretmen adaylarının özdeğerlendirme, akran değerlendirme, iş birliği içinde çalışma, üstbilgi, yaratıcı düşünme, yansıtıcı düşünme, karar verme gibi pek çok becerilerini geliştirmede etkili olabileceği düşünülmektedir.

Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Öğretiminde Uygulanmasına Yönelik Ders İzlenesi

Bu izlencenin hedef kitlesini üç ve dördüncü sınıf düzeyinde fen bilgisi ve bilişim teknolojileri öğretmenliği alanlarında öğrenim görmekte olan öğretmen adayları oluşturmaktadır. İzleneye göre yürütülecek olan dersi ikiden fazla disiplinden öğrenci olarak organize etmek mümkündür. Bu durumlarda disiplinlerin her birinden eşit sayıda öğrencinin gruba katılması önerilir. İzleneye 21. yüzyıl becerilerini temel almaktadır. Bu nedenle temel amacı; farklı disiplinlerin bir arada öğrenilebilmeleri ve yine birlikte mühendislik odaklı projeler yürütebilmelerini, bu projeleri raporlayabilmeleri ve sunabilmeleri konusundaki ihtiyaç duydukları becerilerin gelişimini organize etmektedir.

İzlenede iki temel bölüm yer almaktadır. Birinci bölüm programlama ve robotik uygulamalarının farklı disiplinlerden gelen öğretmen adaylarına öğretimi kapsamaktadır. Bu bölümde mühendislik odaklı tasarımda bir tema olarak robotik uygulamaları seçilmiştir. Öğretim süreci boyunca gerçekleştirilen tüm uygulamalı çalışmalarının farklı disiplinlerden olan bireylerden oluşan iş birlikli öğrenme gruplarınca gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede öğretmen adaylarına farklı branşlar ile işbirliği yapma konusunda yapılandırılmış bir deneyim sunmayı hedeflemektedir. Diğer taraftan, farklı

disiplinlerden gelen öğretmen adaylarının bilim eğitimi ve bilişim teknolojileri eğitimi alanları bakımında hazırbulunuşluk düzeyleri farklıdır. Bunun için izlencenin başlangıcında iki grubun bu konulardaki farklılıklarının giderilmesi amacıyla; eğitim sürecinin ilk iki haftasında farklı eğitimler uygulanmıştır. Buradaki eğitim sürecinde farklı disiplinlerdeki öğretim elemanlarının da disiplinötesi yaklaşımın ruhuna uygun olarak işbirliği yaparak sürece katkı sunmaları yerinde olacağı düşünülmektedir. İzlencenin ikinci bölümünde ise yine farklı disiplinlerden olan öğretmen adaylarının birlikte çalışarak mühendislik odaklı yaklaşım ile bir probleme çözüm geliştirmesi süreci ifade edilmektedir. Yine bu süreçte çözüm alanı olarak robotik uygulamalar teması seçilmiştir. Ürün geliştirme süreçlerinin STEM proje döngüsünün ve mühendislik odaklı ürün geliştirme süreçlerinin aşamalarına uygun olarak planlanması, yürütülmesi, raporlanması, sunulması ve değerlendirilmesi süreçlerini içermektedir. Bu aşamada birinci hedef ortaya bir ürün koyulması değil, süreç içerisindeki 21. yüzyıl becerilerinin gelişimini desteklemektir. Bu nedenle raporlama ve sunma, değerlendirme aşamaları çok önemlidir. Bu nedenle ürün geliştirme süreçleri için raporlama eğitimleri planlanmıştır. Geliştirme süreci boyunca katılımcıların haftalık raporlama çalışması yapmaları teşvik edilmelidir.

Ders Adı:

Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Öğretimi

Bölüm:

Fen Bilgisi Öğretmenliği ve Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmenliği (eşit sayılarda)

Haftalık Ders Süresi:

4 ders saati

21. Yüzyıl Becerileri

Eleştirel Düşünme-Problem Çözme:

İş birliği:

İletişim:

Bilgi Okuryazarlığı:

Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) Okuryazarlığı:

Esneklik ve Uyum:

Üretkenlik ve Hesap Verebilirlik:

Liderlik ve Sorumluluk:

Kendini Yönetme:

Derslik:

Bilgisayar Dersliği

Araç-Gereçler:

Programlanabilir Elektronik Devre kartı, Devre Tahtası, dirençler, ledler, sensörler (sıcaklık, nem, mesafe vs.), motorlar(DC, servo), LCD panel, Buzzer, Hoparlör, Bluetooth ünitesi, Projeksiyon,

Faydalı yazılımlar:

Programlanabilir devre kartı için kodlayıcı ve programlayıcı program

Programlanabilir Elektronik Devre Kartları için Sanal laboratuvar yazılımı (örneğin Tinkercad)

Makeblock yazılımı,

Scratch,

Code.org web sitesi

Tablo 1. Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Eğitimi Öğretim planı

	<u>Fen Bilgisi Öğr. Adaylarına</u> Ders: Programlama Temelleri	<u>Bilişim Teknolojileri Öğr. Adaylarına</u> Ders: STEM Eğitimi
1. Hafta	<ul style="list-style-type: none"> Algoritma nedir? Temel Programlama yapıları 	<ul style="list-style-type: none"> STEM nedir? STEM disiplinleri arasındaki ilişki ve bütünleştirme
2. Hafta	<u>Fen Bilgisi Öğr. Adaylarına</u> Ders: Programlama Temelleri <ul style="list-style-type: none"> Algoritma Temel Programlama yapıları 	<u>Bilişim Teknolojileri Öğr. Adaylarına</u> Ders: STEM Eğitimi <ul style="list-style-type: none"> Mühendislik tasarım döngüsü Entegrasyon modelleri vb.
	Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayı Gruplarının Birleştirilmesi,	
3. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> İş birlikli Proje Gruplarının Tespiti (Heterojen gruplar)* Ders: Robotik nedir? PEDK nedir? Yaygın PEDK ve Temel Elektronik Devre Elamanları	
4. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> Arduino kartı ve yapısı Kod geliştirme ortamının tanıtımı Kartın bağlanması ve programlanması 	
5. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> Dijital Giriş – Çıkış İşlemleri 	
6. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> Analog Giriş-Çıkış İşlemleri 	
7. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> Seri Haberleşme LCD Ekran Kullanımı Proje Raporlama eğitimi Proje grupları için Robotik-Kodlama STEM Proje çağrısının yapılması ve proje önerileri için bir hafta süre verilir.	
8. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> Proje gruplarına 2 saatlik süre içinde gerçekleştirecekleri bir proje etkinliği yaptırma Proje önerilerinin değerlendirilmesi (Kabul- Red-Düzelme) 	

9. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> • Proje grupları projelerini geliştirme çalışması • Proje planlamalarının kontrolü
10. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> • Proje grupları projelerini geliştirme çalışması • Haftalık Gelişim Raporlarının Kontrolü • Süreç takibi
11. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> • Proje grupları projelerini geliştirme çalışması • Haftalık Gelişim Raporlarının Kontrolü • Süreç takibi
12. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Ders: Robotik-kodlama <ul style="list-style-type: none"> • Proje grupları projelerini geliştirme çalışması • Haftalık Gelişim Raporlarının Kontrolü • Süreç takibi
13. Hafta	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> <ul style="list-style-type: none"> • Projelerin Sergisinin yapılması
	<u>Fen bilgisi ve Bilişim Tekn. Öğr. Adayları Birlikte</u> Değerlendirme ve rapor teslimi

*Gruplar eşit sayıda Bilişim Teknolojileri ve Fen Bilgisi öğretmen adayından oluşturulması tavsiye edilir. Bu gruplar robotik eğitimi süresince uygulamalı öğretim faaliyetlerinde birlikte çalışmalıdırlar. Ardından proje geliştirme sürecinde de işbirliğine gitmeleri sağlanır.

