



FeTeMM Eğitim Yaklaşımının Öğretmen Eğitiminde Uygulanmasına Yönelik Bir Öneri: Tasarım Temelli Fen Eğitimi¹

A Proposal of the STEM Education for Teacher Training: Design Based Science Education

Esra BOZKURT ALTAN², Havva YAMAK³, Esmâ BULUŞ KIRIKKAYA⁴

Öz: Bu çalışmada FeTeMM eğitim yaklaşımını fen sınıflarına yansıtabilmek amacıyla önerilen *Tasarım Temelli Fen Eğitimi* ile planlanan bir sürecin hizmet öncesi fen öğretmenlerinin eğitiminde uygulanması ve öğretmen adaylarının sürece yönelik değerlendirmelerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Durum çalışması desenindeki araştırmanın çalışma grubunu amaçlı örneklem seçme yöntemi ile belirlenen 6 fen bilimleri öğretmen adayı oluşturmaktadır. Tasarım temelli fen eğitimi uygulamalarının ortasında ve sonunda olmak üzere iki kez gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanan veriler, içerik analizi, betimsel analiz ve sürekli karşılaştırmalı analiz teknikleri bir arada kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmada öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin en güçlü yönlerini yaparak öğrenmeyi sağlaması, büyük tasarım görevi hedefinin motive edici olması, kalıcı öğrenmeyi sağlaması ve sorgulamaya dayalı olması gibi özellikleriyle değerlendirdikleri tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: FeTeMM eğitimi, tasarım temelli fen eğitimi, fen bilgisi öğretmen adayları

Abstract: This study primarily aims to investigate the pre-service science teachers' assessment on Design Based Science Education process. Thus, in order to reflect the Approach of the STEM education in science class Design Based Science Education implementation is conducted for pre-service science teachers. The "single embedded case study design" which is one of the case study patterns, used in this research. The study group is determined according to the intentional sample selection method which constitutes of 6 pre-service science teachers. The research data which were collected in the middle and at the end of the design based learning process, were carried out twice with the semi-structured interviews. Content analysis, descriptive analysis and, constant comparative analysis were performed together for data analysis. In the research, it is found that pre-service science teachers assess the most powerful dimensions of this process as; it enhances the learning by doing, the goal of major design task is motivating, it leads permanent learning, and it is based on questioning.

Keywords: STEM, design-based learning, pre-service science teachers.

1. GİRİŞ

Bir zamanlar bilim kurgu filmlerinde izlediğimiz genetik kopyalama, yapay zekaya sahip robotlar, insansız uçaklar, mikroçipler ve dahasının bilim ve teknoloji dünyasında gerçeklik kazandığı yüzyılımızda, bugün ise yıldızlararası yolculuk ve insan beyninin tamamının kullanımını konu eden bilim kurgu filmlerini hayretle karşılıyoruz. Ancak biliyoruz ki bir zamanlar izlediklerimiz gibi, onların da günün birinde gerçekleşme payı oldukça yüksek... Bilim ve teknolojiye bu hızlı ilerlemenin takipçisi olmanın ötesinde, bilim ve teknoloji dünyasında var olmak için hem günümüzde hem gelecekte en etkili anahtar role sahip disiplinler fen, teknoloji, mühendislik ve matematiktir (National Research Council [NRC], 2012).

Yaşadığımız yüzyılda genel olarak her alandaki gelişmeler hızlanmış olmakla birlikte özellikle, fen, teknoloji, mühendislik ve matematikteki gelişmeler neredeyse modern hayatın her alanını etkilemekte ve insanlığın mevcut ve gelecekteki en acil sorunlarına çözüm için anahtar rol

¹ Bu çalışma birinci yazarın doktora tezinin bir bölümünü kapsamaktadır.

² Yrd. Doç. Dr., Sinop Üniversitesi, esrabozkurt@sinop.edu.tr

³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, havva@gazi.edu.tr

⁴ Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, bulus@kocaeli.edu.tr

oyunmaktadır (Brophy, Klein, Portsmore, & Rogers, 2008; NRC, 2012; Next Generations Science Standards [NGSS], 2013). Giderek küreselleşen Dünya’da karşılaştığımız sorunların birçoğunu çözmek için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi birçok alanın entegrasyonunu gerektirmesi (Moore, et al., 2014) bu durumun doğal bir yansımasıdır. Bilim ve teknolojideki gelişmeler, bilim ve teknoloji dünyasında var olmanın yanı sıra, mühendislerden, teknisyenlere ve işçilere kadar istihdamı, ürünün alıcısı olan pazarda edindiği yer itibarıyla da ülkelerin ekonomik kalkınmalarını büyük oranda etkileyici unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda yapılan reform çalışmalarının, **fen (Science)**, **teknoloji (Technology)**, **mühendislik (Engineering)** ve **matematik (Mathematics)** disiplinlerinin entegrasyonunu (STEM-FeTeMM (Kısaltma; Çorlu, Adıgüzel, Ayar, Çorlu ve Özel, 2012) tarafından önerilmiştir) benimseyen anlayış ile şekillenmesi ([National Academy of Engineering [NAE], 2010; NAE ve NRC, 2009) bu alanlara verilen önemin dikkate değer bir göstergesi niteliğindedir. Zira söz konusu anlayış ülkelerin eğitim politikalarında da yansımaları bulmuştur. FeTeMM eğitimi son birkaç yıldır Amerika Birleşik Devletleri’nin ulusal eğitim politikası olarak benimsenmiş durumdadır ki, 2010 yılında yayınlanan Hazırlık ve Uyanış: Amerika’nın Geleceği için Anaokulundan Onikinci Sınıfa Kadar Eğitimde Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik [Prepare and Inspire: K-12 Education in Science Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) for America’s Future] adlı raporda, ulusun geleceğinin bugün FeTeMM alanlarında yetişmiş iyi bir nesile bağlı olduğu vurgulanmaktadır (President’s Council of Advisors on Science and Technology [PCAST], 2010). Benzer şekilde “Fen, Teknoloji, İnovasyon ve Sürdürülebilir Ekonomik Kalkınma Üzerine Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği Zirvesi” 2010 – 2012 yılına ait sonuç raporunda Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkelerinde FeTeMM eğitime verilen önemin artması gerektiği yönünde karar alınmış olması FeTeMM eğitiminin ulusal politikalara yansıdığını gösteren bir durum olmuştur. Zira ülkemizde oldukça saygın bir konumda bulunan Türk Sanayici ve İşadamları Derneği (TÜSİAD), FeTeMM eğitiminin önemi ve FeTeMM işgücüne duyulan ihtiyacı ele alan FeTeMM Zirvesi düzenlemiştir. İş dünyasının ve üniversitelerin konuya bakış açılarını değerlendirmenin amaçlandığı zirvede, hem okul içi hem okul dışı aktivitelerle ilkokuldan yükseköğrenime kadar her kademe için FeTeMM eğitime olan ihtiyaca dikkat çekiliyor olması iş dünyasının bu alanlarda nitelikli insan gücüne duyduğu ihtiyacın dikkate değer göstergesidir. Çorlu ve ark. (2012)’nin de belirttiği gibi FeTeMM eğitimi, inovasyon kabiliyetine sahip bir nesil yetiştirmek amacı güden reformların merkezinde yer almaktadır, bu doğrultuda bu yaklaşımın kapsam, teori ve pratiği, okul ve üniversite düzeyinde irdelenmelidir.

1.1. FeTeMM Eğitim Yaklaşımı ve Uygulanabilirliği

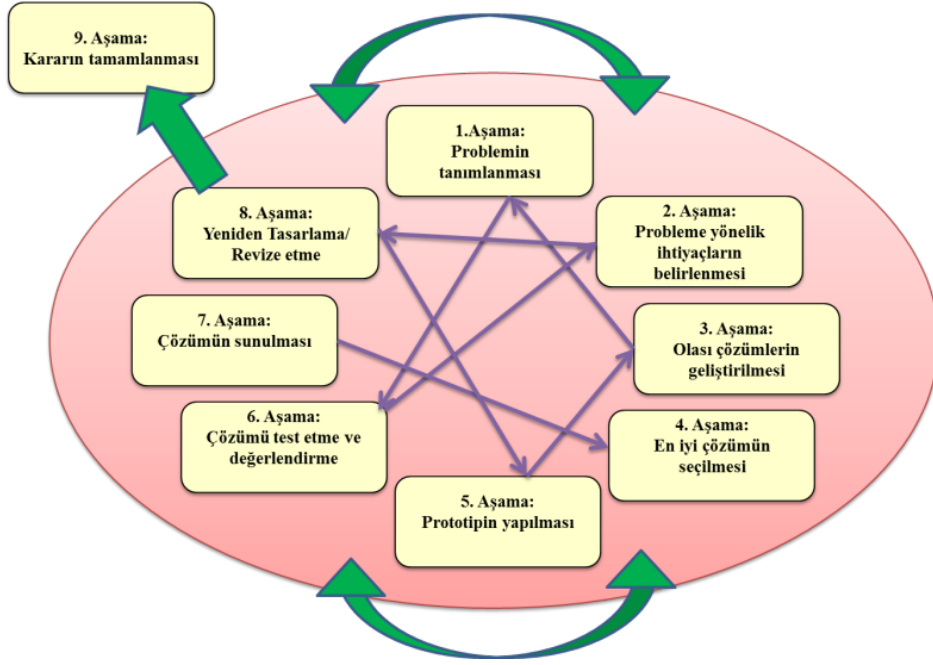
Disiplinlerin entegrasyonunu temel alan FeTeMM eğitiminin amacı disiplinler arasında ilişki kurarak öğrenmenin öğrenenler için ilişkili, odaklı, anlamlı ve amaca uygun bütüncül yaklaşım ile gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Smith ve Karr-Kidwell, 2000). Zira 21. yüzyılda öğrencilerin karşılarına çıkan durumlar FeTeMM disiplinlerini içeren karmaşık problemler hakkında düşünmeyi gerektirmektedir, başka bir deyişle, kendi aralarında ayrılarak izole olmamışlardır (Moore et al., 2014) ve farklı disiplinlere ait bilgi ve becerilerin bir arada kullanılmasını gerektirmektedir (NAE & NRC, 2009; Wang, 2012). Genel olarak FeTeMM eğitimi, bir ünite ya da dersi gerçek yaşam problemi ve içerik arasında ilişki kurarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini kaynaştırmaya çaba harcamaktadır. Bu bağlamda FeTeMM eğitimi için en uygun model FeTeMM disiplinlerinin tamamının vurgulandığı entegre programlardır. Ancak, eğitimle ilgili mevcut unsurlarda (okul, öğretmen, müfredat, ölçme-değerlendirme yaklaşımları, öğretmen yetiştirme programları vb.) yeniden yapılandırmayı gerekli kılması, son yıllarda eğitim reformu hareketleri içerisinde merkezi konuma sahip olan FeTeMM eğitiminin, uygulanabilirliği önünde büyük bir engel olarak durmaktadır. Zira FeTeMM disiplinlerinden sadece matematik ve fenin öğretim programlarında ayrı ayrı dersler olarak yer

