

STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Murat Akarsu^a, Nilüfer Okur Akçay^b ve Rıdvan Elmas^c

Öz

Eğitim alanında son zamanlarda yapılan reformlar, STEM eğitimi yaklaşımının birey ve toplum hayatındaki önemini daha çok ön plana çıkarmaktadır. STEM eğitimi yaklaşımının tanımı, özellikleri ve farklılıkları ile ilgili olarak alan yazında net açıklamalar yapan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmanın amacı var olan alan yazına dayanarak STEM eğitimi yaklaşımının tanımını yapmak, özelliklerini belirlemek, ve STEM ile birlikte ele alınan üç eğitimsel yaklaşım ile farklılıklarını ortaya koymaktır. Bu bir derleme çalışması olup yapılan alan yazın taramasında çalışmaların belirlenmesinde herhangi bir ön kriter kullanılmamış, ilgili olduğu düşünülen tüm çalışmalar veri tabanlarından bu araştırma kapsamında okunmuş ve değerlendirilmeye alınmıştır. STEM eğitimi yaklaşımına ait 10 özellik belirlenmiş ve açıklanmıştır. Ayrıca STEM eğitimi yaklaşımının teorik çerçevesi olan mühendislik tasarım süreci detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bununla birlikte alan yazında STEM eğitimi yaklaşımı ile birlikte kullanılan proje tabanlı öğrenme, probleme dayalı öğrenme ve deneysel etkinlikler ile öğrenme ile olan benzerlik ve farklılıkları ortaya konmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, STEM eğitimi yaklaşımı ile diğer yaklaşımlar arasında problem durumunu sunmada, problem durumuna çözüm bulmada ve uygulama süreçlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Proje tabanlı öğrenmede süreçten ziyade ortaya bir ürünün çıkması daha önemlidir. STEM eğitimi yaklaşımında problemin çözümüne ulaşmada farklı disiplinlerin bütünlük olarak bir tasarım için kullanılması önemliyken, probleme dayalı öğrenmede problemin çözümüne ulaşmada tek bir disiplinin kullanılması yeterli olabilir. STEM eğitimi yaklaşımının sadece bir deneysel etkinlikler süreci olmadığı, ancak STEM eğitimi yaklaşımının uygulama sürecinde deneylerden yararlanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: STEM, STEM eğitiminin özellikleri, mühendislik tasarım süreci, proje tabanlı öğrenme, probleme dayalı öğrenme, deneysel etkinlikler ile öğrenme

Makale Hakkında

Gönderim tarihi: 17.09.2019

Düzeltilme tarihi: 19.09.2020

Kabul tarihi: 05.10.2020

Elektronik Yayın Tarihi: 17.12.2020

Giriş

Eğitim sistemleri için öğretmenin merkezde olduğu öğrencinin pasif bir durumda olduğu bir eğitim anlayışı, bilgi ekonomisine kadar toplumların ihtiyaçlarını karşılamaya yetmekteydi. Bilgiyi elinde tutmanın erdem olduğu çağdan, günümüzdeki yoğun bilgi

^a Eğitim Fakültesi, Okul Öncesi Eğitimi AD, drmuratakarusu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8769-5460

^b Eğitim Fakültesi, Okul Öncesi Eğitimi AD, nilokur-7@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-3276-5564

^c Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi AD, relmas@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7769-2525

akışında doğru ve değerli bilgiyi seçmenin önemli olduğu çağa gelinmiştir. Buradan da bilginin ve deneyimlerin paylaşılmasının değerli olduğu bir çağa doğru gidilmektedir (Slavinec, Aberšek, Gačević ve Flogie, 2019). Hatta bilgiye ve deneyimlere sahip olmak eskisi gibi bir güç olmaktan çıkmıştır (Bukhari, Bashir ve Malik, 2018). Bilgi ve deneyimlerin sosyal medya, internet ve benzeri araçlar ile nasıl ustalıkla paylaşıldığı çok daha önemli bir beceri olmaya başlamıştır (Elmas ve Geban, 2012; Uyanık Aktulun ve Elmas, 2019).

Günümüzde, öğrencinin öğrenmesinde sorumluluk aldığı ve farklı becerilere ihtiyaç duyduğu bir yöne doğru gidilmektedir. Git gide farklı bir zemine oturan değerler ve kavramlar insan hayatına girmeye ve onu dönüştürmeye başlamıştır. İnsan hayatı öngörülenden çok daha hızlı bir değişim göstermektedir. Bu değişimdeki önemli unsurlardan biri şirketler ve toplumlar olmuştur. Endüstri 4.0 veya Toplum 5.0 gibi kavramlar hem iş hayatında hem de sosyal hayatta ciddi yeniliklere hazır olunması gerektiğinin habercileri olmuştur (Fukuyama, 2018; Hermann, Pentek ve Otto, 2015). Her iki kavramın da ortaya atılmasının altında yatan farklı nedenler olmakla birlikte, üretimin robotlar ve yapay zekâ ile tasarlanmış sistemler üzerinden çok daha ucuz maliyetler ile esnek bir şekilde yapılabileceğine odaklanmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017). Bu noktadan sonra işsiz üretim modeli üzerinden yürüyen yeni nesil fabrikalarda çalışan teknisyen ve mühendislerden beklenen bilgi, beceri ve yeteneklerde de büyük farklılıklar meydana gelmektedir.

Dünyadaki birçok ülkede eğitim sistemleri, bu hızlı dönüşüme ayak uydurmakta ve adapte olmakta güçlük çekmektedirler. İleriye dönük olarak özellikle yapay zekânın satranç ve Go gibi oyunlarda insanı alt etmesi, eğitim sistemlerindeki değişime olan ihtiyacın ciddiyeti ile ilgili olarak gerçekten önemli öngörüler sunmaktadır (McArthur, Lewis ve Bishary, 2005; Slavinec vd., 2019). Örneğin; eskiden 1000 kişinin çalıştığı bir fabrikada artık 30 kişi çalışmakta ve karanlık fabrikalarda daha düşük maliyetli, esnek, hızlı ve daha düşük hata payı ile üretim ciddi şekilde emek ve makine odaklıdan yapay zekâ ve iş birliği içinde çalışan robotların oluşturduğu esnek üretim bantlarına sahip fabrikalara doğru kaymaktadır (Okan Gökten, 2018). Bu noktada, öğrencileri nasıl bir geleceğin beklediği, şu anda var olan insan sermayesinin nasıl kullanılacağına bağlı bir durum olarak ortaya çıkacaktır.

Eğitim sisteminde yaratıcı düşünme, yenilikçilik, tasarım yapma, girişimcilik, doğru soruları sorabilme, takım çalışmasının etkili bir parçası olma, öğrenmede sorumluluk alma, doğru analiz edebilme, bilimsel okuryazarlık, teknolojik okuryazarlık gibi gelecekte önemi artacak becerileri ve kavramları hedefe koymak çok önemli bir durumdur (Aranda, Lie ve Guzey, 2020; Carlsen, 1998). Bu ve benzer hedefleri olan eğitim yaklaşımlarının, eğitim sistemine bütünleştirilmesi önemli ve süreç gerektiren bir durumdur.