STEM Etkinliği

STEM etkinliğinde, öğretmen adayları ile daha önce gerçekleştirilmiş olan mühendislik odaklı bütünleşik STEM projesi çalışmaları kapsamında yürütülen “Sesli Ateş Ölçer” projesinin gelişim süreçlerine yer verilmiştir. İki fen bilgisi öğretmen adayı ve iki bilişim teknolojisi öğretmen adayının bulunduğu gruplara kodlama ve robotik uygulama geliştirme eğitimi verildikten sonra günlük hayattan buldukları problemlere çözüm getirecekleri bir çalışma yapmaları talep edilmiştir. Ayrıca STEM ve proje döngüsü eğitimi alan bu öğretmen adaylarından geliştirme süreçlerini mühendislik tasarım süreci basamaklarına uygun olarak yürütmeleri sağlanmıştır. Burada yürütülen “Sesli Ateş Ölçer” projesinin her aşamasında öğrenciler tarafından gerçekleştirilmiş olan etkinlikler hakkında bilgi verilecektir.

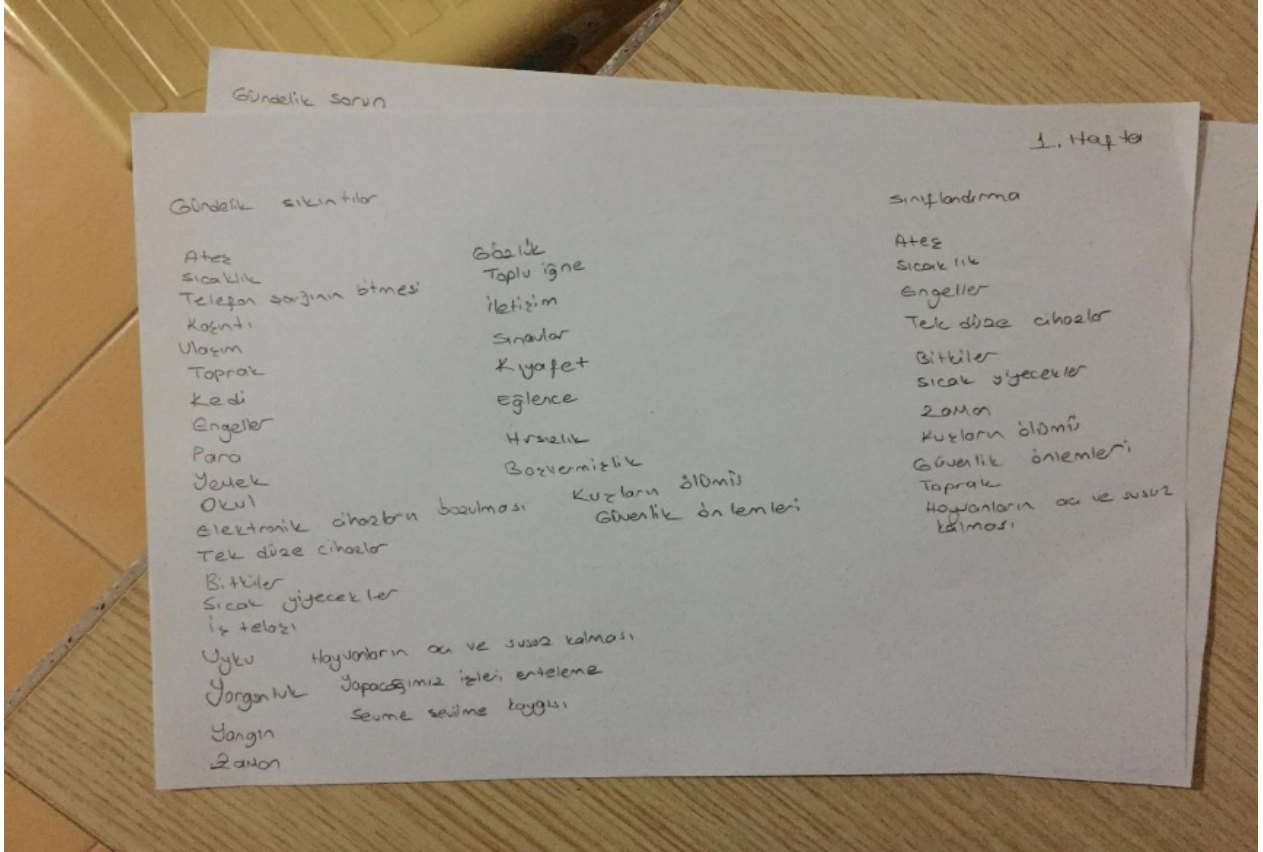
1. Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Projesi Gelişim Süreci Örnek Etkinlik

Çalışmamızın bu bölümünde 2018-2019 öğretim yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi’nde HMKÜ Sürekli Eğitim Merkezi tarafından öğretmen adaylarına düzenlenmiş olan kursun uygulama sonunda, öğretmen adaylarının yapmış oldukları örnek bir proje raporuna yer verilmiştir. Kurs toplam 12 hafta ve 48 saat formal ders saatinde verilmiştir. Kursun yanı sıra öğretmen adayları informal öğretim ortamlarında işbirlikli bir şekilde proje çalışmaları yürütmüşlerdir. 12 Haftanın sonunda toplam 16 grup proje çalışmalarını HMKÜ Eğitim Fakültesi’nde başarı ile sunarak çalışmalarını tamamlamışlardır.

Proje Adı:**1. Mühendislik Odaklı Bütünleşik STEM Projesi Gelişim Süreci Örnek Etkinlik****Proje Adı: Sesli Ateş Ölçer**

1. Aşama: İhtiyacın veya Problemin Tanımlanması: Gruptaki öğrenciler öncelikle ihtiyaç ve problemi belirlemek için beyin fırtınası oturumları yapmışlardır. Bu oturumlarda gruplardaki katılımcılar görme engelli ve okuma yazma bilmeyen kişilerin vücut sıcaklıklarını ölçecek bir alet geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu temalar altında ifade edilen her bir ihtiyacın robotik uygulamalar ile karşılanabilmesi kriterine dikkat etmişlerdir. Bu nokta gruptaki katılımcılar tarafından geliştirilecek olan cihazın amaçları şu şekilde belirlenmiştir:

- Görme engelli ve okuma yazma bilmeyen bireylerin vücut sıcaklıklarını istedikleri zaman sesli olarak bilmeleri,
- Herhangi bir engelli olmayan kişilerinde pratik bir şekilde vücut sıcaklıklarını bilmeleri,
- Ateşi yüksek olan bireylerin ses ile uyarılması,
- Ebeveynlerin çocuklarının vücut sıcaklıklarını rahatça ölçebilmelerini sağlamaktır.