alıyor olması (NAE, 2010) bu engellerden biridir. Nitekim teknoloji ve mühendislik disiplinleri öğretim programlarında ayrı olarak yer alıyor olsaydı dahi, FeTeMM eğitim yaklaşımı disiplinleri ayrı ayrı ele almanın ötesinde birbiri ile ilişkilendirilmesini esas almaktadır (Ercan, 2014). Mevcut unsurların tamamının yapılandırılmasının uzun soluklu olacağı gerekçesiyle FeTeMM eğitimini gerçekleştirmenin yolları olarak çeşitli yaklaşımlar benimsenmiştir (Bybee, 2000; Dugger, 2010; Sanders, 2009). FeTeMM disiplinlerinden birinin içerisine diğer FeTeMM disiplinlerinin dahil edilmesi bu yaklaşımlardan biridir. Fen dersi bağlamında gerçekleştirilecek matematik, mühendislik ve teknoloji entegrasyonu bu yaklaşıma örnek olarak verilebilir (Dugger, 2010). Bybee (2000) bu yaklaşıma uygun olarak K-12 düzeyinde öğretim programlarında yer alan fen ve matematik dersleri kapsamına diğer FeTeMM disiplinlerinin entegre edilmesini en uygun yol olarak ifade etmektedir. Bu düşünce 2013 yılında ABD'de 26 eyaletin işbirliği ile yayınlanan NGSS (Next Generation Science Standarts) adlı yeni fen eğitimi standartlarında ve bu standartlar için temel oluşturması amacıyla NRC (2012) tarafından yayınlanan "K-12 için Fen Eğitimi Çerçevesi: Uygulamalar, Kesişen Kavramlar ve Temel Konular" adlı raporda yansımaları bulunmuştur. Bu raporlar çerçevesinde fen eğitiminin, mühendislik ve teknoloji disiplinlerinin entegrasyonunun sağlandığı bir bağlamda gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir (Pratt, 2012). Bu yaklaşımda FeTeMM disiplinlerinin entegrasyonu *mühendislik tasarım problemleri* çerçevesinde gerçekleştirilmektedir (Daugherty, 2012; Roth, 2001; Strong, 2013; Wendell, 2008).

1.2. Mühendislik Tasarım Süreci

Amerika Birleşik Devletleri'nde Ulusal Eğitim Programlarını Değerlendirme Komisyonu NAEP [National Assessment of Educational Progress, 2014, s.1-6] tarafından hazırlanan fen ve mühendislik okuryazarlığı çerçevesinde mühendislik, "insan yapımı dünyanın tasarlanması süreci" olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu süreç tipik olarak ihtiyaç ve isteklerin tanımlanması ile başlar, mühendisler kısıtlamaları tanımlarlar, sistemlerin özelliklerini analiz ederler ve çözümler üretmek için planlar tasarlarlar. Çözümler bilgisayar çipleri veya köprüler gibi ürün formunda olabileceği gibi montaj hatları veya trafik kontrolleri gibi gelişmiş süreçler formunda da olabilirler. Mühendislik tasarım süreci; temel mühendislik bilgi ve becerileri ile fen ve matematik prensiplerinin kullanımını gerekli kıldığı için FeTeMM disiplinlerinin entegrasyonunu doğal olarak sağlamaktadır (Cantrell, Pekcan, Itani, & Velasquez-Bryant, 2006; Householder ve Hailey, 2012; NAE ve NRC, 2009). Problemin tanımlanması ile başlayan, olası çözümlerin geliştirilmesi, en iyi çözümün seçilmesi, seçilen çözüme yönelik prototip yapımı, çözümün test edilmesi ve gerekiyorsa yeniden revize edilmesi (Hynes et al., 2011) gibi aşamaları içeren mühendislik tasarım süreci doğası gereği mühendislik fen, teknoloji ve matematik alanlarını birleştirici niteliğe sahiptir (Felix, 2010; NAE ve NRC, 2009).

Mühendislik tasarım sürecinin, diğer FeTeMM alanlarını birleştirici niteliğinin daha iyi anlaşılabilmesi için sürecin aşamalarından bahsedilmesi faydalı olacaktır. Hynes ve diğerleri (2011, s. 9) tarafından açıklanan mühendislik tasarım sürecine yönelik döngü Şekil 1'de sunulmuştur.



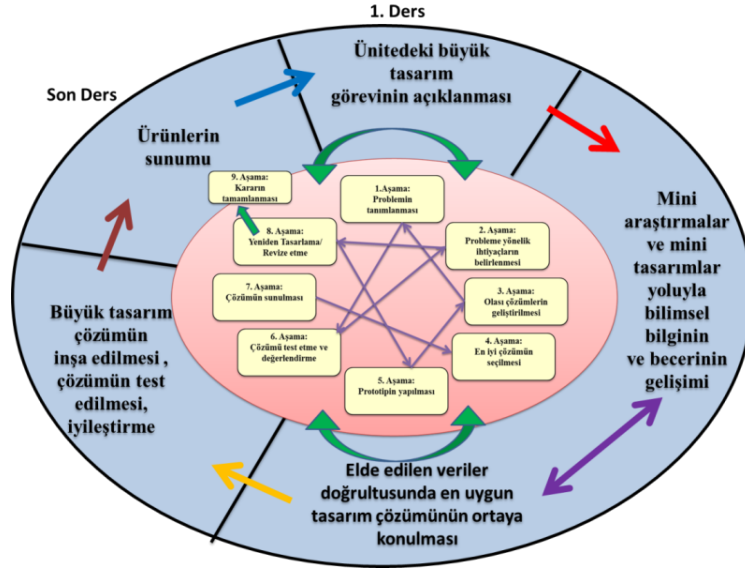
Şekil 1. Mühendislik tasarım süreci (Hynes et al., 2011, s.9)

Hynes ve diğerleri (2011, s.9) tarafından şematize edilen döngü, problemin tanımlanması aşaması ile başlamakta ve kararın tamamlanması ile son bulmaktadır. Şekilde, aşamalar arasında yer alan oklar aşamaların her birinde hangi aşamaya geri dönebileceğini ifade etmektedir. Zira mühendislik tasarım süreci tek yönde ilerleyen bir döngü değildir. Örneğin, olası çözümlerin geliştirildiği üçüncü aşamada problemin tanımlanmasına geri dönebilir.

Alan yazınında fen öğretiminde mühendisliğin entegrasyonuna dayanan çeşitli yaklaşımlar yer almakla birlikte fen eğitimi için bir bağlam olarak mühendislik tasarım problemlerini ele alan bu yaklaşımlar ilgili literatürde “Tasarım Temelli Fen Eğitimi” (TTFE) olarak yer almaktadır.

1.3. Tasarım Temelli Fen Eğitimi

Barnett ve diğerleri (2008) ve Wendell, ve ark. (2010) lego materyalleriyle mühendislik tasarım etkinlikleri önerdikleri araştırmalarında tasarım temelli bir derste mühendislerin izledikleri tasarım döngüsü ve bu döngünün bir ünite planı sürecinde nasıl yürütüleceğini modellemişlerdir (Bkz. Şekil 2). Wendell, ve ark. (2010) tarafından önerilen modelin ortasında mühendislik tasarım süreci etrafında ise mühendislik tasarım süreci ekseninde yapılandırılacak fen dersinin süreci sunulmuştur. Zira ortada yer alan mühendislik tasarım süreci döngüsü ilk ve ortaokul düzeyinde kullanılmak üzere 5 aşamalı sunulmuştur. Bu araştırmanın çalışma grubu bağlamında mühendislik tasarım sürecinin daha detaylı ele alınması uygun görüldüğü için Hynes, ve ark.’nin (2011) mühendislik tasarım sürecine ilişkin 9 aşamalı döngüsü kullanılarak Şekil 2’deki gibi uyarlanmıştır.



Şekil 2. Mühendislik tasarım süreci basamakları ekseninde yapılandırılan fen eğitimi (Wendell, et al., 2010; Hynes et al., 2011; Ercan, 2013).

Şekil 2’de bahsedilen bu süreç hem “Bir mühendis nasıl tasarım yapar?” hem de “Bir mühendisin tasarım süreci fen dersine nasıl uyarlanabilir?” sorularının cevabı olarak düşünülebilir. Şeklin ortasında yer alan döngü bir mühendisin nasıl tasarım yaptığı ile ilgilidir (Hynes et al., 2011). Bir ünite boyunca bu döngünün derse nasıl uyarlanacağı ise merkezin etrafındaki döngüde anlatılmaktadır. Süreç, birinci ders, üniteye büyük tasarım görevinin açıklanması ile başlar. Bu aşamanın mühendislik tasarım sürecinde problemin belirlenmesine karşılık geldiği söylenebilir. Bir sonraki aşamada öğrenciler büyük tasarım görevini gerçekleştirmek için bazı bilgi ve becerilere ihtiyaç duyacaklardır. Bu doğrultuda büyük tasarım görevine başlamadan önce mini araştırma ya da mini tasarımlar yoluyla gerekli bilgi ve becerileri edinmeleri planlanır. Mini araştırmalar ve mini tasarımlar yoluyla öğrencilerin büyük tasarım görevi için gerekli bilgi ve becerilere sahip olmasıyla, büyük tasarıma yönelik öneriler geliştirilerek, büyük tasarım görevinden beklenen duruma göre en uygun olanını belirleyecekleri bu aşama, mühendislik tasarım sürecindeki olası çözümlerin araştırılması ve en uygun çözümün seçilmesi olarak düşünülebilir. Ardından öğrenciler büyük tasarım görevi için önerdikleri ve en uygun olduğunu düşündükleri çözüm için bir prototip oluşturacaktır, bu aşama ise mühendislik tasarım sürecinde prototipin yapılmasına denk gelmektedir. Bir sonraki aşamada öğrenciler tasarım çözümlerine yönelik prototiplerini test edecek ve eksiklikler doğrultusunda geliştirecek ya da tekrar tasarlayarak, tasarımlarını paylaşacaklardır, bu aşama mühendislik tasarım sürecinin son aşaması olan prototipin test edilmesi aşaması olarak düşünülebilir.

TTFE ile dersi yürütecek bir öğretmen öncelikle öğrencilere kazandırılması hedeflenen 8-10 kazanım seçerek, bu kazanımları kapsayan bir büyük tasarım görevi belirlemeli, öğrencilerin büyük tasarım görevini gerçekleştirebilmeleri için gerekli bilgi ve becerileri içeren etkinlikler planlamalı, öğrencilerin büyük tasarım görevine yönelik prototipleri oluşturmaları ve test etmeleri için ortam hazırlamalıdır.

1.4. Öğretmen Eğitimi ve TTFE

Öğretmenlerin FeTeMM eğitimini fen sınıflarına taşıyabilmeleri için hizmet öncesi eğitimin önemi aşırıdır. NRC (2012) raporunda fen öğretmenlerinin fen-teknoloji-mühendislik bütünleştirilebilmesini sağlayabilmesi için mesleki gelişimlerine yönelik ihtiyacını gidermede,

öğretmenler ve eğitimcilere zamanında bilgi sağlama araştırmaları yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Marulcu ve Sungur'un (2012) da belirttiği gibi 12 yıllık eğitime mühendisliğin dahil edilebilmesi için öğretmenlerin hizmet öncesi algıları önemlidir.