Son 30 yılda kavramsal değişim modeli olan 5E modeli ile başlayan süreçte, probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, keşifle öğrenme, akran öğrenmesi, bağlam temelli öğrenme, deneysel etkinliklerle öğrenme gibi eğitim yaklaşım ve yöntemlerinin eğitim sisteminde önemli bir yer tuttuğunu görmek mümkündür (Alparslan, Tekkaya ve Geban, 2003; Bodner ve Elmas, 2020; Elmas ve Geban, 2016; Sungur, Tekkaya ve Geban, 2006). Bu yöntemlerin hepsi aslında farklı teorik çerçeveler kullanan, araştırma sorgulamaya dayalı öğrenme temeli üzerine kurgulanan yöntem ve yaklaşımlardır. Söz konusu yöntem ve yaklaşımlara ek olarak son zamanlarda STEM

eğitimi yaklaşımının eğitim ortamlarında popüler bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Brown, Brown, Reardon ve Merrill, 2011).

Yapılan alan yazın çalışmalarında, STEM eğitimi yaklaşımının mühendislik tasarım sürecinin (MTS) teorik çerçevesini kullanması gerektiği belirtilmiştir (Aranda, Guzey ve Moore, 2019; Atman vd., 2007; Chrismond ve Adams, 2012; Moore vd., 2014). Mühendislik tasarım süreci STEM eğitimi yaklaşımının teorik çerçevesini oluşturmaktadır. Alan yazında, STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesi yerine, bu disiplinlerin birbirinden bağımsız şekilde sırasıyla fen aktiviteleri ile öğretildiği görülmektedir (Bybee, 2013; Johnston, Akarsu, Moore ve Guzey, 2019). Bu uygulama şekli, STEM eğitimi yaklaşımındaki mühendisliğin ve disiplinlerin bütünleştirilmesi rolünün anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Bu doğrultuda hazırlanan bu çalışmanın amacı, var olan alan yazına dayanarak STEM eğitimi yaklaşımının tanımını yapmak, özelliklerini belirlemek, ve STEM eğitimi yaklaşımı ile birlikte ele alınan diğer yaklaşım ve yöntemler ile benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koymaktır.

Yöntem

Bu makale bir derleme çalışmasıdır. Alandaki ulusal ve uluslararası veri tabanlarında (SSCI, ERIC, ULAKBİM) “STEM,” “Engineering Design Process,” “FeTeMM,” “Proje Tabanlı Öğrenme,” “Probleme Dayalı Öğrenme” ve “Deneysel etkinlikler ile öğrenme” anahtar kelimeleri girilerek ilgili makale, kitap, kitap bölümü ve tez çalışmaları bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında değerlendirilecek olanlar, konu içeriğinin uygunluğuna göre araştırmacılar tarafından incelenerek seçilmişlerdir. Daha sonra belirlenen çalışmalar okunarak bu çalışma kapsamında belirlenen başlıklara uygun şekilde derinlemesine analiz edilerek sonuçlar uzun tartışmalar sonucu derlenmiştir.

STEM Eğitimi Yaklaşımı

Keşifle öğrenme, probleme dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme, deneysel etkinlikler ile öğrenme ve bağlam temelli öğrenme gibi araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme kurgusu üzerine şekillendirilen yaklaşımların temel bir problemi vardır. Bu yöntemler dikkatli, detaylı ve doğru bir şekilde planlanıp uygulanmazsa verimli olmaktan ziyade öğreneni kavramsal bir karmaşada bırakan ve öğrenme hedeflerine öğretmen merkezli yaklaşımlardan bile daha az ulaştıran bir noktaya getirebilir (Bybee, 2013; Clark, Kirschner, ve Sweller, 2012). Bu sebeple öğrenme ortamının paydaşları iyi analiz edilmeli ve bu yaklaşımların ne kadar yapılandırılmış olarak kullanılacağı konusunda eğitime başlamadan önce sürecin nasıl planlanacağına dair kararlar alınmalıdır. Bu yaklaşımlara benzer olan STEM eğitimi yaklaşımı ile de öğrenme hedeflerine ulaştıran olumlu sonuçlar alınmaktadır (Adams, Miller, Saul ve Pegg, 2014; Aranda vd., 2020; Chiu vd., 2013; Johnston vd., 2019; Slavinec vd., 2019). Ancak, STEM eğitimi yaklaşımının uygulandığı bu öğretim tasarımlarında sürecin çok iyi planlanması kritik önem taşımaktadır. Aslında en temel unsur öğrenme sürecinin etkili bir öğretmen ve öğrenci etkileşimini içerecek şekilde yapılandırılmasıdır.

Son zamanlarda STEM eğitimi yaklaşımı robotik ve kodlama gibi eğitsel araçların kullanımı ile eşleştirilmektedir (Chung, Cartwright ve DeRose, 2017; Tului, 2017). Medya ve yöntem ilişkisi uzun yıllar eğitimcilerin gündeminde ciddi bir yer

tutmuştur. Medyanın yöntem üzerindeki etkisi tartışması, bu noktada yine bugüne kadar kullanılan her medyada olduğu gibi ön plana çıkmıştır (Yazıcı ve Kültür, 2016). Bu konuda alan yazına bakıldığında, ilk çıktıklarında televizyon, video ve bilgisayara yapılan “eğitimde bu araçlar devrim yapacak” iddiası aslında işin sırrının öğrenme hedeflerine ulaştırmada kritik unsurun öğretmen ve öğretim yönteminde olduğunun ortaya çıkmasıyla zayıflamıştır (Clark, 2001). Her yeni çıkan eğitsel medya ile benzer bir döngü tekrar edilmektedir. Her yeni çıkan medya ilk çıktığı zaman eğitimde devrim yapacağı iddiası ile çıkmakta, bundan şirketler yüklü miktarlarda paralar kazanmakta ve sonra tekrar eğitimin niteliğinde kritik unsurun öğretmen ve öğretim yöntemlerinin etkili tasarlanması olduğu ortaya çıkmaktadır (Çağiltay ve Göktaş, 2013). Tabii ki öğretim programındaki kazanımlara ulaşmak için etkili ve yerinde medya kullanımının önemi de açıktır (Elmas ve Geban, 2012; Uyanık Aktulun ve Elmas, 2019). Eğitim hedeflerine ulaştırmada, günümüzün popüler araçları olan robotiğin etkili bir öğretim yöntemine bütünleştirilerek kullanılması önemlidir ama amaç aracı öğretmek değil, ilgili dersin kazanımlarına öğrencileri ulaştırmaktır (Benitti ve Spolaôr, 2017).