Şekil 5. Öğrencilerin yapmış oldukları beyin fırtınası oturumlarının görseli

2. Aşama: İhtiyacı veya Problemi Araştırma: Birinci aşamada belirlenen amaçları gerçekleştirebilecek var olan cihazlar ve özellikleri incelenmiştir. Sesli ateş ölçer işlemi için kullanılacak cihazları aşağıdaki şekilde kategorize etmişlerdir;

- Sesli uyarı için gerekli olan sesler kaydedilip karta yüklenecek sistem,
- Isı sensörü sayesinde bireyin ateşi ölçülecek sistem,

- Sesleri dışarı verme işlemini yapacak sistemlerdir.

Bu aşamada projenin STEM alt alanlarında hangi çalışmalarını sağlayacağını analizi yapılmıştır.

Fen bilimleri (fizik, kimya, biyoloji, vb.) dersi kapsamındaki işlemler:

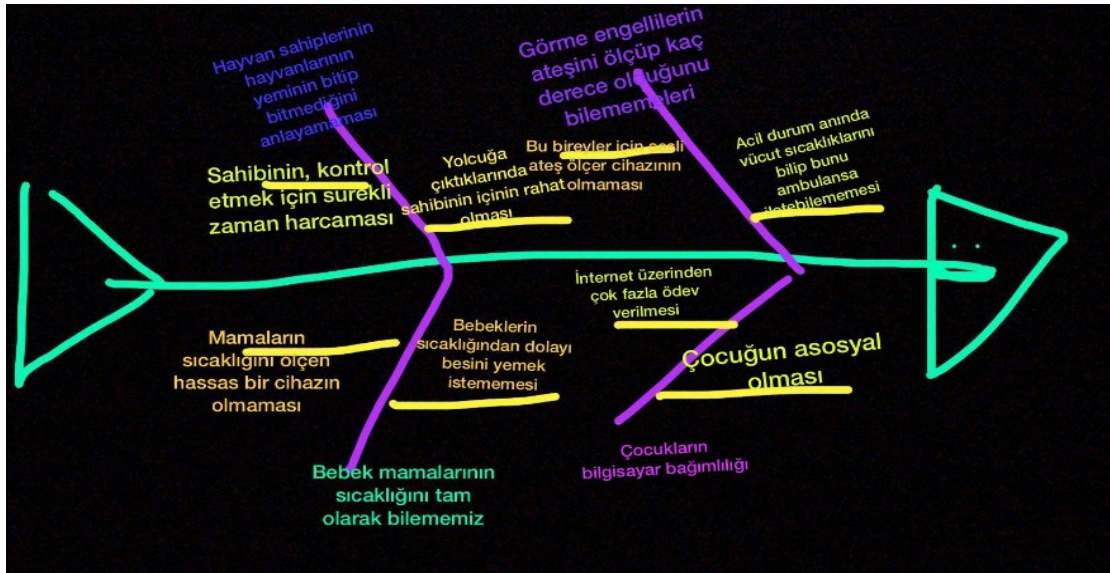
- Programlanabilir Elektronik Devre Kartı (PEDK)'ni yerleştirmek için ısı ve ses konusu kullanacağız.
- Kullandığımız sensörlerde kişinin vücut sıcaklığını ölçeceğiz.
- Biyolojide insan vücudunun normal sıcaklığını ölçeceğiz.
- Vücut sıcaklığının yüksek olmasının epilepsi, havale vb. rahatsızlıklara neden olduğunu araştırdık.

Teknoloji (bilgi ve iletişim teknolojileri, elektronik, kodlama vb.) dersi kapsamındaki işlemler:

- Arduino Uno Kart ile gerekli kodlar yazılacak
- Devre için programlama yapacağız
- Test ve hata giderme yapacağız
- SD karta yüklenen ses dosyalarını Arduino ile bağlantı kurmasını sağlayacağız
- SD karta yüklenen sesleri dışarı verme işlemi için hoparlör kullanacağız

Mühendislik (atölye-laboratuvar, teknik resim, programlama, vb.) kapsamındaki işlemler:

- Genel tasarımın belirlenmesi
- Kaidenin ve çubuğun taşınabilir olması için malzeme ve üretim sürecinin planlanması
- Devrenin en uygun şekilde ölçüm yapabilmesi için devre elemanlarının bağlanması
- Matematik dersleri kapsamındaki işler
- Kod yazımı ile ilgili denklemleri gözden geçireceğiz



Şekil 6. Öğrencilerin yapmış oldukları balık kılçığı diyagramı görseli

3. Aşama: Olası Çözümler Geliştirme: Bu aşamada öğrencilerimiz çözüm için beyin fırtınası oturumları gerçekleştirmişlerdir. Bu aşamada ayrıca SWOT analizi de gerçekleştirmişlerdir.

4. Aşama: En İyi Olası Çözümü Seçme: Öğrenciler proje ile ilgili taslak çizimler gerçekleştirmiştir. Beyin fırtınası oturumlarında elde ettikleri en iyi çözüm yolunu belirlemişlerdir. Örnek taslak çizime Şekil 'te yer verilmiştir.

Şekil 7. Ateş ölçer projesi için taslak çizimler

5. Prototip (Model) İnşa Etme: Bunun için kaynakların planlaması çalışması yapılmıştır. Bu sürece grup üyelerinin görevlerinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Görevler dağılımları aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Sesli ateş ölçer projesi için grup üyelerinin görev dağılımı ve kaynak yönetimi tablosu

	Kişiler	Bu kaynak projemize nasıl yardımcı olacak?	Bu kaynak nasıl yönetilecek?
Kişiler	Bilişim Tek. Öğr. Adayı 1	Programlama ve rapor	Zaman Planı doğrultusunda, haftalık raporlama ile
	Bilişim Tek. Öğr. Adayı 2	Rapor ve devre elemanları	Zaman Planı doğrultusunda, haftalık raporlama ile
	Fen Bil. Öğr. Adayı 1	Raporlama ve dış görünüm proje tasarlanması	Zaman Planı doğrultusunda, haftalık raporlama ile
	Fen Bil. Öğr. Adayı 2	Raporlama ve dış görünüm proje tasarlanması, Test etme	Zaman Planı doğrultusunda, haftalık raporlama ile
Materyaller/ Araçlar	Bilgisayar	Kod yazma ortamını kullanarak ve raporlanacak	Tüm Grup üyeleri
	Arduino Uno Kart	Gerekli kodlar yazılacak ve proje çalışacak.	USB kablo ile bilgisayara bağlanacak ve gerekli kodlar yazılacak.