Alan yazınında hizmet içi öğretmenler (Apedoe, Reynold, Ellefson, & Schunn 2008; Capobianco, 2011; Capobianco, 2013; Cuijck, Keulen, & Jochems, 2009; Felix, 2010) ile gerçekleştirilen araştırmalarda öğretmenlerin yöntem olarak tasarım temelli fen eğitimine yönelik olumlu görüşlere sahip olduklarını görülmektedir. Öğretmenler ile gerçekleştirilen çalışmaların öğretmenlerin tasarım temelli fen ünitesi deneyimledikten ya da hizmet içi eğitim sonrası yaptıkları değerlendirmelerdir. Öğretmenlerin deneyimledikleri süreçleri değerlendirmiş olmaları tasarım temelli fen eğitimini fen sınıflarına yansıtmak konusunda aydınlatıcı nitelik taşımaktadır. Sungur Gül ve Marulcu (2014) hizmet öncesi öğretmenler ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında öğretmen ve öğretmen adaylarından oluşan iki gruba seminer düzenlemiş seminerin başında ve sonunda her iki gruba da mühendislik tasarım ve legolarla ilgili anket uygulanmıştır. Araştırma sonucunda ayrıca öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik hakkında az çok bilgi sahibi olduklarını ancak fen eğitiminde yöntem olarak mühendislik tasarım ve ders materyali olarak legoları kullanacak düzeyde bilgi sahibi olmadıkları tespit edilmiştir.

Marulcu ve Sungur (2012) fen dersi öğretim programının mühendislik becerilerinin öğretimini de içerecek şekilde yeniden düzenlenmesi gerektiğini ve buna bağlı olarak eğitim fakültelerinin fen öğretmeni yetiştiren programlarında da mühendislik sürecinin öğretilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Öğretmenlerin mühendislik uygulamalarını fen sınıflarına taşıyabilmeleri için bilimsel araştırmalar ve teknolojik buluşların yapısı, sınıfta günlük materyallerin kullanılması, tasarım geliştirme süreçlerinin günlük yaşam ile ilişkilendirilmesi ve laboratuvarda yapılan deneyleri mühendislik tasarım süreci ile birleştirebilme gibi özelliklere sahip olmaları gerekmektedir (NRC, 2012). Başka bir ifadeyle öğretmen adaylarının mühendislik sürecini bir öğretim yöntemi olarak kullanabilmeleri için öncelikle kendilerinin bu süreci deneyimlemiş olmaları gerekmektedir. Bu bağlamda fen ve mühendislik uygulamaları ilişkisinin hizmet öncesi fen eğitimine yansıtılabilmesi için lisans programlarındaki fen öğretim laboratuvar uygulamaları düşünüldüğünde, bilimsel araştırma/deney yapma sürecinde gözlem yapma, veri toplama, değişkenleri kontrol etme gibi bilimsel süreç becerileri kazanılırken mühendislik tasarımı geliştirme sürecinde analiz yapmak için veri toplama, tasarımların çeşitli durumlara göre değerlendirilmesi gibi becerilerin geliştirilebileceği düşünülebilir.

1.5. Tasarım Temelli Fen Eğitimi ve Laboratuvar Yaklaşımları

Laboratuvarların verimliliğini artırmak ve anlamlı öğrenmeyi sağlamak üzere çeşitli laboratuvar yaklaşımları önerilmiştir. Bu laboratuvar yaklaşımları şöyle sıralanabilir: Tümdengelim (Doğrulama), Tümevarım, Bilimsel Süreç Becerileri, Teknik Beceriler ve Araştırmaya Dayalı Laboratuvar Yaklaşımı (Ayas, 2006; Bozkurt, Orhan, & Ay, 2012). Bilimsel yöntem ve mühendislik tasarım yaklaşımı bağlamında laboratuvarda kullanılan yaklaşımlar arasındaki ilişkiyi değerlendiren ve öğretmenlere öneriler sunan Harkema, Jadrich ve Bruxvoort (2009) çalışmalarına kısaca değinmenin yukarıda açıklanan laboratuvar yaklaşımları ile mühendislik tasarım süreci arasındaki ilişkinin açıklanmasında önemli olacağı düşünülmüştür.

Harkema ve diğerleri (2009) lise fen sınıflarında gerçekleştirilen deneyleri “bilimsel model” ve “mühendislik modeli” olarak sınıflandırarak, fen laboratuvarı derslerinde bu iki yöntemin nasıl dağılması gerektiğini tartışmaktadır. Bilimsel deneyleri, doğadaki nedensel mekanizmaları bulmayı ve anlamayı amaçlayan neden-sonuç sınamaları olarak tanımlayan ve bunu “bilimsel model” olarak ifade eden Harkema ve diğerleri (2009), bu tarz deneylerde “reaksiyon oranlarını neler etkiler?”, “serbest düşüş hareketi kütleyle bağlı mıdır?” gibi soruların önemli olduğunu vurgular. “Mühendislik modeli” olarak tanımladıkları modelde ise, öğrencilerin “yakıtı su ve köpüren tablet olan ve mümkün olan en yüksek noktaya çıkacak olan bir roket tasarımlarını” örnek vermişlerdir. “Mühendislik modeli” yaklaşımında istenilen sonuçların

ortaya çıkması için değişkenlerin manipüle edildiği, doğrulayıcı yaklaşıma uygun gibi görüldüğü vurgulanır. Fen derslerinde bu iki yaklaşımdan sadece “bilimsel model” ya da sadece “mühendislik modeli”nin kullanımını eleştiren Harkema ve diğerleri (2009) günlük hayatta fen ve mühendisliğin bir arada olduğunu, dolayısıyla laboratuvar uygulamalarında da bu iki yaklaşımın harmanlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Laboratuvar etkinliklerinde temel amaç olarak bilimsel deneylerin doğasının öğretiminin ön planda olması gerekmektedir, ancak eş zamanlı mühendislik modellerinin kullanımı öğrencilerin derse ilgisini çekecek ve model oluştururken daha kalıcı öğrenmelerine katkı sağlayabilecektir. Nitekim öğrenciler önce probleme yönelik değişkenlerin sonucu nasıl etkilediğine yönelik bilimsel modelleri kullanarak gerekli bilgi ve becerileri edindikten sonra mühendislik modeller geliştirebilirler. Harkema ve diğerlerinin (2009) bu önerisini destekler biçimde, Wendell ve diğerleri (2010) de mühendislik tasarım süreci ekseninde gerçekleştirilen fen dersi için önerdiği modelde, üniteye yönelik büyük tasarım görevinin açıklanmasından sonra, mini araştırmalar ve uygulamalar yoluyla bilimsel bilginin ve becerinin gelişimi aşamasına yer vermiştir. Wendell ve diğerlerinin (2010) mini araştırma ve uygulamalar yoluyla bilimsel bilgi ve becerinin gelişimini sağlamayı önerdikleri aşama bilimsel araştırma-sorgulama ile tasarım sürecinin iç içe olduğunu göstermektedir. Mühendislik tasarımları fen içerik bilgisi olmadan deneme yanılma yöntemiyle de gerçekleştirilebilir (Cotton, 2002). Ancak deneme yanılma ile tasarım geliştirmek nadir bir durumdur (NRC, 2012). Bu da bilimsel araştırma-sorgulamanın mühendislik tasarım yaklaşımı ile harmanlanmasına işaret etmektedir.

Mühendislik modelinin laboratuvarında kullanımı ve laboratuvar yaklaşımları doğrultusunda bu araştırmada TTFE yaklaşımı ile yürütülen Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları derslerinin, *araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımının* esaslarına uygun olduğu söylenebilir. Nitekim derse büyük tasarım görevinin açıklanarak başlanması, başka bir deyişle sürecin başında öğrencilerin görevinin belli olması akıllara *doğrulayıcı laboratuvar yaklaşımını* getirmektedir. Ancak, dersin başında tasarım görevi belli olan öğrenciler, bu tasarımı nasıl yapacakları ile ilgili yapılandırılmış bir süreç, başka bir deyişle tüm aşamaların sırasıyla verildiği bir föy ile karşılaşmamışlardır. Büyük tasarım görevi sürecin başında açıklanan ve ulaşılabilecek bir hedef gibi düşünülebilir. Ancak bu hedef birden fazla araştırma problemini içerir. Başka bir deyişle öğrencilerin hedefe ulaşmak için birçok bilgi ve beceri geliştirmeleri gereklidir. Bu bilgi ve becerileri geliştirirken izlenecek yol yarı yapılandırılmıştır. Nitekim mini araştırma uygulamaları içerisinde cevap aranması gereken bir dizi soru bulunmaktadır, ancak öğrenciler araştırma uygulamalarını gerçekleştirme sürecinde araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımındaki gibi araştırma-sorgulama-keşfetme süreci içinde olmuşlardır. TTFE'nin dayandığı temel yaklaşım, yerleşik öğrenmedir (situated learning) (Wendell, 2008). Yapılandırmacı kurama uygun bir öğretimsel çerçeve oluşturabilmek için geliştirilen stratejilerden biri olan *yerleşik öğrenmeye* göre bilgi kişiye ait değildir, içinde bulunulan kültür ve duruma göre anlam kazanır (Johansen, 1991). Bu nedenle öğrenmede büyük önem taşıyan *bağlam*, anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için önem kazanmaktadır (Jonansen, 1991). Zira öğrenilecek bilgi ve becerilerin içinde yer aldıkları sosyal ve fiziksel bağlamda kullanılmaları gerekmektedir (Brown, Collins, & Duguid, 1989). Bu doğrultuda okuldaki öğrenme ortamlarında öğrenmenin gerçek yaşam ile ilişki kurularak sağlanması, öğrencilere öğrendiklerini çeşitli ortamlarda paylaşma fırsatı verilmesi gerektiği düşünülmür (Jonansen, 1991; Herrington & Oliver, 1995). Yerleşik öğrenme kuramında belirtildiği gibi mühendislik tasarım problemleri fen eğitimini gerçekleştirmek için bir gerçek yaşam bağlamı olarak düşünülebilir. Gerçek yaşam ile ilişkili bir mühendislik tasarım problemi ile karşı karşıya kalan öğrenciler probleme çözüm getirme sürecinde, akranlarıyla iletişim halinde fen ile ilgili temel kavram ve becerileri edinirler, böylece öğrendikleri kavramların gerçek yaşam durumları içindeki yerine aşına olurlar (Wendell, 2008).

Yukarıda detaylıca ele alınan FeTeMM eğitimine verilen önem ve FeTeMM eğitimini fen sınıflarına yansıtabilmenin bir yolu olarak TTFE'nin teorik alt yapısı bağlamında bu araştırmada fen bilgisi öğretmenliği lisans programında yer alan Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I

dersinin TTFE ile yürütülmesi sürecine yönelik öğretmen adaylarının değerlendirmelerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Modeli

Nitel araştırma metodolojisi ile yürütülen araştırma “durum çalışması” desenindedir. Marshall ve Rossman (2006) durum çalışmasının bir programın değerlendirilmesi ya da bir olaya derinlemesine ve detaylı odaklanılan araştırmalarda kullanıldığını vurgulamaktadır. Merriam (2013) ve Shaughnessy, Zechmeister ve Zechmeister (2006) ise durum çalışmasını tanımlarken sınırlı bir sistemi derinlemesine betimleme ve analiz etmeye işaret etmektedirler. Bu araştırmada durum çalışması desenlerinden “iç içe geçmiş tek durum” deseni kullanılmıştır. Araştırmada incelenen durum, öğretmen adaylarının TTFE’ye yönelik değerlendirmeleridir. Analiz birimi ise, öğretmen adaylarıdır. Öğretmen adaylarının TTFE’ye yönelik değerlendirmeler, her bir öğretmen adayı [analiz birimi] bağlamında incelenmiş ve analiz birimleri birbiriyle karşılaştırılmıştır.