STEM’in tanımına geçmeden önce belki STEM ve STEM eğitimi yaklaşımı farkının da üzerinde durmak önemlidir. STEM bilindiği gibi fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik kelimelerinin İngilizce baş harflerinden oluşmaktadır. Bazı durumlarda sadece bu alanlar ile ilgili olarak yorum yapan, haber yazan veya tartışan kişiler bu kelimeyi kullanmaktadırlar (Kısaltma olarak STEM, Ring, Dare, Crotty ve Roehrig, 2017). Mesela STEM disiplinlerine kızların ilgisi azalıyor veya STEM disiplinlerine karşı olan ilgi azalıyor gibi cümleler ile aslında kastedilen bu disiplinlerin öğrencilerin gözünde değerinin azalıyor olması ve kariyer olarak tercih edilme durumlarındaki düşme durumudur. STEM eğitimi yaklaşımı ise öğrencileri öğrenme çıktılarına götüren süreç ve tasarım odaklı bir yaklaşımın adıdır (Uysal ve Cebesoy, 2020). Burada STEM kelimesi günlük hayattaki problemleri çözmede bu disiplinlerin bütünleştirilmesinin önemine vurgu yapmaktadır. STEM eğitimi yaklaşımının alan yazında birçok tanımı bulunmaktadır (Bybee, 2010; Sanders, 2009). Bu çalışmayı şekillendiren STEM eğitimi yaklaşımı tanımı aşağıda verilmiştir.

Gerçek yaşamda yer alan problemlerin çözümü için fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini bütünleştiren, ilgi çekici ve motive edici deneyimler ile gerçek hayat problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran, sadece ürün odaklı olmayan aynı zamanda süreç ve beceri odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır.

STEM Eğitimi Yaklaşımının Özellikleri

STEM eğitimi yaklaşımının, alan yazındaki çalışmaların ortak özellikleri göz önünde bulundurulduğunda aşağıda sıralanan özellikleri göstermesi beklenmektedir (Aydın-Günbatır, 2019; Moore, Glancy, Tank, Kersten, ve Smith, 2014; Ring vd., 2017).

Disiplinler arası bir yaklaşım. STEM eğitimi yaklaşımı disiplinler arası bir yaklaşımdır. Günlük hayattaki problemlerin çözümü için genellikle tek bir disiplin yeterli olmamaktadır (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014; Beane, 1995; Moore vd., 2014). Bu sebeple disiplinlerin bütünleştirilmesini hatta disiplinler üstü bir bakış açısı sorunların etkili çözümü için çok önemlidir. Disiplinlerin bütünleştirilmesi uzun yıllardır devam

eden bir tartışma olmakla birlikte bu bütünleştirmenin gerekli olduğuna inananların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Furner ve Kumar, 2007).

Gerçek hayattan sosyal değeri olan ilginç bir bağlam ile kurgulanma. Gerçek hayatın içinden seçilen bağlamların sosyal değerinin olması (Buxton ve Provenzo, 2012; Kuhn ve Müller, 2014; Sobel, 2004) ve öğrenciye ilginç gelmesi önemlidir (Elmas, Akın ve Geban, 2013). Mesela cankurtaran görevi gören bir deniz aracı tasarlamak sosyal değeri olan bir bağlamdır. Sosyal değeri olan bağlamlar ile birlikte öğrencilere ilginç gelen ve disiplinlerin bütünleştirmesinin kolayca yapılacağı bağlamlar öğrenmeyi desteklemede daha etkili olabilirler (Elmas, 2020). Disiplin bütünleştirilmesinin kolay yapılacağı bağlamlara örnek olarak “insan” bağlamı verilebilir (Bülbül, Elmas ve Eryılmaz, 2019). Bu noktada kızların ve erkeklerin farklı bağlamları ilginç bulabilecekleri unutulmamalıdır (Elmas, 2020). Bu sebeple STEM eğitimi yaklaşımına dönük bağlamlar seçilirken her iki cinsiyetin ilgisini çekecek bağlamların seçilmesi önemlidir. Bir seri bağlam kullanımı durumunda ise her iki cinsiyetin ilgi duyabileceği bağlam başlıkları bir denge içerisinde seçilmelidir (Elmas ve Eryılmaz, 2015).

Mühendislik tasarım süreci (MTS). STEM eğitimi yaklaşımının ortaya çıktığı Amerika Birleşik Devletleri’nde geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan teorik çerçeve mühendislik tasarım sürecidir (Atman vd., 2007; Moore vd., 2014). MTS’nin farklı varyasyonları olmakla birlikte hepsinde temel amaç birden fazla disiplinin birleştirildiği bir sorun çözme mekanizmasının geliştirilmesidir.

Kanıt dayalı karar verme süreci. STEM eğitimi yaklaşımında öğrencilerin karar verme süreçleri bireysel ve grup üyelerinin hipotezleri ve bu hipotezleri destekleyen kanıtlar üzerinden tartışılır. Hem öğrenilen kavramlar hem de yapılan denemelerde ve karar verme süreçlerindeki en önemli dayanağın kanıtlar olması önemli bir unsurdur (Smyrniou, Petropoulou ve Sotiriou 2015). Bilimsel kanıtlar kullanılarak kurulan hipotezin desteklenmesi ve problemin çözümü için en iyi seçeneğin geliştirilmesi temel amaçtır.

Tekrarlı bir tasarım süreci. Tek bir tasarımla sonuçlanan etkinliklerin STEM eğitimi yaklaşımına uygunluğu konusu çok sınıtlıdır. Etkili bir STEM eğitimi yaklaşımı için bilişsel seviyesi kademeli olarak yükselen kazanımlara dönük tekrarlı görevlerin planlanmış olması gerekir (Brophy, Klein, Portsmouth ve Rogers, 2008; Moore vd., 2014). Her bir tekrarlı görev sürecinde, problemin tartışılması, çözüm yöntemlerinin araştırılması, bu çözümlere yönelik etkili bir plan yapılması önemlidir.

Öğrenmenin adım adım yapılandırılması. Kazanımlara öğrencinin ulaşması STEM eğitimi yaklaşımının hedeflerinden biridir. Bilişsel olarak düşük seviyeli kazanımlardan daha yüksek seviyeli kazanımlara doğru süreç içerisinde bir ilerleme gereklidir (Aranda vd., 2020; Guzey ve Aranda, 2017). Bu ilerlemenin çok detaylı bir şekilde planlanması ve öğrencilerin bu süreçlerdeki etkinliklerine göre sorular ve ipuçları belirlenmelidir.

Hatalardan öğrenme. STEM eğitimi yaklaşımında, öğrencinin hata yapması beklenen bir durum olup bu hatalardan ders çıkarıp yoluna daha doğru hipotezler ile devam etmesi istenmektedir. Hataların sebeplerini bulmak için derinlemesine yapılan düşünme süreçleri ve tartışmalar hatalardan birçok yeni kavramın öğrenilmesine, yapılan tasarımın geliştirilmesine ve problemin çözümüne dönük farklı deneyimler edinilmesine imkân sağlar (Carroll, 2019; Guzey, Moore ve Harwell, 2016).

Ürün değil süreç odaklı eğitim yaklaşımı. STEM eğitimi yaklaşımı sadece ürün ve sonuç değerlendirmeleri ile yetinmez. STEM eğitimi yaklaşımında süreç en az sonuç kadar değerlidir. Ürün oluşturma sürecinde öğrenilenler en iyi ürünün oluşması için temel unsurlardır. Süreç öğrencileri dersin planlanan kazanımlarına ulaştırmada belirleyicidir.