	Usb Kablo	Arduino ile PC arasında bağlantı kuracak.	Bağlantı kurarak gerekli kodları yükleyeceğiz
	Mh -Sd Card Modulu	SD karta yüklenen ses dosyalarını Arduino ile bağlantı kurmasını sağlayacak.	Gerekli olan yere montajı yapılacak kart takılacak.
	Bağlantı Kabloları	Arduino ile diğer parçalar arasında bağlantı kurma çalışıp çalışmayanı belirleme.	Bağlantı oluşturma.
	Bread Board	Gerekli olan parçaların bağlantı kurulması.	Led kontrolü.
	Sd Card	Sesli uyarı için gerekli olan sesler kaydedilip karta yüklenecek.	Arduino kartına SD kart içerisine yüklenen sesler ile ilgili uygun kodlar yazılıp yüklendiğinde ölçüm yapıldıktan hoparlör sayesinde derece söylenecek
	Isı Sensörü	Isı sensörü sayesinde bireyin ateşi ölçülecek.	Kodların yüklenmesinin ardından ölçüm yapılacaktır.
	Hoparlör	SD karta yüklenen sesleri dışarı verme işlemi yapacak.	Uygun yere montajından sonra kodlarının yazımının ve karta yüklenilmesi ile ateşin kaç derece olduğunu ses sayesinde aktarılacak.
Maddi Kaynak	Para temini	Malzeme temini	Bilişim Öğr. Adayı 2
	Derste sunulan devre elemanları	Devrenin oluşturulması	Bilişim Öğr. Adayı 2

Bunlara ek olarak projenin maliyet analizi yapılmış ve elde edilen sonuç Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Sesli ateş ölçer projesi için maliyet analizi

Malzeme Masrafı	50 TL
Atöyle çalışması masrafları	0 TL
Ulaşım	30 TL
Toplam Maliyet	80 TL

Ayrıca Tablo 4’deki zaman yönetimi planı yapılmıştır.

Tablo 4. Sesli ateş ölçer projesi için öngörülen çalışma takvimi

	İş Adımları	Hafta 01	Hafta 02	Hafta 03	Hafta 04	Hafta 05	Hafta 06
--	-------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

HAZIRLIK							
Proje ekibini oluşturma	1.						
Proje konusunu belirleme	2.						
Yapılacakları listeleme	3.						
Zaman çizelgesi oluşturma	4.						
Malzeme temini	5.						
Devreyi oluşturma	6.						
Program kodlarını oluşturma	7.						
Tasarım oluşturma	8.						
Projeyi test etme	9.						
Varsa hata giderme	10.						
Rapor hazırlama	11.						
SUNUM	12.						
DEĞERLENDİRME							

Buna ek olarak proje geliştirme süresince gerçekleştirilecek her bir faaliyet ve bu faaliyetin ne zaman, kim tarafından tamamlanacağı planlanmıştır. Proje sürecinde katılımcılar kendi gelişimlerini değerlendirmek üzere haftalık değerlendirme raporları yazmışlardır. Katılımcılardan birinin proje çalışmasının ikinci haftasında gerçekleştirdiklerine yönelik yazmış olduğu örnek rapora Tablo 5'te yer verilmiştir.

Tablo 5. Sesli ateş ölçer için bilişim öğretmen adayı 1 tarafından hazırlanan gelişim raporu örneği

ÖĞRENCİ ADI:	Bilişim Öğr. Adayı 1
PROJE ADI:	Sesli Ateş Ölçer
YAPTIĞI ÇALIŞMA:	Vücut sıcaklıklarını detaylı bir şekilde araştırıp, seslendirip onları kaydetmesi.
HARCADIĞI ZAMAN:	3 saat
Bu hafta yaptığın çalışmada en çok hoşta giden iş nedir?	Cihazı oluşturmak için aldığımız aletlerle ilgili detaylı bilgileri araştırıp nasıl yapsak daha iyi olur şeklinde sürekli iletişim halinde olmamız.
Bu hafta yaptığın çalışmayla ne tür becerileri geliştirdiğini düşünüyorsun?	Grup çalışması yaparak daha çok düşünme üzerine becerileri geliştirdiğimi düşünüyorum.
Çalışmada yapmakta zorlandığın bir yön var mı?	Evet.
Karşılaşılan Zorluk/Sorun:	Ses kaydı yaparken arkadan çok fazla sesin gelmesi.
Proje Çalışmasının Yapıldığı Yer:	Bilgisayar laboratuvar
Zorluk ve Problemlerle Karşılaşma Tarihi:	Projenin ikinci haftası
İlgili Kişiler:	Tüm grup üyeleri

Problem veya zorluğun tanımlanması:	Ses kaydederken arakadan çok fazla ses gelmesi ve sesin net anlaşılması.
Problem nasıl çözüldü?	Gerekli araştırmalar yapıldı istenilen sonuca ulaşamayınca hocadan yardım talep edildi.
Ne düzeyde çözüldüğünü düşünüyorsunuz?	İyi düzeyde
Problem çözümüyle ilgili diğer alternatif ve yollar neler olabilir?	Gerekli araştırmalar tekrardan yeterli düzeyde olmayabilir.

6. Çözümü Test Etme ve Değerlendirme: Geliştirme süreci sonunda ürün çalışırken alınmış görüntü aşağıda verilmiştir. Burada sesli ateş ölçer cihazı öğrencinin vücut sıcaklığını başarılı bir şekilde seslendirmektedir. Çözümün testine ilişkin görsel Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Geliştirilen çözümün test edilmesi

7. Çözümün Sunulması: Ürün geliştirme süreçleri hakkında raporlama tamamlanmış. Üretilen raporlar ile birlikte ürünler eğitim fakültesinde gerçekleştirilen sergi etkinliğinde sergilenmiştir. Etkinliğe katılan öğretmen adayları, öğretim elemanları ve diğer ziyaretçilere hazırlanan kısa sunumlar yapılarak geribildirimler alınmıştır.

8. Yeniden Tasarlama: Tüm süreç sonunda yeniden düşün etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada öğrencilerimiz işitme engelliler içinde led ışık sistemi eklenerek onların cihazdan yararlanabileceği bir sistem geliştirmeyi düşünmüşlerdir.

9. Tamamlama Kararı Alma: Grup üyeleriyle birlikte tamamlama kararı alarak projeyi sonlandırmışlardır.

SONUÇ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi’nde HMKÜ Sürekli Eğitim Merkezi tarafından düzenlenmiş olan kursun uygulama ders izlencesi ve örnek bir projenin gelişim raporuna yer verilmiştir. 2018-2019 öğretim yılında gerçekleştirilen kurs 12 hafta ve 48 saat formal ders saatinden oluşmuştur. Bunun yanında öğretmen adayları ders dışında informal eğitim ortamlarında proje çalışmalarına katılmışlardır. 12 Haftanın sonunda toplam 16 grup proje çalışmalarını HMKÜ Eğitim Fakültesi’nde başarı ile sunarak çalışmalarını tamamlamışlardır. Araştırmacıların proje sürecinde elde ettikleri sonuçlar ve bazı gözlemleri aşağıda verilmiştir.