2.2. Çalışma Grubu

TTFE ile yürütülen Fen Bilgisi Öğretim Laboratuvarı dersi, iki ayrı şubedeki toplam 36 öğretmen adayı ile yürütülmüştür. Bu araştırmanın çalışma grubunu oluşturan katılımcılar 36 öğretmen adayı içerisinde seçilen 6 öğretmen adaydır. Çalışma grubu, cinsiyet, mezun oldukları lise türü, tercih sırası, tercihlerinde mühendisliğin yer alma durumu ve öğrenim hayatları boyunca tasarım gerçekleştirme durumu açısından maksimum çeşitliliği sağlayacak biçimde belirlenmeye çalışılmıştır. Katılımcıların her birine kod adı verilmiştir. Kod adları, *Doğa, Güneş, Toprak, Deniz, Kaya* ve *Nehir*’dir. Katılımcı öğretmen adaylarına yönelik bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Araştırmanın çalışma grubunu oluşturan katılımcılara ilişkin bilgiler

Öğretmen adayı kodları	Cinsiyet	Mezun olunan lise türü	Tercih sırası	Tercihlerinde mühendisliğin yer alma durumu	Öğrenim hayatları boyunca tasarım gerçekleştirme durumu
Doğa	Kadın	Açık lise	İlk 5 tercih	Hayır	Evet
Güneş	Kadın	Meslek lisesi	11-15. tercih	Hayır	Evet
Toprak	Erkek	Düz lise	İlk 5 tercih	Evet	Hayır
Deniz	Erkek	Teknik lise	16-21. tercih	Evet	Evet
Kaya	Erkek	Düz lise	İlk 5 tercih	Hayır	Hayır
Nehir	Kadın	Düz lise	İlk 5 tercih	Hayır	Evet

2.3. Veri Toplama Araçları

Öğretmen adaylarının Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları 1 dersi sürecinin TTFE ile yürütülmesine ilişkin değerlendirmelerinin araştırılması için 6 öğretmen adayı ile güz döneminin ortasında ve sonunda yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerin iki kez yapılmasının nedeni TTFE sürecine yönelik değerlendirmelerin derinlemesine araştırılmak istenmesidir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler araştırmacının çalışma ofisinde gerçekleştirilmiş ve katılımcıların izni alınarak kamera ile kaydedilmiştir.

Yarı yapılandırılmış görüşme formu araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Görüşme formunda yer alan sorular açık uçlu olarak hazırlanmıştır. Görüşme sorularının hazırlanmasında Glesne'nin (2013) görüşme sorusu hazırlamaya yönelik öneri ve örnekleri dikkate alınmıştır. Görüşme formunun pilot uygulaması, 1 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiş ve soruların anlaşılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Görüşme formu öncelikle 1 Türkçe Öğretmeni tarafından dil bilgisine uygunluğu bağlamında incelenmiş, ardından 1'i TTFE alanında araştırma yapan olmak 3 fen eğitimi uzmanı tarafından incelenmiştir. Uzmanlar görüşme formunu, soruların anlaşılabilirliği ve formdan elde edilecek veriler ile araştırmada cevap aranacak alt problemleri kapsama durumu bağlamında incelemişlerdir.

Görüşme formunda öğretmen adaylarının sürece yönelik değerlendirmelerini tespit etmek üzere 6 soru yer almaktadır. Sorular TTFE ile yürütülen ders sürecinin güçlü ve zayıf yönlerinin neler olduğu, varsa önerileri ve Hynes ve diğerlerinin (2011) önerdiği 9 aşamalı mühendislik tasarım sürecinin (problemin tanımlanması, ihtiyaçların belirlenmesi ile başlayıp çözümün revize edilip tamamlanması ile son bulan süreç) her bir adımının süreçteki yansımalarına yönelik değerlendirme yapılmasını kapsamaktadır.

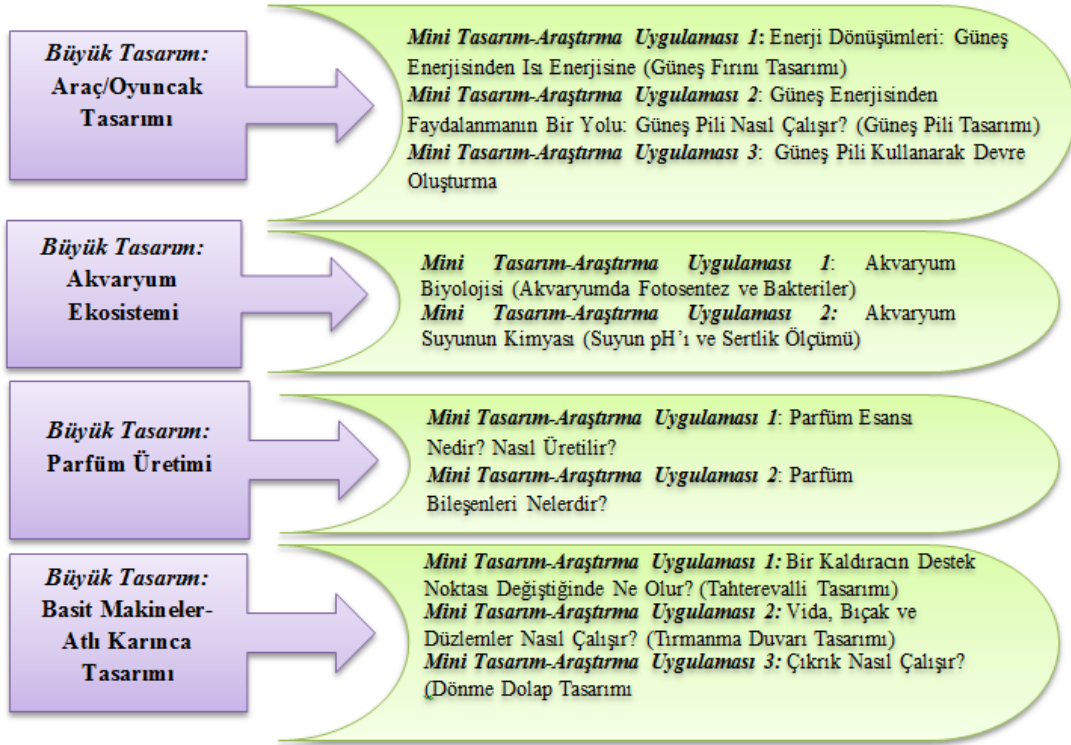
2.4. Uygulama Süreci

2013-2014 Eğitim-öğretim yılının güz döneminde Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I dersinde uygulaması gerçekleştirilen araştırmanın pilot çalışması, 2012-2013 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde, Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları II dersinde gerçekleştirilmiştir.

2012-2013 eğitim öğretim yılının bahar döneminde iki ayrı gruptaki toplam 40 öğretmen adayı ile pilot çalışma gerçekleştirilmiştir (Bozkurt, Yamak, Buluş Kırıkkaya ve Kavak, 2013). Pilot uygulama kapsamında araştırmacılar tarafından geliştirilen ve uzmanlardan gelen dönütler doğrultusunda düzeltmeleri yapılan etkinlikler bir dönem boyunca Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları II dersinde uygulanmıştır. Pilot çalışmada dersler araştırmacı tarafından yürütülmüştür, TTFE'ye yönelik çalışmaları bulunan 1 fen eğitimi uzmanı ise gözlemci olarak her derse katılmıştır. Her hafta ders sonunda öğretmen adaylarından gelen dönütler hem süreci yürüten araştırmacı hem de gözlemci araştırmacı tarafından gözlemlenmiş ve gözlem notları ile kaydedilmiştir. Söz konusu gözlemler bağlamında pilot çalışma sonrası gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Araştırmanın uygulaması 2013-2014 eğitim-öğretim yılının güz döneminde gerçekleştirilmiştir.

Wendell ve diğerleri (2010)'nin fen dersinin mühendislik tasarım temelli yürütülmesine yönelik döngüsü ile Hynes ve diğerlerinin (2011) mühendislik tasarım sürecine yönelik döngüsünün harmanlanarak uyarlandığı modele (Bkz. Şekil 2) yönelik hazırlanan 4 farklı etkinlik gerçekleştirilmiştir. Etkinlik planlarının her biri bir büyük tasarım ve öğretmen adaylarının büyük tasarım görevini gerçekleştirebilmeleri için sahip olmaları gereken bilgi ve becerileri edinmesini sağlayıcı nitelikte mini tasarım ve mini araştırmalardan oluşmaktadır. Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I dersi 4 ders saatinden oluşmaktadır ve araştırmanın uygulamaları haftada 1 gün 4 ders saati boyunca gerçekleştirilmiştir. Her bir etkinlik planı en az iki hafta ile en çok 4 hafta sürmüştür. Örneğin 4 haftalık bir etkinlik planında ilk olarak büyük tasarım görevi açıklanır, ardından son haftaya kadar mini tasarım ve mini araştırmalar gerçekleştirilir, 4. hafta ise laboratuvarında büyük tasarım görevleri yapılır.

Ders sürecinde gerçekleştirilen etkinliklerdeki büyük tasarım görevleri ve büyük tasarım görevleri ile ilgili mini tasarım ve araştırma uygulamaları Şekil 3’de sunulmaktadır.



Şekil 3. Araştırma süresince gerçekleştirilen büyük tasarım görevleri ve ilişkili mini tasarım ve araştırma uygulamaları

2.5. Verilerin Analizi

Görüşme kayıtları, bilgisayar ortamında yazıya aktarılmış, içerik analizi, betimsel analiz ve sürekli karşılaştırmalı analiz teknikleri bir arada kullanılarak, QSR NVivo 10 programı yardımıyla analiz edilmiştir. Kodların ve temaların oluşturulmasında araştırmanın kavramsal çerçevesinden yola çıkılmıştır. Temaların oluşturulmasında, analiz birimi olan her öğretmen adayının verileri sürekli karşılaştırma tekniği kullanılarak analiz edilmiş ve temalar isimlendirilerek farklı temalar arasındaki ilişki yapıları anlaşılmasına çalışılmıştır. Veri setinin kodlanması ve temaların oluşturulması için veriler araştırmacı tarafından 3 kez farklı zamanlarda okunmuş ve kodlamalar incelenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Öğretmen Adaylarının Sürecin Güçlü ve Zayıf Yönlerine İlişkin Görüşlerine Yönelik Bulgular

Öğretmen adaylarının her biriyle sürecin ortasında ve sonunda olmak üzere iki kez gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerde, daha önce deneyim yaşadıkları laboratuvar etkinlikleri ile karşılaştırarak, laboratuvarda gerçekleştirdikleri TTFE'ye yönelik uygulamaların güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmeleri istenmiştir.

Öğretmen adaylarının tamamının görüşlerine bütünsel bir bakış sağlamak amacıyla Tablo 2'de öğretmen adaylarının ilk ve son görüşmelerde sürece yönelik güçlü gördükleri hususlara ilişkin bulgular sunulmuştur. Tabloda öğretmen adaylarının güçlü gördükleri hususlarda ilk ve

son görüşme karşılaştırması yapılmamıştır zira bu araştırmada iki görüşme yapmak ile amaçlanan karşılaştırma yapmak değil derinlemesine veri toplamaktır.