Çözümde çeşitliliğe izin verir ve tek doğru cevabı olmaz. STEM eğitimi yaklaşımında tasarım önemli bir unsurdur. Bu sebeple çok farklı tasarımlar ile sorunlara cevap verilebileceği için STEM eğitimi yaklaşımındaki gerçek hayat problemini içeren senaryo çok alternatifli çözümlere imkân verecek şekilde tasarlanır (Guzey, Moore ve Harwell, 2016). Burada tek bir doğru cevap olmasındansa çözümdeki çeşitlilik önemlidir. Problemin çözümüne dönük her bir tasarım öğrencilere farklı bir yol göstermektedir.

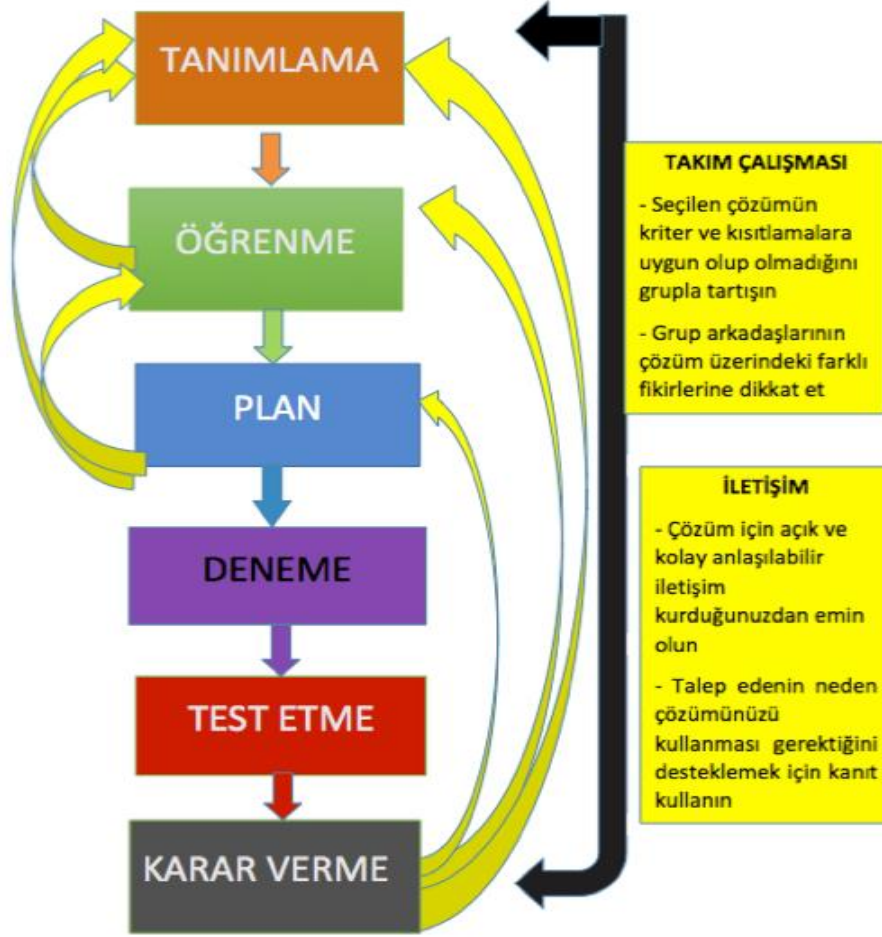
Grup Çalışması. Grup çalışması hem etkili iletişimin sağlanmasında hem de takım çalışması becerilerinin gelişmesi açısından çok değerlidir. Ayrıca akran öğrenmesini desteklediği için de öğrencilerin birbirlerinden öğrenme fırsatı bulurlar (Bodner ve Elmas, 2020). Birçok araştırmada, grup çalışması, STEM eğitimi yaklaşımının ayrılmaz bir parçası olarak belirlenmiştir (Atman vd., 2007; Moore vd., 2014; Thibaut vd., 2018).

Yukarıda açıklanan STEM eğitimi yaklaşımının özellikleri ile birlikte bir diğer önemli unsur olan mühendislik ve mühendislik tasarım sürecinin de ayrıntılı bir şekilde açıklanması gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki STEM eğitimi yaklaşımını oluşturan mühendislik tasarım süreci, öğrenme çıktılarına başarılı bir şekilde ulaşmak için tüm süreci tanımlayan ana unsurdur.

Mühendisliğin STEM Eğitimi Yaklaşımındaki Rolü Nedir?

Mühendislik; fen bilimi, matematik ve teknoloji disiplinlerinin anlamlı bir şekilde bütünleştirilmesinde ve gerçek hayat problemlerinin çözülmesinde önemli bir disiplindir (Atman vd., 2007; Cantrell vd., 2006; Johnston vd., 2019; Ulusal Araştırma Konseyi [NRC], 2010, 2012). Öğrencilerin, günümüz problemlerini anlayabilme ve bu problemlere çözüm üretebilme özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir. Bu noktada onlara zengin, ilgi çekici ve motive edici bir içerik dahilinde STEM disiplinlerini mühendislik ile anlamlı bir şekilde bütünleştiren modüller sunulmalıdır (Moore vd., 2013). Nitelikli STEM modülünü oluşturan basamakların neler olduğunun ilköğretim birinci sınıftan on ikinci sınıfa kadar belirlenmesi gerekir. Bu basamakları en iyi açıklayan çalışmalardan biri Moore ve arkadaşlarının (2013) geliştirdiği mühendislik tasarım sürecidir (bkz: Şekil 1). MTS tanımlama, öğrenme, planlama, deneme, test etme ve karar verme basamaklarından oluşmaktadır (Atman vd., 2007; Chrismond ve Adams, 2012; Moore vd., 2013). İşleyişte bu basamaklar farklı varyasyonlar ile tekrarlı bir şekilde

kullanılabilir. Yani deneme basamağında sorun yaşayan öğrenci grubu planlama basamağına tekrar dönerek süreci tekrar planlayabilirler.



Şekil 1. Mühendislik Tasarım Süreci (Moore vd., 2013)

Tanımlama. MTS, gerçek hayat problemini bir senaryo içerisinde vererek başlar. Bu süreçte öğrenciler, senaryoyu okuyarak problemi tanımlamaya çalışırlar ve problemin çözümünün neden önemli olduğunu takım arkadaşlarıyla tartışarak kavrarlar. Bu basamakta, öğrencilerden problemin çözümüne yönelik verilen kriter ve kısıtlamaları tanımlamaları ve devam eden basamaklarda bunları dikkate alarak ilerlemeleri beklenir. Bunlara ek olarak bu basamakta problemin daha iyi anlaşılması için öğrencilerin öğretmenlerine soru sormak için cesaretlendirilmeleri oldukça önemlidir. Öğretmen ise sadece ipuçlarını vererek öğrencilere açık uçlu sorular yönelterek soruların cevapları üzerinde öğrencileri düşünmeye sevk etmelidir. Tanımlama basamağının sonunda

öğrencilerin problemin tanımını, çözümün neden önemli olduğunu, çözümün kim için fayda sağlayacağını, kriterleri ve kısıtlamaları belirlemeleri ve öğrenmeleri gerekir (Moore vd., 2014).