STEM çalışmalarının ana düşüncesi gerçek bir hayat bir problemine çözüm üretilmesidir. Holistik bir anlayışla problemin belirlenmesinde öğretmen adaylarımız tamamen serbest bir şekilde ele almak istedikleri sorunları belirlediler. Bu onların hayal güçlerinin ve yaratıcılıklarının gelişmesi faydasını sağlamıştır. Farklı yöntem ve teknikler (balık kılçığı, beyin fırtınası, kavram haritası, SWOT analizi,

çizimler) kullanarak STEM etkinliklerinin zenginleştirilmesi sağlanmıştır. Robotik kodlama ile öğrencilerin matematiksel modelleme, analitik düşünme, yaratıcı düşünme, iraksak düşünme vb. becerilerinin gelişimine katkı sağlanması hedeflenmiştir. Öğretmen adaylarımız bir proje ve projenin basamaklarını etkili bir şekilde yürütmüşlerdir. Oldukça ekonomik şartlar ile orijinal ürünlerin oluşturulması sağlanmıştır. Öğretmen adayları proje tanımı, projenin amaçları/hedefleri, kaynak kullanım tablosu, proje maliyet hesabı, zaman yönetimi tablosu, proje görev dağılımı çizelgesi, haftalık faaliyet raporu, STEM ve mühendislik tasarım döngüsü, sonuç raporu, projenin kaynak kodu başlıkları ile etkili bir proje süreci geçirdikleri kanısındadırlar. Adaylar ile yapılan görüşmelerde bu ve benzeri çalışmalarını mesleki hayatlarında kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak, robotik uygulamaların kavramsal öğrenmeye katkı sağladığını (Chambers, Carbonaro ve Murray, 2008), ve bunların eğitimde kullanılması STEM alanlarına yönelik ilgiyi artırdığı (Eguchi, 2016) alanyazında ifade edilmektedir. Öğrencilerden alınan geribildirimlerde günlük hayat problemlerine bakış açılarında değişim olduğunu söylemişlerdir. Öğretmen adaylarının mühendislik ve teknolojiye bakış açılarında değişim meydana gelmiştir. Mühendislik bölümlerine ikinci bir üniversite eğitimi almak isteği olanlar olmuştur. STEM kariyerlerine ilgide bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum, alanyazında ifade edilen; STEM proje tabanlı öğrenme aktivitelerinin öğrencilerde mühendisliğe karşı tutumlarını anlamlı olarak değiştirdiği (Tseng, Chang, Lou ve Chen, 2013), STEM ilgi ve motivasyonlarında ve STEM alanları hakkındaki kariyerlerine ilgide bir artış sağladığı (Mohr-Schroeder ve diğerleri, 2014) yönündeki ifadeler ile örtüşmektedir. Çalışmada yer alan bazı gruplar kendi aralarında projelerini birleştirme gibi değişik fikirlerle bize başvurmuş ve dersin ikinci aşamasının yapılması konusunda talepte bulunmuşlardır. Öğretmen adayları, STEM döngüsünün yeniden düşün aşamasında çok farklı fikirler üretmişlerdir. Öğretmen adaylarımızın özgüven, özdüzenleme, üstbilis, yansıtıcı düşünme, birlikte çalışma alışkanlığı, ilgi ve tutumlarında gözle görülebilir artışlar gözlemlenmiştir. Nitekim, Connors-Kellgren, Parker, Blustein ve Barnett (2016) STEM eğitiminde projelerin; yaratıcılık, deney ve sosyal sorumluluk, uzman işgücü gelişimi ve STEM girişimlerini destekleme konularında gelişim sağladığını ifade etmektedir. Cavas ve diğerleri (2012) de robotik tabanlı STEM proje etkinliklerinin, bilimsel süreç kullanımı, bilimsel yaratıcılık, robotik konusundaki algılarını olumlu etkilediğini ifade etmiştir. Adaylar STEM disiplinlerinin her biri ile bağlantılar kurmaları sağlanmıştır. Adaylar yaptıkları projelerin safhalarında bilimsel süreç becerileri ve 21. yüzyıl becerilerinden birçoğunu kullanmışlardır. Bakırcı ve Karışan (2017) STEM etkinliklerinde yer alan öğrencilerin fen, matematik, mühendislik ve 21. Becerilerine yönelik olumlu düşünceler geliştirdiklerini ifade etmektedir. 48 saatlik formal sürecin yanında öğrenciler okul dışında toplantılar yaparak projelerini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarda aynı zamanda okulumuzun bilgisayar laboratuvarlarını kullanmışlardır. İki farklı bölümden öğrencilerin birbirlerini tanıma ve birlikte iş yapma becerileri gelişmiştir. Araştırma sürecinde gözlemlediğimiz faydalar, alanyazında yer alan; proje tabanlı STEM etkinliklerinin öğrencilerde akademik başarıyı artırdığı (Aygen, 2018; Yildirim ve Altun, 2015; Özcan ve Koca, 2019^b), matematik başarısını ve STEM farkındalıklarını anlamlı olarak artırdığı, adaylarının problem çözme ve 21. yüzyıl becerilerini geliştirdiği (Özçakar Sümen, 2018) STEM'e yönelik tutumlarında olumlu değişime neden olduğu (Evans, 2015) bulgularıyla örtüşmektedir.

STEM etkinliklerinin sınırlıkları ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Farklı bölümlerden gelen öğretmen adaylarının işbirlikli öğrenmeye uyum sağlamada zorluklar yaşamaları,

- STEM ile ilgili dersin olmamasından dolayı bazı öğrencilerin güdülenmede sıkıntı yaşamaları,
- İstenmemesine rağmen iş birlikli öğrenmenin en büyük sıkıntısı olan sömürülme etkisinin gözlenmesi,
- İnfomal öğrenme ortamlarında adayların buluşma zamanını ayarlama sıkıntıları yaşamaları,
- Fen bilgisi öğretmen adayların kodlama becerilerindeki eksiklikler nedeni ile zorlanmaları,
- Adayların robotik çalışmalarda çok uzun zaman geçirmeleri nedeniyle bazen umutsuzluk duygusuna düşmeleri,
- Adayların kullanmış oldukları elektronik aletlerin bozulması nedeniyle araçların yeniden temin etmeleri,
- Proje sunumunda karşılaşılan güçlükler nedeniyle yaşanan zorluklar,
- İş bölümü çalışmalarında anlaşmazlıklar yaşanmalarıdır.

ÖNERİLER

STEM eğitiminin geliştirilmesinde ülkemizdeki politika belirleyicilere, kurumlara, öğretmen adaylarına ve akademisyenlere aşağıdaki önerilerde bulunabiliriz. Çalışmamız üniversite düzeyinde olduğundan önerilerimiz biraz genel ve tüm eğitimi kapsayacak şekilde düzenlenmiştir.