Tablo 2. Öğretmen adaylarının fen öğretim laboratuvar uygulamaları I dersinde TTFE'nin güçlü yönlerine ilişkin değerlendirmelerine yönelik bulgular

Tema ve Kodlar	Doğa	Güneş	Toprak	Deniz	Kaya	Nehir	Toplam Frekans
Bilgi Öğrenme Alanı							
Mini tasarımların öğretici rolü	+				+	+	3
Kalıcı öğrenme	+	+		+	+		4
Yaparak-yaşayarak öğrenme fırsatı	+	+	+	+	+	+	6
Bilgiye ihtiyaç duyma	+	+	+			+	4
Anlamli öğrenme	+			+			2
Beceri Öğrenme Alanı							
BSB			+			+	2
Düşünme Becerileri	+	+	+	+	+	+	6
Duyuş Öğrenme Alanı							
Motivasyon							
Büyük tasarım hedefi	+	+	+	+	+	+	6
Ürün ortaya Koyma		+	+				2
Özgür laboratuvar ortamı				+			1
Sorumluluk							
Öğrenme sorumluluğu		+			+	+	3
Tutum							
Dersin keyifli olması	+	+	+			+	4
FTTÇ Öğrenme Alanı							
Fen-günlük yaşam	+				+	+	3

Tablo 2 incelendiğinde öğretmen adaylarının süreci çoğunlukla bilgi, beceri ve duyuş öğrenme alanlarına katkıları ile değerlendirdikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarının tamamı

TTFE'nin bilgi öğrenme alanına sağladığı katkıları en çok yaparak yaşayarak öğrenme fırsatı (f=6) sağlaması ile açıkladığı görülmektedir. Öğretmen adayları süreci kalıcı öğrenmeyi sağlıyor olması (f=4), bilgiye ihtiyaç duymaya olanak vermesi (f=4), mini tasarımların öğretici rolü (f=4) ve anlamlı öğrenmeyi sağlamasına (f=2) dikkat çekerek bilgi öğrenme alanına sağladığı katkıları açıklamışlardır. Öğretmen adayları TTFE ile yürütülen laboratuvar sürecini beceri öğrenme alanlarından düşünme becerileri (f=6) ve bilimsel süreç becerilerine sağladığı katkılar ile açıklamışlardır. Öğretmen adaylarının tamamı TTFE ile yürütülen laboratuvar sürecini değerlendirirken duyuş öğrenme alanlarından motivasyona vurgu yapmışlardır. Sürecin motivasyonlarını artırıcı yönlerini ifade ederken büyük tasarım hedefinin varlığına (f=6), kendi ürünlerini ortaya koyma unsuruna (f=2) ve laboratuvar ortamında özgür olmalarına (f=1) vurgu yapmışlardır. Öğretmen adayları ayrıca süreci keyifli buldukları için (f=4) derse yönelik olumlu tutum geliştirmeleri ve kendilerine öğrenme sorumluluğu (f=3) verdiği yönünde duyuş öğrenme alanına katkıları temasında değerlendirmeler yapmışlardır. Öğretmen adaylarının TTFE ile yürütülen laboratuvar sürecine yönelik değerlendirmelerinde FTTÇ öğrenme alanına katkısı niteliğinde süreci fen-günlük yaşam ilişkisini (f=3) anlamayı sağlayıcı yönüyle değerlendirmişlerdir.

Öğretmen adaylarının TTFE'nin güçlü yönlerine ilişkin değerlendirmelerine ilişkin ifadelerine yönelik örnekler şöyledir:

"...Biz almıştık mesela yapıyorduk o deneyi föyden çalışıp falan bu malzemeyi kullanıyoruz neden gibi sorgulamıyorduk, deneyi yapıyorduk herkes sandalyesini koyuyordu, çıkıyorduk. Bunda yaptığımız her şeyi daha çok sorguluyoruz... Sorgulama yapmamız diğer laboratuvarlardan daha güçlü kıldı bence." (Doğa, 1. Görüşme)

"...Mini tasarımlar yapmak bizi büyük tasarıma ve derse daha çok ısındırdı. Hep böyle mini tasarımlarda gidiyoruz ya bir doğrultumuz var büyük tasarımda daha genişliyor. Mini tasarımlar büyük tasarım için öğrenmemiz gerekenleri öğretiyor." (Doğa, 1. Görüşme)

"Tabi ki mesela fen laboratuvarında yaptığımız deneylerde sadece şunu yapacaksınız ya da şundan şunu elde edeceksiniz gibi değil de tamamen belirli bir probleme dönük olması daha etkileyici oluyor. Bir şey yaptık ama ne işe yarıyor daha önce yaptık ama körü körüne ya da asitler ve bazlarla bir sürü deneyler yaptık ya da devreler kurduk bir sürü ama ne işe yarıyor günlük yaşamda ne işe yarar gibi sorulara cevap vermiyordu ama bu derste en basit şeylerde bile bunu şurada kullanabiliriz diyoruz." (Doğa, 2. Görüşme)

"Kendi açımdan düşünürsem; bir ürün ortaya koydum arkadaşlarımla birlikte. Sonuçta ben bir motoru bir güneş piliyle bir arabayı evde kendim üretemem burada çok güçlü bir tasarım yaptık. Çalışan hareket eden bir şey yaptık. Biz hiç 3 boyutlu düşünmüyorduk. Videolar ve anlatımlarlaydı ama şimdi bir ürün koyduk ortaya ve daha iyi anlamayı sağladı bence. Sadece güneş pilinin özelliklerini biliyorduk ama güneş pili ile motorun nasıl çalıştığını ne işe yaradığını görmek bence gerçekçi ve kalıcı hale geldi." (Güneş, 1. Görüşme)

"Sizin verdiğiniz büyük tasarımdan biz içerisinde bulunan küçük tasarımları buluyoruz bu da düşünme becerisini geliştiriyor bence. Sorumluluk da veriyor. Sadece mini tasarım görevi verseydiniz ve uygulamayı bizim yapmamız daha iyi değil bence büyük tasarım olması ve bizim onun içerisinde bir şeyler öğrenip bir şeyler elde etmek o büyük tasarımı yapabilmek için araştırma ve o büyük tasarımın içinden küçük tasarımları bulmak daha eğlenceli ve kalıcı." (Güneş, 1. Görüşme)

"En başta kendimiz yapıyoruz. Yani bizim önümüze hazır bir şey konulup aa gördük demek yerine kendimiz araştırıp uyguladığımızda vakit de geniş olduğundan daha kalıcı oluyor. Bir de o anda öğreniyoruz her şeyi bence basit makine yaparken falan, mesela parfüm yaparken o anda düzeneği kurduk kendimiz ihtiyaç duyduk tasarım için. Mesela siz masanın başına geçip şöyle yapılıyor böyle yapılıyor deseydiniz bizim için kalıcı olmazdı." (Güneş, 2. Görüşme)

“Büyük tasarım görevinin olması güzel bir şey bir hedef var, bilgileri kullanarak iyi bir tasarım yapıyoruz, yapmak için bilgi öğreniyoruz gibi aslında” (Toprak, 1. Görüşme)

“... Diğer laboratuvarlarda böyle bir şey yok bilgi hazır veriliyor zaten burada bilgiye de biz ulaşıyoruz problemi de biz belirliyoruz karar veriyoruz hangisi uygun çözüm ve uygun değil onları değerlendirirken daha kapsamlı bir şekilde öğrenmeyi sağlıyor. Bence en olumlu yönü buydu. Yani daha önce laboratuvarlarda bir föyümüz vardı ne yazıyorsa yemek tarifi gibi aynısını yapıyorduk dışına çıkmıyorduk. Bu daha bizim aktif olduğumuz bir laboratuvar ortamı ve daha güzel bence yani bilmiyorum zevk alıyoruz” (Toprak, 2. Görüşme)

“...En iyi yanı sorgulama yapmamız yani bilimsel gerekçeleri önce açıklamaya çalışmamızdı, deneme yanılma yok yaparken öğreniyoruz, sorguluyoruz.” (Deniz, 1. Görüşme)

“Direk düşündüğümüzü yapmıyoruz öncelikle kriterler oluşturup tasarım çiziliyor eksik yönlerini sınırlıkları avantajları tartışıyoruz ona göre en uygununu yapıyoruz. Büyük tasarım görevinin olması bizi buna yöneltiyor. Bence bu sistemde kalıcı öğrenme oranı çok yüksek...” (Deniz, 1. Görüşme)

“Diğer laboratuvarlarda belli bir planlama yoktu. Deneyin yapılışı vardır, yemek tarifi gibi yapılır biter, planlama yoktur, şanstır. Dikkatli değilsen yapamazsın. Ama bu laboratuvarında belli bir plan program vardır. Büyük tasarım görevi bizi derse bağlıyor, teorik bilgi, planlama, kriter ve sınırlılıklar, mini tasarımlar en son büyük tasarıma tekrar geçiliyor. Bir de ne yaptığımızı biliyoruz, büyük tasarım ile ilişkilendiriyoruz.” (Deniz, 2. Görüşme)

“Kalıcı öğrenme olduğuna eminim ileride kullanılabilir. Akvaryumun büyüklüğünü içine atılan bitkiyi bakteriyi hatta suyunu bile ph'ını hesapladık bu ekosistemin neler olabileceğini ihtimallerinin farkına vardık.” (Deniz, 2. Görüşme)

“Diğer laboratuvarlar ezberci gibi, şimdi bana deneyin nasıl yapıldığını sorsanız bazı şeyleri hatırlıyorum ama deneyi şu anda yapamam. Ama sizin verdiğiniz bir şeyi geçen hafta ya da daha önceki haftalar fark etmez yapabilirim. Burada mini tasarımlar iyi oluyor, öğreniyoruz, büyük tasarımda kullanacağımız için de olabilir. Yani tabii diğerlerinin üzerinden zaman da geçti ama zaman o kadar önemli değil öğrenilen bir şey unutulmaz diye söylemişti bir hocamız, onları öğrenseydik unutmazdık zaten.” (Kaya, 1. Görüşme)

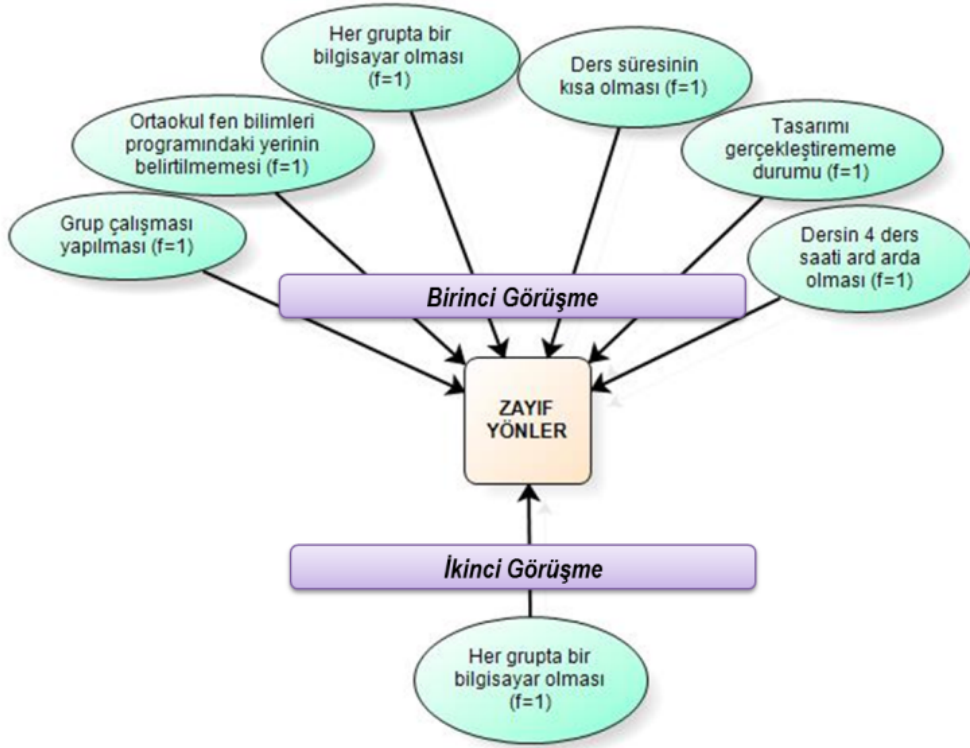
“Burada bir büyük tasarım var ve onun parçaları var parçaları birleştiriyor gibiyiz. Diğer laboratuvarlarda bir bütün oluşturamıyoruz. Şu an biz mesela büyük tasarım yapsak ilk başta mini tasarımları yapıp sonra bütüne gitmek. Büyük bir şey var onları yaparak büyüğe ulaşıyoruz bizim için daha iyi, motive edici oluyor.” (Kaya, 2. Görüşme)