MTS'nin en önemli ve zor basamakları problemi tanımlama ve öğrenme basamaklarıdır (Cross, 2001; Cross ve Clayburn Cross, 1998; Jain ve Söbek, 2006). Jain ve Söbek (2006) MTS boyunca en çok zamanın bu iki basamakta harcanması gerektiğini savunmaktadırlar. Onlara göre, öğrenciler problemi iyi anlayıp mühendislik problemini çözmek için yeterli düzeyde matematik ve fen bilimlerini öğrenirlerse, en etkili çözümü bulabilirler. Diğer yandan araştırmacılar, problem durumunun en iyi şekilde anlaşılmasını, MTS boyunca yapılacak düzenli tekrarlarla kalıcı hale getirileceğini savunmaktadır (Atman vd., 2007; Moore vd., 2013; Yang, 2005). Yani, öğretmen her dersin başlangıcında problem durumunu öğrencilere sorular yönelterek, hatırlatılmasını sağlayıp derse devam ederse, problem durumu daha iyi anlaşılabilir olur. Gerçekleştirdiğimiz uygulamalardaki deneyimlerimiz doğrultusunda tanımlama basamağında karşılaşılan en büyük zorluk, öğrencilerin problemi anladıklarını zannederek bu basamağı geçmeleri ve MTS'nin ilerleyen basamaklarında çeşitli problemlerle karşılaşarak, MTS boyunca daha fazla zaman kaybı yaşamalarıdır. Bunun önlenmesi için, öğretmenin tanımlama basamağı boyunca öğrencilerin grup içinde tartışmalarına fırsat vermesi ve daha sonra açık uçlu sorularla sınıf içerisinde tartışma ortamı yaratıp öğrencilerden cevap alması gerekir. Son olarak öğretmen, tanımlama basamağının sonunda açık uçlu sorular ile hazırlanmış bir değerlendirme ölçeği ile problem durumunun anlaşılıp anlaşılmadığını tespit etmelidir.

Öğrenme. Jain ve Söbek'e göre (2006) başarılı bir MTS'nin en önemli basamaklarından biri öğrenme basamağıdır. Öğrenme basamağında birçok bilgiyi öğrenmek yerine, problemin çözümüne katkı sağlayacak yeterli bilgiyi aldıktan sonra MTS içerisinde ilerlemek çok önemlidir. Öğrenme aşamasında birçok öğrencinin problemin çözümüne fayda sağlamayacak gereksiz bilgi öğrenmesi nedeniyle diğer basamaklarda problem yaşadıklarını ve ilerleme kaydedemediklerini belirtmişlerdir (Christiaans ve Dorst, 1992; Atman vd., 2007). Diğer basamaklarda olduğu gibi bu basamakta da grup içi ve gruplar arası yapılan tartışmalar, fikir alış-verişi ve yeni fikirlerin üretilmesi için çok önemlidir. Öğrenme aşamasında öğrencilere problemin çözümüne katkı sağlayacak ön bilgilerin neler olması gerektiğine dair sorular sorularak takım arkadaşlarıyla tartışma ortamı yaratmak, süreç içerisindeki doğru ve yeterli bilgilerin kazanılmasını sağlayacaktır. Tartışma yaparken çözüm için kullanabilecekleri fen bilimi ve matematik disiplinlerine yönelik birtakım iddialarda bulunmaları sağlanmalıdır. Daha sonra öğrencilerin bu iddialarını kanıta dayalı olarak açıklamaları, kavramsal olarak öğrenme için önemli bir aşamadır. Standartlara uygun matematik ve fen bilimlerinin belirlenmesi ve belirlenen bu disiplinlerin yapılandırmacı bir yaklaşım çerçevesinde öğretilmesi, bu süreçteki kazanımların kazandırılması için ayrıca önem taşır. Bu süreçte konu dışına çıkılmasını önlemek amacıyla, öğrencilere her basamakta problemin ne olduğu, kriter ve kısıtlamaların neler olduğuna dair sorular yöneltilerek hatırlamaları sağlanabilir. Çünkü hazırlanan STEM modülleri genelde 10-20 saat bandında planlandığı için, ara sıra hatırlatmaların yapılması öğrencilere problemin çerçevesinde kalmalarını sağlayacaktır. Öğretmenler STEM modüllerini uygularken,

problemi tanımlama ve öğrenme basamaklarında yeteri kadar zaman ayırmaya dikkat etmelidir.

Planlama ve Deneme. Bu basamakta öğrenciler, problemin çözümü için öğrenme basamağında öğrendikleri matematik ve fen bilimleri doğrultusunda bireysel olarak minimum 2 tasarım planı oluştururlar. Öğrenciler, oluşturdukları tasarım planını bireysel olarak kanıta dayalı verilerle açıklamalıdır (Moore vd., 2014). Daha sonra takımları ile birlikte bir tane ortak tasarım planına karar verirler. Karar verirken, öğrencilerden öğrenme basamağında elde ettikleri bilgilerle tekrardan kanıta dayalı olarak açıklama yapmaları beklenir. Çünkü kanıta dayalı olarak açıklamalarda bulunmak, öğrencilerin problem hakkında derinlemesine düşünmesini sağlayarak, neyi neden yapmaları gerektiğini gerekçeleriyle birlikte anlamalarını sağlayacaktır (Siverling, Suazo-Flores, Mathis ve Moore, 2019). Planlama aşamasını oluştururken öğrencilerin takım arkadaşları ile fikir alışverişinde bulunmaları, planlanan çözümün avantajlarını ve dezavantajlarını konuşmaları, farklı çözüm yollarını araştırmaları önemlidir. Takım olarak bir tane plan seçildikten sonra, seçilen planın sınıf ortamında paylaşılabilmesi için, her grup poster sunumu hazırlayarak hipotezleri ve hipotezlerini destekleyen kanıtlarla diğer grup arkadaşlarına bir sunum gerçekleştirirler. Bu süreçte öğretmenin her bir grubu düzenli aralıklarla gezip, açık uçlu sorularla neyi neden yaptıklarını açıklamaları istenir. Bu durum, her bir öğrencinin süreç içerisinde aktif bir şekilde katılmasını ve hedeflenen kazanımları öğrenmesini sağlar. Deneme basamağında ise, yapılan planın uygulamaya geçirildiği basamaktır. Bu basamakta öğrenciler takımları ile karar verdikleri plan üzerinden kriter ve kısıtlamaları dikkate alarak test etmek üzere bir prototip geliştirirler (Moore vd., 2014).

Test Etme ve Karar Verme. Test etme basamağında oluşturulan prototip test edilir. Bu basamakta öğrenciler, test edilebilecek hipotezler, sorular ve tasarım deneyimleri oluşturarak geliştirdikleri prototipin, problemin çözümü için yeterli olup olmadığını değerlendirirler. Test etme basamağında, öğrenciler farklı değişkenlere bağlı olarak veri toplayabilirler. Topladıkları bu verileri kâğıt üzerinde grafik oluşturarak veya teknolojik programlar yardımıyla grafik çizerek anlamlı sonuçlar çıkarmaya ve grup ile bu sonuçları tartışmaya çalışırlar. Analiz edilen verilerle geliştirilen prototipin, avantajlarını ve dezavantajlarını belirlemeye çalışırlar. Belirlenen bulgular sayesinde, mühendislik tasarımının problemin çözümü için uygun olup olmadığı belirlenir ve eğer yeniden tasarlama sürecine ihtiyaç varsa, tekrar tasarlama sürecine gidilir. Tekrarda tasarlama süreci, problemin çözümünün geliştirilebilmesi ve problem içerisindeki kriter ve kısıtlamalara uygun bir tasarım oluşturmak için önemli bir adımdır. Eğer toplanan veriler doğrultusunda tasarlanan prototip problemin çözümü için yeterli ise, karar verme aşamasına geçilerek sınıf ortamında paylaşım üzere bir sunum hazırlanır. Bu sunumda; plan bölümü, toplanan veriler ve bu verilerin analiz edilerek yorumlanması yer alır (Moore vd., 2014).