Politika Belirleyicilere Öneriler

- Ülkemizin gelecekte daha yenilikçi ve rekabetçi duruma gelmesi, teknoloji tüketen değil üreten bir toplum olmamız için STEM eğitimi ve okuryazarlığının gelişimine yönelik teşvik ve fonlama çalışmalarına ağırlık verilebilir.
- MEB ve YÖK arasında işbirliği çalışmaları artırılarak STEM konusunda daha fazla çalışma yapılmasının önü açılabilir.
- STEM meslek dallarının dünyadaki örneklerinden hareketle, bu meslek dallarında fonlanmanın gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi konusunda kamu ve özel sektör temsilcilerinin bir araya getirilmesi sağlanabilir.
- STEM konusunda dernek ve vakıfların açılması sağlanabilir.
- STEM üniversitesi açılması için çalışmalar yürütülebilir.
- STEM televizyon kanalı, youtube kanalı, internet siteleri vb. çalışmalar ile STEM'in tanınırlığının artırılabilir.
- Belediyelerin STEM merkezleri açmaları sağlanabilir.
- Üniversite, okul ve toplum arasındaki işbirliği çalışmalarına hız verilebilir.

Kurumlara Öneriler

- TÜBİTAK'ın girişimleri ile açılan Bilim Merkezleri'nin nicelik ve niteliğinin artırılması sağlanabilir.
- Üniversitelerde teknopark vb. çalışmaların nicelik ve niteliğinin artırılması sağlanabilir.
- Değişik fakültelerde STEM merkezleri ve laboratuvarlarının açılması sağlanabilir.
- Eğitim fakültelerinde STEM dersi getirilebilir.

- Bitirme proje çalışmaları ile üniversite öğrencilerin işbirlikli bir şekilde STEM çalışmaları yapmaları sağlanabilir.
- Kodlama ve yazılım derslerinin temel eğitimden yükseköğretime kadar zaman içerisinde verilmesi sağlanabilir.
- STEM enstitüleri açılabilir. Bu enstitü ile tezli ve tezsiz yüksek lisans, doktora çalışmalarını yürütülmesi sağlanabilir.
- Öğretmen ve öğretmen adaylarının birlikte çalışabileceği projeler yürütülebilir.
- Akademik ve akademik olmayan kişilerin bir arada çalışabileceği proje çalışmalarının yürütülmesi sağlanabilir (sanayi kuruluşları, sanatkârlar, zanaatkarlar vd.).
- Okulöncesinden yükseköğretime kadar olan derslerin programlarının STEM doğrultusunda revize edilmesi sağlanabilir.
- Okullarımız bünyesinde STEM web sayfalarının kurulması sağlanabilir.
- STEM ile ilgili hizmet öncesi ve hizmet sonrası çalışmalara yer verilebilir.
- Özel sektör kuruluşlarının STEM ile ilgili okullar ile işbirliği yapması ve AR-GE çalışmaları için insan ve ekonomik kaynaklar aktarması sağlanabilir.
- Eğitim dernek ve kuruluşlarının STEM konusunda çalışmalara katılması sağlanabilir.
- Birden fazla kişinin işbirliği ile yapabileceği yüksek lisans ve doktora çalışmaların önü açılabilir (bilgisayar mühendisi, ziraat mühendisi, öğretmenler vd.). İlgili alanyazında bu konu ABD’de de eleştiri olarak dile getirilmiştir.

Öğretmen Adaylarına Öneriler

- Robotik kodlama, yabancı dil vb. kurslara katılarak kişisel gelişimlerini artırabilirler.
- Diğer branş ve fakültelerdeki arkadaşları ile irtibata geçerek STEM konusunda tartışmalara katılabilirler.
- STEM öğrenci toplulukları kurabilirler.
- STEM konusunda öğrenci kurultayı ya da sempozyum çalışmaları yapabilirler.
- Ulusal ve uluslararası STEM konusundaki programlara katılmak için kariyer hedefleri koyabilir ve teşebbüste bulunabilirler.

Akademisyenlere Öneriler

- STEM konusunda öğrencilerin motivasyonlarına yönelik çalışmalar yapılabilir.
- Üstbiliş, özdüzenleme, özyeterlilik, yansıtıcı düşünme, bilimsel süreç becerileri gibi konuların STEM eğitimi yaklaşımı ile ilişkilendirildiği çalışmalara ağırlık verilebilir.
- STEM yaklaşımı ile 21. yüzyıl becerilerinin alt boyutlarının ilişkilendirilmesine yönelik daha fazla çalışmalar yapılabilir.
- Farklı branşlardaki öğretim elemanları arasında işbirliği ve proje çalışmalarına ağırlık verilebilir.
- Okuldaki öğretmen, yönetici ve öğretmen adaylarının birlikte ele alındığı çalışmalara yer verilebilir.

- STEM yaklaşımı ve değerler eğitimi konusunda çalışmaların sayısı artırılabilir.
- STEM'in sosyal bilimler, görsel-işitsel sanatlar, beden eğitimi vb. alanları ile ilişkilendirildiği çalışmalara ağırlık verilebilir.
- STEM alan bilgisi ve pedagojik alan bilgisinin bütünleştirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- ABET. (2019). Criteria for Accrediting Engineering Programs 2020-2021. Engineering Accreditation Commission. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2020-2021/> adresinden erişildi.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu. İstanbul: Scala Basım.
- Aygen, M. B. (2018). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının bütünlük öğretmenlik bilgilerinin desteklenmesine yönelik stem uygulamaları/STEM applications for supporting integrated teacher knowledge of science teacher candidates.* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Bakırcı, H. ve Karışan, D. (2017). Investigating the Preservice Primary School, Mathematics and Science Teachers' STEM Awareness. *Journal of Education and Training Studies*, 6(1), 32-42. doi:10.11114/jets.v6i1.2807
- Barry, D. M. (1996). *Fun with Hands-on Science Activities for Elementary Teachers*. <https://eric.ed.gov/?id=ED400197> adresinden erişildi.
- Brewer, G. D. (1999). The Challenges of Interdisciplinarity. *Policy Sciences*, 32(4), 327-337.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M. ve Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387. doi:10.1002/j.2168-9830.2008.tb00985.x
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996-996. doi:10.1126/science.1194998.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
- Cavas, B., Kesercioglu, T., Holbrook, J., Rannikmae, M., Ozdogru, E. ve Gokler, F. (2012). The Effects of Robotics Club on the Students' Performance on Science Process & Scientific Creativity Skills and Perceptions on Robots, Human and Society, 11.
- Chambers, J. M., Carbonaro, M. ve Murray, H. (2008). Developing conceptual understanding of mechanical advantage through the use of Lego robotic technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(4). doi:10.14742/ajet.1199
- Choi, B. C. ve Pak, A. W. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clinical and investigative medicine*, 29(6), 351.
- Connors-Kellgren, A., Parker, C. E., Blustein, D. L. ve Barnett, M. (2016). Innovations and challenges in project-based STEM education: Lessons from ITEST. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 825-832.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M. ve Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 74-85.
- Çoşkun, V. ve Özkaya, A. (2019). Disiplinlerarası işbirliğine dayalı FeTeMM uygulaması: Akıllı Termos ve Akıllı Bitki Sulama Sistemleri. 1. Uluslararası STEM Öğretmenler Konferansı, sunulmuş bildiri, İstanbul. http://www.pusula.com/ftp/kod-dosyaları/STEM_Konferans%C4%B1_TR.pdf.zip adresinden erişildi.
- Çolakoğlu, M. H. ve Gökben, A. G. (2017). Türkiye'de eğitim fakültelerinde fetemm (stem) çalışmaları. *İnformal Ortamlarda Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 46-69.
- Demirel, Ö. (2007). *Eğitimde program geliştirme* (10. bs.). Pegem A Yayıncılık.
- Drake, S. M. ve Burns, R. C. (2004). *Meeting Standards Through Integrated Curriculum*. ASCD.
- Dugger, W. (2010). Evolution of STEM in the United States (Paper) Presented at the. Dec 8 11, 2010 in Australia. *Education içinde* (C. 3, ss. 4-10). 6th Biennial International Conference, sunulmuş bildiri, Dec 8 11, 2010 in Australia. Education.
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699. doi:10.1016/j.robot.2015.05.013
- El-Deghaidy, H. ve Mansour, N. (2015). Science teachers' perceptions of STEM education: Possibilities and challenges. *International Journal of Learning and Teaching*, 1(1), 51-54.