“... Burada sizin yönlendirmenizle biz bir yere varıyoruz ya da ne istiyorsunuz bizden ona göre yönlendiyorduk daha önce öğrenip değil de yaparken öğreniyoruz burada yorucu olmasına rağmen iyi bir şey bu. Bu zamana kadar biz şöyle öğrendik hazıra kon, bil, geç. Yoruluyoruz falan ama eğlenceli geçiyor, kendimiz aktif olduğumuz için eğleniyoruz.” (Nehir, 1. Görüşme)

“Mesela elodea deneyini yaparken neden böyle niye gazoz kullanılıyor denildiğinde kimse bilmiyor. Sınıfta internet olması çok iyi, anında araştırabiliyoruz. Neden gazoz diye araştırdığımızda öğreniyoruz. Birçok şeyi buluyoruz tasarım yapana kadar. Çıkrığın ne olduğu vs her şeyi araştırıp tasarıma gidiyoruz. Bence çok iyi bir ders araştırıyor sonra onları sorguluyor, tasarımımıza öyle aktarıyoruz.” (Nehir, 2. Görüşme)

“Bir de burada büyük tasarım olması iyi, sadece mini tasarımlar gibi olsaydı da güçlü olmazdı. Mesela fiziği kimyası olan laboratuvarında olsa kendim bir deney tasarladım yaptım yine süreçte ben aktifim ama o orada kaldı şeklinde olsaydı, iyi olmazdı. Bu derste bir adım öteyi düşünüyoruz hep aslında bir şeyleri tasarlıyoruz ama bunları yaparken büyük adıma yani büyük tasarıma ulaşıyoruz. Büyük tasarım olmasa amaçsız olurduk, büyük tasarım bu dersi daha güçlü yapıyor.” (Nehir, 2. Görüşme)

Öğretmen adaylarının TTFE ile yürütülen *Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I* dersinin zayıf yönlerine ilişkin değerlendirmelerine yönelik bulgular Şekil 4’de sunulmuştur.



Şekil 4. Öğretmen adaylarının *Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I* dersinde TTFE'nin zayıf yönlerine ilişkin değerlendirmelerine yönelik bulgular

Şekil 4’de görüldüğü gibi yalnızca ilk görüşmede öğretmen adayları tarafından sürecin zayıf yönü olarak değerlendirilen hususlar grup çalışması yapılması (f=1), ortaokul fen bilimleri programında yapılan uygulamaların nasıl kullanılacağı ilişkisinin verilmemesi (f=1), ders süresinin kısa olması (f=1), tasarımı gerçekleştirilememesi durumunda grup üyelerinin olumsuz etkilenmesi (f=1) ve dersin dört ders saati ard arda gerçekleştiriliyor olması (f=1) olmuştur. Öğretmen adaylarının ilk görüşmede belirttikleri zayıf yönler, son görüşmede hatırlatılmış ancak öğretmen adayları belirttikleri hususları artık zayıf yön olarak görmediklerini ifade etmişlerdir. Bu durumun sebebinin süreç boyunca gerçekleştirilen uygulamaların öğretmen adaylarının görüşlerini değiştirmesine sebep olması biçiminde yorumlanabilir. Nitekim ilk görüşme gerçekleştirildiğinde bir büyük tasarım görevi tamamlanmış, bir büyük tasarım görevi içinde mini tasarım ve mini araştırma uygulamalarına giriş yapılmıştı. İlk görüşmede sürecin grup çalışması ile değil de bireysel olarak yürütülmesini ifade eden bir öğretmen adayının büyük tasarım görevleri tamamlandığında sürecin grup çalışması ile daha iyi yürütülüyor olduğunu düşünmeye başlaması kuvvetle muhtemeldir.

Öğretmen adaylarının ön ve son görüşmelerde sürecin zayıf yönlerine ilişkin yaptıkları değerlendirmelerden bazıları şöyledir:

“Süresinin uzun olması yoruyor, sıkılmıyoruz ama çıkınca çok yorulduğumuzu hissediyorum. Daha önce hiç bu kadar uzun derslerimiz olmadığı için belki de. Süre daha azaltılrsa değil de çay molası falan veriyoruz ama daha uzun aralar olabilir. Mesela dersten çıktığımız zaman konuşuyoruz aslında ama genelde süreyi eleştiriyoruz.” (Doğa, 1. Görüşme)

“Pek olumsuz bir şey yok bence. Önceden süre uzun geliyordu ama sonra bu tempoya alıştık. Tamam, herkes yoruluyor ama bir çay molası yetiyor.” (Doğa, 2. Görüşme)

“Zayıf yönü şeydi hocam biz ilk başta ne yapacağımızı anlamamıştık. Hani nasıl yapacağımızı, föylerin yapısını falan. İlk etkinlikte mühendislikle fenin ne ilgisi var diyorduk ama şimdi oturdu gibi” (Güneş, 1. Görüşme)

“Ders süresi daha uzun olmalı. Uzun olunca bir müddet sonra sıkılıyoruz gibi düşünülebilir ama verdiğimiz aralar yetiyor. Dışarıya çıkılmasın bence.” (Toprak, 1. Görüşme)

“... Bir de ilk başta materyal getirmemiştik oda sıkıntı olmuştu. Okulda bulunması lazım ya da önceden liste yapılması lazım o zaman zor oluyor.” (Toprak, 1. Görüşme)

“Araştırma yaparken bazen net bilgi bulamıyoruz ya o zaman zaman kaybı oluyor Gruptan birkaç kişi bilgisayar getirse herkes araştırma yapsa ve sonra ortak net bilgiler birleştirilse daha iyi olur diye düşünüyorum.” (Toprak, 1. Görüşme)

“Sadece her grupta bir bilgisayar olması diyebilirim.” (Toprak, 2. Görüşme)

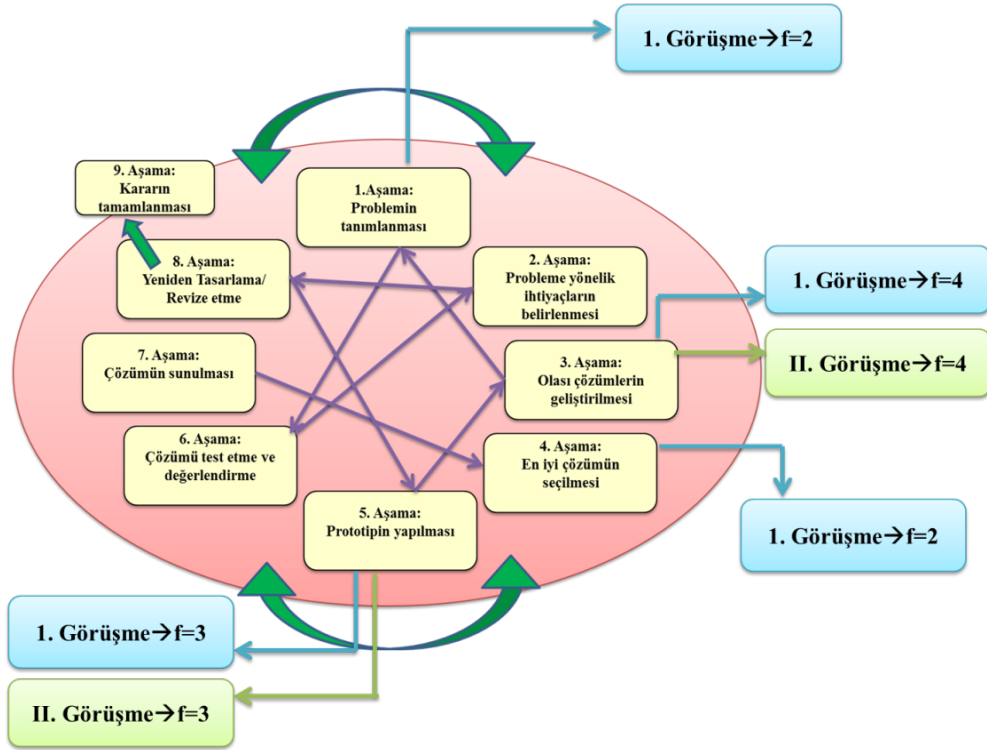
“Şey olabilir bir de fen ve teknoloji üniteleri ile ilişkili olarak devam edebilir mesela güneş pilini fen bilimleri dersinde şu ünite de kullanacağız mesela 6. ve 7. Sınıfta güneş sistemi var mesela bunun etkinliğini yapmadan önce konu hakkında bilgiler verilip yapılabilir. Ayrıca sınıfta internetin olması çok önemli sınıfta hocaya her zaman ulaşamayabiliyoruz kalabalığımız kendi merak ettiklerimizi araştırabiliyoruz.” (Deniz, 1. Görüşme)

“Zayıf yönü olarak, kişisel uygulamalar olsa bence daha iyi olurdu bazı grup arkadaşlarımız aktif bazı grup arkadaşlarımız pasif kalıyor bu uygulamalarda bazıları araştırma da iyi bazılarımızın da uygulaması iyi bu yönler eksik yönleri olabilir. Birbirini tamamlıyor grup ama kişisel olarak düşündüğümüzde kişisel olarak yapsak bence eksiklerimiz olur yani.” (Deniz, 1. Görüşme)

“Zayıf yön gibi değil aslında ama etkinlikler oldukça yorucu. Ama pratik yaparsak alışmış oluruz. Başka bir şey yok sadece yorulmak o da bizim eksikliğimizden kaynaklanıyor olabilir.” (Nehir, 1. Görüşme)

3.2. Öğretmen Adaylarının Süreçte Yaşadıkları Zorluklara Yönelik Değerlendirmeleri ve Sürecin İyileştirilmesi Yönündeki Önerilerine İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının süreçte yaşadıkları zorluklara yönelik bütünsel bir bakış sağlamak amacıyla Şekil 5’de mühendislik tasarım sürecinin aşamalarını içeren döngü üzerinde öğretmen adaylarının birinci ve ikinci görüşmede ifade ettikleri zorlukları hangi aşamada ve ne sıklıkta belirttikleri sunulmuştur.