Sonuç olarak MTS, STEM modüllerinin geliştirilmesinde kullanılacak önemli bir teorik çerçevedir. Bu bölümde mühendisliğin STEM eğitimindeki rolü anlatılarak, modül geliştirme sürecinde MTS'nin basamakları detayları ile anlatılmıştır. Anlatılan MTS sürecinin basamakları kullanılarak öğrenciler, mühendislik problemlerini içeriğe uygun matematik, fen bilimleri ve teknolojiyi kullanarak gerçek hayat problemlerini

çözebilirler. Ayrıca MTS, öğrencilere yapılandırmacı bir yaklaşımla kendilerinde var olan ön bilgilerini de kullanarak yeni bilgilere ulaşmalarına ve yaptıkları denemeler üzerinden doğru olan bilgileri öğrenerek etkili çözümler bulmalarına olanak sağlar. Bunların yanı sıra öğrenciler, MTS boyunca risk almayı ve yönetmeyi, verilen malzemeleri etkili şekilde kullanarak gerçek hayat problemlerini çözmeyi, farklı çözüm yöntemlerini düşünmeyi, yaratıcılıklarını kullanmayı ve geliştirmeyi ve bütün süreç boyunca takım çalışmasını ve iş birliği yapmayı öğrenirler. En önemlisi de öğrenciler MTS boyunca bir mühendis gibi düşünerek verilen mühendislik problemini çözmeye çalışırlar. Buna bağlı olarak STEM eğitiminde yalnızca tasarımın kendisi mühendislik olarak tanımlanamaz. Doğru olan ifade, STEM'deki mühendislik disiplininin rolünün, MTS'deki tüm basamakları kapsadığının bilinmesi gerektiğidir (Atman vd., 2007; Cantrell vd., 2006; Dym vd., 2005; Moore vd., 2013). Yani MTS, öğrencinin bir mühendis gibi düşünmesini sağlayarak önce problemi belirlemesini ve anlamasını sağlar, daha sonra problemin çözümü için gerekli olan matematik ve fen bilimlerini öğrenmesini amaçlar. Problemi tanımlayan ve problemin çözümüne katkı sağlayacak matematik ve fen bilimlerini öğrenen öğrenciler bir planlama yaparak plan dahilinde bir prototip oluştururlar ve bu prototipi denemeye başlarlar. Deneme aşamasında veri toplayan öğrenciler, verilerini belirleyerek test ederler. En sonunda öğrenciler karar verme aşamasına geçerek, buldukları çözümün yeterli olup olmadığını takım arkadaşlarıyla tartışırlar. Eğer bulunan sonuç problemin çözümü için yeterli değilse, öğrenciler yeniden tasarım sürecine girerek problem nerede ise ilgili MTS basamağına dönüp, o basamaktan sürece devam ederler. Örneğin MTS'nin planlama basamağında sorun varsa, o basamağa dönüp planlarını tekrar yaparak deneme ve test etme aşamalarını tekrarlayarak karar verme basamağına geçerler (Atman vd., 2007; Dym vd., 2005; Moore vd., 2013). STEM modülleri bu tekrarlı süreçteki her bir basamağa göre sırayla geliştirilerek gerçek hayat problemlerini çözmeye yönelik kullanılırsa, istenilen kazanımların ve becerilerin öğrencilere kazandırılması çok muhtemeldir.

STEM Eğitimi Yaklaşımının Değerlendirilmesi

STEM eğitimi yaklaşımı bir program geliştirme yaklaşımı olarak özellikle Amerika'da eğitim süreçlerine dahil olsa da Türkiye'de bir öğretim yöntemi olarak kullanılması yaygın bir durum haline gelmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda STEM eğitimi yaklaşımının proje tabanlı öğrenme, probleme dayalı öğrenme ile birlikte ilişkilendirildiği ayrıca, STEM eğitiminin deneysel etkinlik olarak öğretimde kullanıldığı da görülmektedir (Altan, 2017; Çakır ve Ozan, 2018; Çevik, 2018). Proje tabanlı öğrenme ve probleme dayalı öğrenme yaklaşımlarının teorik alt yapıları incelendiğinde STEM eğitimi yaklaşımı ile aralarında farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılıklara aşağıda yer verilmiş olup ayrıca, STEM eğitimi yaklaşımının deneysel etkinlik olmadığı üzerinde de durulmuştur.

STEM eğitimi yaklaşımı, öğrencilerin küçük gruplar halinde çalıştıkları, çoğu zaman sınıf içerisinde gerçekleştirilen, sadece ürün odaklı değil, süreç ve beceri odaklı olan bir eğitim yaklaşımıdır. Proje tabanlı öğrenme (PTÖ) ise, bireysel veya küçük gruplar aracılığıyla öğrencilerin gerçek yaşama benzeyen bir yaklaşımla ilgilendiği problemlerin çözümünü amaçlayan bir öğrenme yaklaşımıdır (Başbay, 2011; Blumenfeld vd., 1991; Erdem, 2002; Korkmaz ve Kaptan, 2001). PTÖ'de öğrenciler sorularını

araştırarak hipotez kurar; tartışarak yeni fikirler sunar (Krajcik ve Blumenfeld, 2005); ilgi alanlarını seçerek bilgi toplar ve okulda öğrendiklerini de kullanarak bir ürün oluştururlar (Diffily, 2002). STEM eğitimi yaklaşımında savunulan öğrenme deneyimlerinin çoğunun PTÖ'nün temel prensiplerine benzemesi (Siew, Amir ve Chong, 2015) son zamanlarda PTÖ ile STEM kavramlarının birlikte kullanılmasını gündeme getirmiştir. Örneğin alan yazında “*proje tabanlı STEM eğitimi*”, “*STEM proje tabanlı öğrenme ortamı*” gibi tanımlar yer almaktadır (Çevik, 2018; Han, Capraro ve Capraro, 2015; Han, Rosli ve Capraro, 2016; Sümen ve Çalışıcı, 2019; Tseng, Chiang ve Hsu, 2008). Bu doğrultuda, STEM ve PTÖ eğitim yaklaşımlarının birlikte kullanılmasından ziyade kendi başlarına birer değer oldukları şu şekilde değerlendirilebilir:

STEM eğitimi yaklaşımı ile PTÖ'de konunun belirlenmesinde, öğretim sürecinde ve ürün oluşturmada farklılıkların olduğu dikkat çekmektedir. STEM eğitimi yaklaşımında gerçek hayat problemi içeren senaryo öğrencilere verilir ve senaryodan yola çıkılarak problem durumunu öğrenciler önce bireysel sonra grup içinde tartışarak belirlemeye çalışırlar ve problemi belirledikten sonra bir sonraki aşamaya geçerler. PTÖ'de gerçek hayattan bir problem durumu verilir ancak öğrencilerin dikkatini çekmek, konu hakkında farklı görüş belirtmelerini sağlamak ve kendi proje konularını oluşturmak amaçlanır. Kısaca konu; STEM eğitimi yaklaşımında standartlara uygun bir şekilde öğretmen tarafından içeriği detaylı bir şekilde önceden hazırlanırken, PTÖ'de ise öğrencilerin ilgi duydukları alana ve derinlemesine araştırma yapmak istedikleri temalar doğrultusunda öğrenciler ile birlikte öğretmen tarafından belirlenebilir.