- Epstein, D. ve Miller, R. T. (2011). *Slow off the Mark: Elementary School Teachers and the Crisis in Science, Technology, Engineering, and Math Education*. Center for American Progress. Center for American Progress. <https://eric.ed.gov/?id=ED536070> adresinden erişildi.
- Erdogan, I. ve Ciftci, A. (2017). Investigating the Views of Pre-Service Science Teachers on STEM Education Practices. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1055-1065.
- Evans, E. M. (2015). *Preparing elementary pre-service teachers to integrate STEM: A mixed-methods study*. (Doctorate). <https://commons.lib.niu.edu/handle/10843/18726> adresinden erişildi.
- Felix, A. (2016). *Design based science and higher order thinking*. (PhD Thesis). https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/71746/Felix_A_T_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden erişildi.
- Felix, A. L., Bandstra, J. Z. ve Strosnider, W. H. (2010). Design-Based science for STEM student recruitment and teacher professional development. *Mid-Atlantic ASEE Conference, Villanova University*.
- Gomez, A. ve Albrecht, B. (2013). True STEM education. *Technology and Engineering Teacher*, 73(4), 8.
- Groth, M. B. (2013). *Hands On Math: The Construction of a Website to Support the Use of Hands On Activities and Field Trips*. The College at Brockport: State University of New York, New York.
- Guvenen, O. (2016). Transdisciplinary Science Methodology as a Necessary Condition in Research and Education. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 7.
- Hynes, M., Portsmouth, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D. ve Carberry, A. (2011). Infusing Engineering Design into High School STEM Courses. *NCETE*, 1-7.
- Jodl, H.-J. ve Eckert, B. (1998). Low-cost, high-tech experiments for educational physics. *Physics Education*, 33(4), 226–235. doi:10.1088/0031-9120/33/4/011
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P. ve Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14-31. doi:10.1016/j.compedu.2015.08.005
- Klein, J. T. (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures*, 36(4), 515–526.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the Learning of Design Practices: Lessons Learned from an Inquiry into Science Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 9-40.
- Kolodner, J. L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J. ve Puntambekar, S. (1998). Learning by design from theory to practice. *Proceedings of the international conference of the learning sciences içinde* (C. 98, ss. 16–22).
- Lederman, N. G. ve Lederman, J. S. (2013). Is it STEM or “S & M” that We Truly Love? *Journal of Science Teacher Education*, 24(8), 1237-1240. doi:10.1007/s10972-013-9370-z.
- Lederman, N. G. ve Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School science and Mathematics*, 97(2), 57.
- Lee, K.-T. ve Nason, R. A. (2013). The recruitment of STEM-talented students into teacher education programs. *International journal of engineering education*, 29(4), 833–838.
- Margot, K. C. ve Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 2.
- Marulcu, İ. ve Sungur, K. (2012). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mühendis ve Mühendislik Algılarının ve Yöntem Olarak Mühendislik-Dizayna Bakış Açılarının İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 13-23.
- MEB, (2017). Öğretmen strateji belgesi 2017-2023. *Ankara: Öğretmen Yetiştirme*.
- Mohr-Schroeder, M. J., Jackson, C., Miller, M., Walcott, B., Little, D. L., Speler, L., ... Schroeder, D. C. (2014). Developing Middle School Students' Interests in STEM via Summer Learning Experiences: See Blue STEM Camp. *School Science and Mathematics*, 114(6), 291-301. doi:10.1111/ssm.12079
- NEA, N. E. (2011). Preparing 21st century students for a global society: An educator's guide to the “Four Cs”. *Alexandria, VA: National Education Association*.
- NRC and NEA. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. National Research: National Academies Press.

- NRC, N. R. and NEA, C. on I. S. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press.
- NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Research Council: National Academies Press.
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N. ve Adamchuk, V. I. (2010). Impact of Robotics and Geospatial Technology Interventions on Youth STEM Learning and Attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(4), 391-408. doi:10.1080/15391523.2010.10782557
- Özcan, H. & Koca, E. (2019)^a. STEM'e yönelik tutum ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 387-401.
- Özcan, H. & Koca, E. (2019)^b. The impact of teaching the subject "pressure" with STEM approach on the academic achievements of the secondary school 7th grade students and their attitudes towards STEM. *Eğitim ve Bilim*, 44(198).
- Özcan, H. & Koştur, H. İ. (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretmenlerinin STEM Eğitimine Yönelik Görüşleri. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 364-373.
- Özcan, H. (2019). Sabit Süratli Hareket Konusunun STEM Yaklaşımı ile Öğretiminin 6.Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi, 1. Uluslararası STEM Öğretmenler Konferansı Tam Metin Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- Özcan, H., Karabaş, Ç. (2019). Türkiye'de STEM Konusunda Bilimsel Dergilerde Yayımlanan Makalelerin Yöntemsel Açıdan İncelenmesi. *International Symposium on Active Learning Proceedings Book*, 164-166, Adana.
- Özçakır Sümen, Ö. (2018). *Matematik dersinde uygulanan STEM etkinliklerinin sınıf öğretmeni adaylarının öğrenme ürünlerine etkileri*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Stock, P. ve Burton, R. J. (2011). Defining terms for integrated (multi-inter-trans-disciplinary) sustainability research. *Sustainability*, 3(8), 1090-1113.
- Şahin, F., Göçük, A. ve Sevgi, Y. (2018). Fizik, kimya, biyoloji ve fen bilgisi öğretmen adaylarının disiplinlerarası ilişki kurma düzeylerinin incelenmesi: Kan basıncı. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 6(1), 73-95.
- Şendağ, S. ve Gedik, N. (2015). Yükseköğretim Dönüşümünün Eşiğinde Türkiye'de Öğretmen Yetiştirme Sorunları: Bir Model Önerisi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 5(1), 70-91. doi:10.17943/etku.35232
- Tercan, H. ve Bıçakçı, M. Y. (2017). Sağlık Bilimlerinde Transdisipliner Yaklaşım İçerisinde Çocuk Gelişimcinin Rolü. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 157-168.
- Timur, B. ve Belek, F. (2020). FeTeMM Etkinliklerinin Öğretmen Adaylarının Öz-Yeterlik İnançlarına ve FeTeMM Eğitimi Yönelimlerine Etkisinin İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (PAU Journal of Education)* 50: 315-332[2020] doi: 10.9779/pauefd.465824
- Tress, B., Tress, G. ve Fry, G. (2005). Researchers' Experiences, Positive and Negative, in Integrative Landscape Projects. *Environmental Management*, 36(6), 792-807. doi:10.1007/s00267-005-0038-0
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J. ve Chen, W.-P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102. doi:10.1007/s10798-011-9160-x
- Tsupros, N., Kohler, R. ve Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components. Intermediate Unit 1: Center for STEM Education and Leonard Gelfand Center for Service Learning and Outreach*. Carnegie Mellon University, Pennsylvania.
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I. ve Comer, M. W. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann Portsmouth, NH.
- Wagner, T. (2008). Rigor redefined: The seven survival skills for careers, college, and citizenship. *Advisors Corner*.
- Wang, H.-H. (2012). A new era of science education: Science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering and mathematics (STEM) integration.
- Wang, H.-H., Moore, T. J., Roehrig, G. H. ve Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.