Şekil 5. Öğretmen adaylarının ilk ve son görüşmede mühendislik tasarım sürecinde zorluk yaşadıkları aşamalara ilişkin bulgular

Şekil 5’de sunulduğu gibi, öğretmen adayları ilk görüşmede sıklık sırasıyla olası çözümlerin geliştirilmesi ($f=4$), prototipin yapımı ($f=3$), en iyi çözümün seçilmesi ($f=2$) ve problemin tanımlanması ($f=2$) aşamasında zorluk yaşadıklarını belirtmişlerdir. İkinci görüşmede ise olası çözümlerin geliştirilmesi ($f=4$) ve prototipin yapılmasını ($f=3$) zorluk yaşadıkları aşama olarak bildirmişlerdir. Öğretmen adayları yalnızca ilk görüşmede belirttikleri en iyi çözümün seçilmesi ve problemin tanımlanması aşamalarını ikinci görüşmede artık zorluk yaşadıkları aşama olarak değerlendirmemişlerdir. Bu durumun süreçte bu aşamalara ilişkin yeterliliklerin geliştiği biçiminde yorumlanabilir. Nitekim hem ilk hem de son görüşmede en çok sorun yaşanan süreç olarak bildirilen *olası çözümlerin geliştirilmesi* aşaması ilk ve son görüşmede aynı sıklıkla ifade edilmiş olsa da öğretmen adaylarının her birine yönelik bulgular incelendiğinde 3 öğretmen adayının hem ön hem de son görüşmede bu aşamada zorluk yaşadığı tespit edilmiştir. Nitekim öğretmen adaylarından biri ilk görüşmede olası çözümlerin araştırılması aşamasında zorluk yaşamadığını ancak ikinci görüşmede yaşadığını belirtmiştir. Bu durumun öğretmen adayının süreçte gerçekleştirilen etkinliklerde bu aşamanın daha detaylı sorgulama ya da emek isteyen bir aşama olduğunu fark etmesinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Dolayısıyla öğretmen adaylarından biri için de olası çözümlerin araştırılması yalnızca ilk görüşmede zorluk yaşanan aşama olmuştur. Bu durumda öğretmen adayının ikinci görüşmede bu aşamada zorluk yaşamamış olması süreçte bu aşamalara ilişkin yeterliliklerinin gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir. Ancak 3 öğretmen adayını için olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasının hem ilk hem de son görüşmede zorluk yaşanan aşama olarak belirtilmesi aynı zamanda en çok zorluk yaşanan aşama

olması mühendislik tasarım sürecinde bu aşamanın öğretmen adayları tarafından oldukça zorlayıcı olması biçiminde yorumlanabilir. Hem ilk hem de son görüşmede öğretmen adayları tarafından zorluk yaşanan olarak bildirilen bir diğer aşama da *prototipin yapılması*dır. Bu aşamada da 1 öğretmen adayı yalnızca ilk görüşmede, 1 öğretmen adayı yalnızca ikinci görüşmede, 2 öğretmen adayı ise hem ilk hem de son görüşmede zorluk yaşadığını ifade etmiştir. Olası çözümlerin sunulmasına benzer şekilde bu aşamanın da öğretmen adayları için zorlayıcı olduğu söylenebilir.

Öğretmen adaylarının sürecin iyileştirilmesi yönündeki önerileri ilk görüşmelerde test ettikten sonra tekrar yapma fırsatı (f=1), prototipin önceden yapılması (f=1) ve fen bilimleri dersi öğretim programı ile ilişki kurulması (f=1) iken, son görüşmede tüm malzemelerin laboratuvarında bulunması (f=1) yönünde olmuştur. Öğretmen adaylarına ikinci görüşmede, ilk görüşmede önerdikleri hususlar hatırlatıldığında söz konusu önerilerinin süreçte var olması ya da yapılabilişliğinin mümkün olmaması gibi sebeplerle tekrar öneri olarak düşünmediklerini bildirmiştir. Ayrıca, öğretmen adayları süreçte yaşadıkları zorluklara ilişkin öneride bulunmamıştır. Bu bulgu öğretmen adaylarının süreçte yaşadıkları zorlukların çözümünün, sürecin iyileştirilmesi ile ilgili bir durum olmadığını düşündürmektedir.

Öğretmen adaylarının sürecin iyileştirilmesi yönündeki önerilerine ilişkin değerlendirmeleri şöyle olmuştur:

Doğa, ilk görüşmede sürecin iyileştirilmesi yönünde prototipin test edilmesinden sonra eğer başarılı olmadıysa *tekrar yapıp test etme* ile ilgili fırsat verilirse sürecin daha iyi olabileceğini düşünmektedir. İkinci görüşmede Doğa sürecin iyileştirilmesi yönünde bir önerisinin olmadığını ilk görüşmede ifade ettiği önerinin süreçte var olduğunu fark ettiğini bildirmiştir.

“Mesela prototipin test edilmesi kısmında çözüm seçtik ilerledik prototip yaptık olmadı, o zaman başa dönüp tekrar yapma şansı olsa olabilir. Demek ki çözüm yanlış olmuş diyerek o zaman bir daha çalışmamız gerektiğini anlarız.” (Doğa, 1. Görüşme)

Güneş ilk görüşmede sürecin iyileştirilmesi yönünde prototipin yapılması aşamasının ders öncesinde evde gerçekleştirilmesinin süreci kolaylaştırabileceğini düşünmüştür. Ancak son görüşmede bu önerinin uygun olmadığını ifade etmiştir.

“...Biz o anda her şeyi yapıyoruz ya; bir grup bitiriyor mesela biz yapamayacağız galiba diye düşünüyoruz. Acaba biz gelmeden önce bir kere yapıp sonra mı laboratuvarda mı yapsak? Yani prototipi gelmeden yapmak olabilir.” (Güneş, 1. Görüşme)

Toprak ilk görüşmede sürecin iyileştirilmesine yönelik önerisi olmadığını belirtmiştir. İkinci görüşmede ise tüm malzemelerin laboratuvarında hazır olarak bulunmasını önermiştir. Ancak bu öneride bulunurken tüm malzemelerin hazır olarak bulunmamasının öğretmen olduklarında da karşılaşılabilecekleri bir durum olduğunu belirterek tereddüt yaşamıştır.

“Yapılacak deney ya da tasarım ile ilgili laboratuvarında olması gereken tüm malzemeler bulunmalı. Mesela çark gerekiyor bulamıyoruz, kendimiz yapıyoruz ama bazen çok küçük olması gerekince de yapamıyoruz. Malzemeler var aslında ama çarklar yoktu mesela. Köye atandığımızda falan tabii değişir durum.” (Toprak, 2. Görüşme)

Deniz ilk görüşmede sürecin iyileştirilmesi yönünde büyük tasarım görevinin fen bilimleri dersi öğretim programındaki karşılığının belirtilmesini önermiş, bu durumun kendileri için faydalı olabileceğini belirtmiştir. İkinci görüşmede Deniz, sürece yönelik herhangi bir önerisinin olmadığını belirtmiştir.

“Büyük tasarımdan önce ünite hakkında bilgi olabilir hangi üniteyle ilişkilendirebileceğimiz açısından bilgi olabilir. 3. Sınıf öğrencisiyiz fizik kimya biyoloji gördük ama o seviyeye inmedik yani bu ders fen bilgisi öğretim laboratuvarı... Uygulamada yaparken bunla ilgili biraz bilgimiz olsa daha iyi olur yani.” (Deniz, 1. Görüşme)

Toprak, Kaya ve Nehir hem ilk hem de son görüşmede sürecin iyileştirilmesi yönünde önerileri olmadığını belirtmiştir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin en güçlü yönlerini yaparak öğrenmeyi sağlaması, büyük tasarım görevi hedefinin motive edici olması, kalıcı öğrenmeyi sağlaması ve sorgulamaya dayalı olması gibi özellikleriyle değerlendirdikleri tespit edilmiştir.

Motivasyon bir ihtiyacı gidermek için olması gereken davranışları başlatıcı bir kuvvettir (Waltermann, 2005). Öğrenmeye yönelik motivasyon, olumlu eğitimsel çıktılardan dolayı eğitim araştırmalarında ilgi ve dikkatleri üzerine çeken konu alanlarından birisidir (Uzun ve Keleş, 2012). Öğrencilerin fen ve mühendislik alanlarına olan ilgi düzeylerinin ve motivasyonlarının artırılması amacıyla ABD'nin ulusal eğitim politikası olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarını birleştirmeye yönelik çabası düşünüldüğünde (PCAST, 2010) öğretmen adaylarının süreci motive edici olarak değerlendiriyor olmaları önemli bir sonuç olarak düşünülebilir. Öğretmen adaylarının büyük tasarım görevinin varlığını süreci motive edici olarak değerlendirmiş olmaları, tasarım problemlerini hem bir bağlam olarak motive edici bulmaları hem de başarıma duygusunu bununla birlikte kendilerine güvenmenin verdiği haz ile açıklanabilir. Zira öğretmen adaylarının sürecin olumlu yönü olarak süreç boyunca bir ürün ortaya koymak biçiminde değerlendirme yapmış olmaları bu sonucu desteklemektedir. Bu durum sürecin öğretmen adaylarına bilimsel bir çalışmada olma ve bir şeyler üretme sabrı gibi kazanımlar da sağladığını düşündürmektedir. Nitekim fene yönelik öğrenci motivasyonu öğretim programı, öğrenme-öğretim stratejileri, öğretmen ve öğrencilerin bireysel özellikleri gibi değişkenlerin etkisi altında olan karmaşık bir durumdur (Lee & Brophy, 1996). Ancak, geleceğin öğretmenlerinin mühendislik tasarım sürecini motive edici olarak değerlendirmeleri, sınıf ortamlarında söz konusu sürecin kullanılabilirliği ile ilgili olumlu bir bildirim olarak değerlendirilebilir. Araştırmanın bu sonucuna benzer şekilde mühendislik tasarım sürecinin öğrencilerin ilgisini çekici olacağı yönünde araştırmalar yer almaktadır. Harkema ve diğerleri (2009) günlük yaşamda fen ve mühendisliğin bir arada olduğunu, dolayısıyla laboratuvar uygulamalarında da bu iki yaklaşımın harmanlanması gerektiğini vurgularken, laboratuvar etkinliklerinde temel amacın bilimsel deneylerin doğasının öğretmek olması gerektiğini, ancak eş zamanlı mühendislik tasarım yaklaşımının kullanımının öğrencilerin derse ilgisini çekeceğini ve kalıcı öğrenmelerine katkı sağlayabileceğini vurgulamaktadır. Çavaş, Bulut, Holbrook ve Rannikmae (2013) de benzer şekilde TTFE ile öğrencilerin derse karşı ilgili ve istekli hale geleceğini belirtmektedir.

Öğretmen adaylarının sürecin güçlü yönünün yaparak öğrenmeyi sağlaması ve sorgulamaya dayalı olmasını ifade etmiş olmaları mühendislik tasarım sürecinde tasarım geliştirmenin bilimsel sorgulama olmaksızın deneme yanılma yöntemi ile değil de sorgulama ile yürütülmüş olmasının olumlu bir durum olarak değerlendirildiğini göstermiştir. Zira bu sonucun bilimsel araştırma sorgulama ile mühendislik tasarım yaklaşımının bir arada olması gerektiğine ilişkin alan yazını ile uyum içinde olması gerektiği söylenebilir. Nitekim Wendell ve diğerlerinin (2010) mini araştırma ve uygulamalar yoluyla büyük tasarım görevi için bilimsel bilgi ve becerinin gelişimini sağlamayı önerdikleri sınıf içi uygulamalara yönelik tasarım döngüsü bilimsel araştırma-sorgulama ile tasarım sürecinin iç içe olduğunu göstermektedir. Ayrıca fen içerik bilgisi olmadan deneme yanılma yöntemiyle de mühendislik tasarımlar gerçekleştirme nadir bir durumdur (Cotton, 2002; NRC, 2012). Crismond (2001) da TTFE ile bilimsel sorgulama becerilerinin de kullanıldığını ve bu uygulamalarda fen eğitiminin temel prensiplerinin kazanılabileceğini vurgulamaktadır. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin kalıcı öğrenmeyi sağladığı yönündeki ifadelerinin sorgulamaya dayalı olması ile ilişkili olabileceği düşünülebilir. Nitekim süreçte tasarım gerçekleştirilirken aynı zamanda sorgulama sürecinin de aktif olarak devam etmesinin kalıcı öğrenmeyi destekleyici bir unsur olduğu düşünülebilir.