STEM eğitimi yaklaşımında öğrenciler bireysel çalışarak kendi gruplarına katkı sağlarken, PTÖ'de proje bir grup öğrenci veya bireysel olarak tek bir öğrenci tarafından hazırlanabilir. STEM eğitimi yaklaşımında öğrencilerin grup içindeki görevleri ders sırasında öğrenciler tarafından belirlenir ve görev dağılımı her derste yapılarak öğrencilerin farklı görevleri üstlenmeleri sağlanmış olur. PTÖ'de ise öğrencilerin grup içindeki görevleri önceden öğretmen tarafından belirlenebilir. STEM eğitimi yaklaşımında öğretim süreci, mühendislik tasarım sürecine göre ilerler (Moore vd., 2013). Bu süreçte öğretmen her öğrenciye mühendislik tasarım defteri verir ve ders sırasında öğrencilerin defterlerine konu ile ilgili ön bilgilerini, elde ettikleri deney sonuçlarını, yorumlarını, değerlendirmelerini yazmalarını ayrıca tasarımlarını çizmeleri konusunda bilgilendirir, defterleri her ders sonunda inceler ve mühendislik tasarım sürecinin bir sonraki basamağına geçilir. Süreç önemlidir, öğrencilerin bilgiye kendi deneyimleri sonucunda ulaşmaları sağlanır ve kanıta dayalı olarak öğrendiklerini açıklamaları beklenir. PTÖ'de ise yapılacak etkinliklerin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi okulda veya okul saatleri dışında öğrencilerin uygun buldukları her yerde, öğretmenin gözetimi veya kontrolü olmadan gerçekleştirilebilir. Öğrenciler araştırma sürecinde kaynağına ulaşma sıkıntısı çekebilirler. STEM eğitimi yaklaşımında ürün oluşturmada, her öğrencinin ürüne yaptığı katkı süreç içerisinde öğretmen tarafından takip edilir yani ürün oluşturulurken sürecin değerlendirilmesi önemlidir. PTÖ'de ise ürün oluşturulurken öğrencilere yardımcı olanlar (grup dışı arkadaş, aile, vb.) göz ardı edilebilir ve bu da süreçte öğrencilerin takip edilip edilmemesinin veya değerlendirilip değerlendirilmemesinin önemli olmadığını gösterebilir.

Sonuç olarak, STEM eğitimi yaklaşımı ile PTÖ arasında farklılıklar bulunmaktadır ancak, iki yaklaşımda da süreç sonunda ortaya bir ürünün çıkması STEM eğitimi yaklaşımı ile PTÖ'nün birleştirilerek kullanılabilmesi görüşünü doğrulamıştır.

Oysa ki STEM eğitimi yaklaşımı, mühendislik tasarım sürecine göre yürütülmesi gereken sadece ürün odaklı değil aynı zamanda süreç odaklı bir eğitim yaklaşımıdır. PTÖ de ise süreçten ziyade ürün ortaya çıkması önemlidir.

Probleme dayalı öğrenme (PDÖ) yaklaşımı, öğrencilerin problem durumu üzerine yapılan bir öğrenim süreci içinde yer almalarıdır. Ehrlich (1998)'e göre PDÖ, gerçek hayatta bir problemin çözümünü merkeze alan öğrenci merkezli bir yaklaşımdır. PDÖ tıp, mühendislik, mimarlık, işletme, hukuk, fen bilimleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. PDÖ, alanında kullanılacak yeni bilgi ve becerileri elde etmede öğrencilere yarar sağlamaktadır (Gürten, 2011; Woods, 1996). Mühendislikte kullanılan PDÖ, öğrencilerin tanımlanamayan problemleri çözme, analitik ve eleştirel düşünme becerilerini artırma, iletişim becerilerini genişletme ve geliştirmeyi desteklediği için uyumludur (Johnson, 1999). Bu uyumu STEM eğitimi yaklaşımına entegre etmek isteyen araştırmacılar (Altan, 2017; Doğanay, 2018; Wan Husin, 2016), alan yazında “*probleme dayalı öğrenme ile STEM eğitimi gerçekleştirme*”, “*probleme dayalı öğrenme ortamında STEM eğitimi*”, “*probleme dayalı FeTeMM uygulamaları*” şeklinde tanımlanan çalışma başlıklarına yer vermişlerdir. Oysa ki mühendislik tasarım süreci zaten probleme dayalı öğrenmeyi de içermektedir (Johnson, 1999). Örneğin, MTS basamaklarının ilki olan tanımlama basamağında var olan problem durumu öğrenciler tarafından ortaya konur, probleme çözüm aranır ve süreç devam eder. Bu doğrultuda, STEM ve PDÖ eğitim yaklaşımlarının birlikte kullanılmasından ziyade kendi başlarına birer değer oldukları şu şekilde değerlendirilebilir;

STEM eğitimi yaklaşımı ile PDÖ’de problem durumu, probleme çözüm bulma ve süreçte farklılıklar bulunmaktadır. STEM eğitimi yaklaşımında gerçek hayat problemi içeren senaryo öğrencilere verilir ve senaryodan yola çıkılarak problem durumunu öğrenciler önce bireysel sonra grup içerisinde tartışarak belirlemeye çalışırlar. PDÖ’de ise problem cümlesi direk olarak öğrenciye öğretmen tarafından verilebildiğinden, öğrencilerin problem durumunu belirleme arayışı içine girmeleri gerekmez ve ayrıca, problem durumu gerçek hayatta karşılaşılmayacak bir durumdan da oluşabilir. STEM eğitimi yaklaşımında öğrenciler, problem durumunu tanımladıktan sonra mühendislik tasarım sürecinin öğrenme basamağına geçmektedirler. PDÖ’de ise öğrenciler problem durumuna yönelik bilgi arayışı içine girerler ve edindikleri bilgileri problemin çözümünde kullanırlar. Bir problem yeterli bir şekilde anlaşıldığında ve çözüme ulaşıldığında ise grup bir sonraki probleme ilerlemekte ve bu şekilde süreç devam etmektedir (Berkel ve Schmidt, 2000).