- Wendt, S., Isbell, J. K., Fidan, P. ve Pittman, C. (2015). Female Teacher Candidates' Attitudes and Self- Efficacy for Teaching Engineering Concepts. *International Journal of Science in Society*, 7(3), 1-11. doi:10.18848/1836-6236/CGP/v07i03/51453
- Yakman, G. (2008). STΣ@ M Education: An overview of creating a model of integrative education. Pupils Attitudes Towards Technology. *2008 Annual Proceedings. Netherlands*.
- Yıldırım, A. (1996). Disiplinlerarası öğretim kavramı ve programlar açısından doğurduğu sonuçlar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(12).
- Yıldırım, B. ve Sevi, M. (2016). Examination of the effects of STEM education integrated as a part of science, technology, society and environment courses. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3684-3695.
- Yıldırım, B. ve Altun, Y. (2015). STEM Eğitim ve Mühendislik Uygulamalarının Fen Bilgisi Laboratuar Dersindeki Etkilerinin İncelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2), 2. doi:10.31202/ecjse.67132

EXTENDED ABSTRACT

We have to provide our prospective teachers with formal and informal learning environments that can improve themselves. As explained in detail in the National Teacher Strategy Document, it is necessary to increase the number of lecturers per teacher candidate in teacher training institutions and to ensure that they can keep their pedagogical field knowledge up-to-date, to include more applications in education faculty programs and to change the implementation system (MEB, 2017). Teaching staff working in different disciplines should come together and carry out transdisciplinary and interdisciplinary projects with our prospective teachers including robotic coding, mathematical modeling, physics, chemistry and biology. From this point on, a teaching strategy is needed for the development of teachers' skills in engineering-oriented STEM education. For this need, the teaching process and a sample product developed by the authors are discussed. This teaching process that has been developed foresees a STEM education process for teachers by doing. It is planned that the prospective teachers will do product development work in accordance with the engineering design cycle with interdisciplinary cooperation in the context of robotics, which is taught in the process.

The application syllabus of the course organized by HMKU Continuing Education Center in Hatay Mustafa Kemal University Faculty of Education and the development report of a sample project are included. The course held in the 2018-2019 academic year consisted of 12 weeks and 48 hours of formal course hours. In addition, prospective teachers participated in project studies in informal education environments outside of class. At the end of the 12 weeks, 16 groups successfully presented their project work at HMKU Faculty of Education and completed their work. The results obtained by the researchers during the project process and some of their observations are given below.

The main idea of STEM studies is to find a solution to a real life problem. In determining the problem with a holistic approach, our prospective teachers determined the problems they wanted to deal with completely freely. This provided the benefit of their imagination and creativity. STEM activities were enriched by using different methods and techniques (fishbone, brainstorming, concept map, SWOT analysis, drawings). With robotic coding, students can learn mathematical modeling, analytical thinking, creative thinking, divergent thinking, etc. skills development has been provided. Our pre-service teachers carried out the steps of a project and project effectively. It has been ensured that original products are created with very economic conditions. Pre-service teachers believe that they have an effective project process with project definition, project objectives/targets, resource usage table, project cost account, time management table, project task distribution chart, weekly activity report, STEM and engineering design cycle, result report, project source code titles. In interviews with candidates, they stated that they can use this and similar work in their professional lives. In addition to these, it is stated in the literature that robotic applications contribute to conceptual learning (Chambers, Carbonaro, & Murray, 2008), and their use in education increases interest in STEM fields (Eguchi, 2016). They said that there was a change in their perspective on daily life problems. There has been a change in the prospective teachers' perspectives on engineering and technology. There were those who wanted to get a second university education in engineering departments. It has been found to provide an increase in interest in STEM careers. This situation is stated in the literature; It coincides with the statements that STEM project-based learning activities significantly change students' attitudes towards engineering (Tseng, Chang, Lou, & Chen, 2013), and increase their STEM interest and motivation and interest in their careers about STEM fields (Mohr - Schroeder et al., 2014). Some groups in the study applied to us

with different ideas such as combining their projects among themselves and made a request for the second phase of the lesson. They came up with very different ideas during the rethink phase of the STEM cycle. There were noticeable increases in the pre-service teachers' self-confidence, self-regulation, metacognition, reflective thinking, working habits, interests and attitudes. As a matter of fact, Connors-Kellgren, Parker, Blustein, and Barnett (2016) in STEM education projects; He states that he has made progress in creativity, experimentation and social responsibility, expert workforce development and supporting STEM initiatives. Cavas et al. (2012) also stated that robotics-based STEM project activities positively affect their perceptions of scientific process use, scientific creativity, and robotics. They have been made to establish connections with each of the STEM disciplines. Candidates have used many of the scientific process skills and 21st century skills in the phases of their projects. Bakırcı and Mixan (2017) state that students taking part in STEM activities develop positive thoughts about science, mathematics, engineering and 21st skills. In addition to the 48-hour formal process, the students carried out their projects by holding meetings outside the school. In these studies, they also used the computer laboratories of our school. Students from two different departments have improved their ability to know each other and to work together. The benefits we observed in the research process, in the literature; Project-based STEM activities increase academic success in students (Aygen, 2018; Yildirim & Altun, 2015; Özcan & Koca, 2019), significantly increase mathematics achievement and STEM awareness, and improve candidates' problem solving and 21st century skills (Özçakır Sümen, 2018) It coincides with the findings that it causes a positive change in their attitudes towards STEM (Evans, 2015).