Başka bir açıdan bakıldığında öğretmen adaylarının önceki laboratuvar deneyimlerinde aktif olmadıkları ve sorgulamaya dayalı laboratuvar deneyimi yaşamadıkları için süreci en çok bu yönüyle değerlendirdikleri düşünülebilir. Ancak, öğretmen adaylarının büyük tasarım görevinin bir hedef olarak var olmasının motive edici bir unsur olarak değerlendirmiş olmaları doğrudan sürece yönelik değerlendirmeler yapıldığını göstermekle birlikte büyük tasarım görevinin tasarım sürecinde önemli bir motive edici kaynak olarak görüldüğü söylenebilir.

Öğretmen adaylarının süreci eğlenceli bulduğu, mini tasarım görevlerinin öğretici olduğunu düşündükleri ve süreci fen ve günlük yaşam arasındaki ilişkiyi anlamalarına yardımcı olarak değerlendirdikleri tespit edilmiştir. Ders esnasında interneti kullanarak araştırma yapabiliyor olmak ve süreç boyunca bir ürün ortaya koymanın da öğretmen adayları tarafından sürecin olumlu yönleri olarak değerlendirildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Öğretmen adayları sürecin ortasında TTFE ile yürütülen Fen Öğretim Laboratuvar Uygulamaları I dersi sürecinde zayıf gördükleri yönler, grup çalışması yapılması, ortaokul fen bilimleri programında yapılan uygulamaların nasıl kullanılacağı ilişkisinin verilmemesi, her grupta bir bilgisayarın olması, ders süresinin kısa olması, tasarımı gerçekleştirme durumunda grup üyelerinin olumsuz etkilenmesi ve dört ders saatinin ard arda gerçekleştirilmesi gibi nedenlerle açıkladıkları belirlenmiştir. Sürecin sonunda ise öğretmen adaylarının zayıf yön olarak değerlendirdikleri tek hususun her grupta bir bilgisayar olması olduğu tespit edilmiştir. Gruplarda bilgisayar sayısının daha fazla olmasının internette araştırma yapmak gerektiğinde süreci hızlandırabileceği düşüncesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin aşamaları bağlamına ilişkin değerlendirmelerinde sürecin ortasında en çok olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasında zorluk yaşadıkları ardından, prototipin yapımı, en iyi çözümün seçilmesi ve problemin tanımlanması aşamalarında zorluk yaşadıkları belirlenmiştir. Sürecin sonunda ise öğretmen adayları yine en çok olası çözümlerin geliştirilmesi ardından ise prototipin yapılması aşamasında zorluk çekmişlerdir. Öğretmen adaylarının sürecin iyileştirilmesi için tasarım görevleri ile ilgili tüm malzemelerin laboratuvarında bulunmasını önerdikleri belirlenmiştir.

Öğretmen adayları ile yürütülen bu çalışma FeTeMM eğitim yaklaşımının uygulanabilirliğinin üniversite düzeyinde irdelenmesi açısından önemlidir. Bu bağlamda gelecek araştırmacılar ve program uygulayıcıları için birkaç öneri getirilebilir:

Fen Eğitimi Laboratuvar Uygulamaları I ve II derslerinin TTFE ile yürütülmesi için grup çalışması önemlidir. Öğretmen eğitimcilerine süreci grup çalışması yapılacak şekilde planlamaları ve grupları işbirlikli öğrenmede grup çalışması esaslarına göre oluşturmaları önerilmektedir.

Öğretmen adaylarının mezun olduktan sonra kendi derslerinde TTFE kullanma durumlarını, uygulamalarında karşılaştıkları zorlukları ve öğrencilerinde bazı becerilerin gelişimini inceleyen boylamsal çalışmalar yapılabilir.

TTFE gerçekleştirilmesinde, bilgiye ulaşmada önemli bir kaynak olan internet bağlantısı ve grup çalışması gerçekleştirmeye uygun sınıf düzenleri gerek ilkökul ve ortaokullarda, gerekse üniversitelerde sağlanmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: the heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Ayas, A. (2006). *Fen bilgisi öğretiminde laboratuvar kullanımı*. Anadolu Üniversitesi Yayınları. 10 Ekim 2013 tarihinde <http://w2.anadolu.edu.tr/aos/kitap/IOLTP/2283/unte07.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Barnett, M. Connolly, K. G., Jarvin, L., Marulcu, I. Rogers, C., Wendell, K. B., & Wright, C. G. (2008). Science through LEGO engineering design a people mover: simple machines. http://www.legoengineering.com/wpcontent/uploads/2013/05/LEcom_Compiled_Packet_Machines_LowRes.pdf sayfasından erişilmiştir.

- Bozkurt, O., Orhan, A. T. & Ay, Y. (2012). *Fen ve teknoloji laboratuvar uygulamaları I-II*. Ankara: Eğiten Kitap.
- Bozkurt, E., Yamak, H., Buluş Kırıkkaya, E., & Kavak, N. (2013). Engineering design applications in pre-service science teacher training. *The International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) Eurasian Regional Symposium & Brokerage Event Horizon 2020*, Antalya, Turkey.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrel & E. H. Van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 20-46). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules on student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- Capobianco, B. M. (2011). Exploring a science teacher's uncertainty with integrating engineering design: an action research study. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 645-660.
- Capobianco, B. M. (2013). *Learning and teaching science through engineering design: insights and implications for professional development*. Association for Science Teacher Education, Charleston, SC.
- Cotton, S. E. (2002). Making problem-solving simulations more realistic. *The Technology Teacher*, 62(3), 29-32.
- Crismond, D. (2001). Learning and using science ideas when doing investigate-and-redesign tasks: A study of naive, novice, and expert designers doing constrained and scaffolded design work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 791-820.
- Cuijck, L. V., Keulen, H. V., & Jochems, W. (2009). *Are primary school teachers ready for inquiry and design based technology education?*. <http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT22/Cuijck.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Çavaş, B., Bulut, Ç., Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2013). Fen eğitimine mühendislik odaklı bir yaklaşım: ENGINEER projesi ve uygulamaları. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 1(1), 12-22.
- Çorlu, M. A., Adıgüzel, T., Ayar, M. C., Çorlu, M. S., & Özel, S. (2012, Haziran). *Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (BTMM) eğitimi: disiplinler arası çalışmalar ve etkileşimler*. X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulmuş bildiri, Niğde.
- Daugherty, J. (2012). Infusing engineering concepts: Teaching engineering design. *National Center for Engineering and Technology Education*. Web site: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537384.pdf> adresinden 14 Haziran 2013 tarihinde edinilmiştir.
- Dugger, E. W. (2010). Evolution of STEM in the United States. *6th Biennial International Conference on Technology Education Research*. Australia. Web site: <http://www.iteea.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf> tarihinden 20 Mart 2013 tarihinde edinilmiştir.
- Ercan, S. (2013). *Mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonu: Mü(fen)dislik*. Uluslararası Eğitimde Değişim ve Yeni Yönelimler Sempozyumu'nda sunulmuş bildiri, Konya.
- Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi*. (Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden edinilmiştir.
- Felix, A. L. (2010). *Design-based science for STEM Student recruitment and teacher professional development*. Mid-Atlantic ASEE Conference, Villanova University.
- Glesne, C. (2013). *Nitel araştırmaya giriş* (A. Ersoy, Çev.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Harkema, J., Jadrach, J., & Bruxvoort, C. (2009) Science and engineering: Two models of laboratory investigation. *The Science Teacher*, 76(9), 27-31.
- Herrington, J. ve Oliver, R. (1995). Critical characteristics of situated learning: implications for the instructional design of multimedia. *ASCILITE 1995 Conference*, University of Melbourne, Melbourne.
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses. *NCETE Publications*. (Paper 166). Web site: http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166 adresinden 13 Haziran 2013 tarihinde edinilmiştir.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). *Infusing engineering design into high school STEM courses*. 8 Ağustos 2013 tarihinde <http://ncete.org/flash/pdfs/Infusing%20Engineering%20Hynes.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Johansen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5-14.
- Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 585-610.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2006). *Designing qualitative research* (4th Edition). USA: Sage Publications.
- Marulcu, İ., & Sungur, K. (2012). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendis ve mühendislik algılarının ve yöntem olarak mühendislik-dizayna bakış açılarının incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12 (2012), 13-23.

- Merriam, S. B. (2013). *Nitel araştırma desen ve uygulama için bir rehber* (S. Turan, Çev.) Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Moore, T. J., Stohlmann, M.S., Wang, H.-H., Tank, K.M., Glancy, A.W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In Ş. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in precollege settings: Research into practice* (pp. 35-60). West Lafayette: Purdue Press.
- National Academy of Engineering [NAE]. (2010). *Standards for K-12 engineering education?*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Academies of Educational Progress [NAEP] (2014). *Technology and engineering literacy framework for the 2014 national assessment of educational progress-pre-publication edition*. WestEd: National Assessment Governing Board.
- National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). *Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects*. Edt. Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. Washington, DC: National Academies Press.
- Next Generations Science Standards [NGGS]. (2013). *The next generation science standards-executive summary*. http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update_0.pdf sayfasından erişilmiştir.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academic Press.
- Pratt, H. (2012). *The NSTA reader's guide to a framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Science Teachers Association [NSTA].
- President's Council of Advisors on Science and Technology [PCAST] (2010). *Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future*. Executive Office of the President: USA. 5 Kasım 2012 tarihinde <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-stemed-report.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Roth, W. (2001). Learning Science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 768-790.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Shaughnessy, J. J., Zechmeister E. B., & Zechmeister, J. S. (2006). *Research methods in psychology* (7th Edition). New York: Mc Graw Hill Higher Education.
- Smith, J., & Karr-Kidwell, P. (2000). The interdisciplinary curriculum: a literary review and a manual for administrators and teachers. Retrieved from ERIC database. (ED443172).
- Strong, M. G. (2013). *Developing Elementary Math and Science Process Skills Through Engineering Design Instruction*. Hofstra University.
- Sungur Gül, K., & Marulcu, İ. (2014). Yöntem olarak mühendislik-dizayna ve ders materyali olarak legolara öğretmen ile öğretmen adaylarının bakış açılarının incelenmesi. *International Periodical for The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(2), 761-786.
- Uzun, N., & Keleş, Ö. (2012). İlköğretim öğrencilerinin fen öğrenmeye yönelik motivasyon düzeylerinin değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(20), 313-327.
- Walterman, A. S. (2005). When effort is enjoyed: Two studies of intrinsic motivation for personally salient activities. *Motivation and Emotion*, 29(3), 165-188.
- Wang, H. (2012). *A New era of science education: science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration* (Doctoral dissertation, University of Minnesota). Retrieved from <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/120980>
- Wendell, K. B. (2008). *The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children*. Qualifying Paper, Tufts University.
- Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). *Incorporating engineering design into elementary school science curricula*. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Louisville, KY.