STEM eğitimi yaklaşımında öğretmen, mühendislik tasarım sürecine dayalı olarak süreci yönetir. PDÖ’de ise öğrenciler, problem durumuna çözüm bulurken belirli bir plan dahilinde ilerlemek zorunda olmayıp problemin çözümüne odaklanırlar ayrıca öğrenci gruplarına bir görev/problem veya proje verilmesi (Tseng vd. 2008) ile öğrenciler problemi sınıfın içinde veya dışında bilgiye ulaşarak çözebilirler (Boud ve Feletti, 1997; Gürten, 2011). PDÖ’de öğrenciler, probleme bağlı olarak öğrenmelerinde dışarıdan (grup dışı arkadaş, aile, vb.) yardım alabilirler, daha sonra bağımsız çalışabilirler ve son olarak da arkadaşları ile çözümlerini paylaşarak tartışırlar (Chung ve Chow, 2004). STEM eğitimi yaklaşımında ise öğrenciler kendi öğrenmelerinden sorumlu bir şekilde grup arkadaşları ile öğrenmelerini deneyerek ve tartışarak sınıf içerisinde ve öğretmenin rehberliğinde gerçekleştirirler.

STEM eğitimi yaklaşımında gruplar 4-6 arasında değişen öğrenciden oluşurken, PDÖ'de ise bireysel veya daha fazla sayıda değişen öğrenci gruplarından oluşabilmektedir. STEM eğitimi yaklaşımında problemin çözümünde farklı disiplinler arası bilgilerin kullanılmasına önem verilirken PDÖ'de ise problemin çözümü farklı disiplinler kullanılarak olabildiği gibi tek bir disiplin odağında da organize edilebilir. Sonuç olarak, STEM eğitimi yaklaşımı ile PDÖ birbirinden farklı özelliklere sahiptirler. Ancak, STEM eğitimi yaklaşımında problem, problem durumu, probleme çözüm bulma gibi PDÖ'de yer alan süreçler bulunmaktadır. Bu nedenle STEM eğitimi yaklaşımının birçok açıdan PDÖ'yü kapsadığı söylenebilir.

Ülkemizde 2017 yılında revize edilen fen bilimleri dersi öğretim programında, 4. sınıf seviyesinden itibaren “fen ve mühendislik uygulamaları” ünite şeklinde programa eklenmiş ve temel becerilerde yer alan mühendislik ve tasarım becerilerine yer verilmiştir. 2018 yılında program tekrar revize edilmiş ve programa “fen, mühendislik ve girişimcilik uygulamaları” adı altında bütün üniteleri kapsayacak şekilde yer verilmesi uygun görülmüştür. Bu alan, fen bilimlerinin matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirilmesi sağlanarak, problemlere disiplinler arası bakış açısıyla, öğrencileri buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaştırarak, edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturmalarını ve bu ürünlere nasıl katma değer kazandırabilecekleri konusunda stratejileri kapsamaktadır (MEB, 2018). Bu bağlamda, STEM eğitimi yaklaşımının deneysel bir etkinlik olarak bir ürün tasarlatma amacının olup olmadığı sorgulanarak MEB'in programda yer verdiği tanım göz önünde bulundurulmalı ve STEM eğitimi yaklaşımının doğru bir şekilde uygulanması sağlanmalıdır. STEM eğitimi yaklaşımının öğretim programlarında yer almasıyla birlikte araştırmacılar tarafından farklı kavramlar ve farklı uygulamalar ortaya çıkmıştır. Örneğin, “STEM deneyleri”, “STEM deney etkinlikleri”, “STEM fen deneyleri”, “STEM etkinlikleri”, “STEM aktivitesi”, “STEM temelli ders etkinliği”, “FeTeMM etkinlikleri” gibi kavramların çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir (Çakır ve Ozan, 2018; Çakır, Yalçın ve Yalçın, 2019; Eroğlu ve Bektaş, 2016; Gencer, 2015; Gökbayrak ve Karışan, 2017; Gülgün, Yılmaz ve Çağlar, 2017; Pekbay, 2017; Yamak, Bulut ve Dündar, 2014). Fen ve matematiğin, mühendislik tasarım sürecine yönelik olarak teknoloji ile bütünleştirilmesi yerine STEM eğitimi yaklaşımının deneysel bir etkinlik olduğu vurgusu göze çarpmaktadır. STEM eğitimi yaklaşımının sadece deneyleri içermediği ve deney etkinliklerinden farklılıkları bulunmaktadır. Bu doğrultuda, STEM eğitimi yaklaşımının sadece deneysel bir etkinlik olmadığına daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla deneysel etkinliklerle öğrenmenin özelliklerine değinmek gerekmektedir. Öncelikle deney yönteminde bilimsel süreç basamakları takip edilir. Öğretmen deneyi daha önceden yapar ve sonuca ulaşır, sonuçlandıramadığı deneylere sınıfında yer vermez. Deneyde amaç, bilimsel gerçekleri bulmak ve gerçeklerin anlaşılmasını sağlamaktır. Temel bilgiler öğretmen tarafından sunulmaktadır ve öğrencilerin ulaşacağı tek bir sonuç vardır. Problem durumu öğretmen tarafından verilir ve uygulanması genellikle bir ders saati içinde tamamlanır. STEM eğitimi yaklaşımında ise öğrencilerin problem çözme becerisi, üst düzey düşünme becerisi, derinlemesine anlama becerisi gelişmektedir (Morrison, 2006; Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012). Bu süreçte öğrenciler bir mühendis gibi problemlerin çözümünü test etme ve ürünlerini deneme fırsatı bularak süreç içinde öğrenmelerini gerçekleştirirler (Bers ve Portsmore, 2005; Crismond ve Adams, 2012). Öğrenciler yaptıkları hatalardan da öğrenme fırsatı bulabilirler.

Sonuç olarak fen deneyleri; matematik, teknoloji ve mühendislik içeren veya içermesi için zorlanan ve STEM adı altında uygulamaların yapıldığı etkinlikler haline dönüştürülmemelidir. STEM eğitimi yaklaşımının yalnızca fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplin alanlarının bulunduğu bir etkinlik veya bir seri deneyi içermediği söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, STEM sadece deneysel bir etkinlik değildir ancak, STEM öğretim sürecinde deneylerden faydalanılabilir.

Sonuç ve Öneriler

STEM eğitimi yaklaşımı yaratıcı düşünme, yenilikçilik, tasarım yapma, girişimcilik, doğru soruları sorabilme, takım çalışmasının etkili bir parçası olma, öğrenmede sorumluluk alma, süreçleri doğru analiz edebilme, bilimsel okuryazarlık, teknolojik okuryazarlık gibi gelecekte payı olacak becerileri ve kavramları kazandırmada disiplinler arası önemli bir eğitim yaklaşımıdır. Bu süreç gerçek bir hayat probleminin verilmesiyle başlar ve MTS'nin adımlarını izleyerek ve tekrar ederek probleme bir takım çözüm yollarının bulunması, denenmesi ve en uygun çözüm yolunun belirlenmesi ile sona erer (Moore vd., 2014). Diğer bir ifadeyle, STEM eğitimi yaklaşımının sadece ürün odaklı değil, aynı zamanda süreç odaklı olması gerekir. STEM eğitimi yaklaşımı proje tabanlı öğrenme, probleme dayalı öğrenme ve deneysel etkinlik yöntemiyle karşılaştırıldığında, bazı ortak noktalar olmasına rağmen, teorik olarak uygulanmasında ve kazandırılması gereken hedeflerde önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. STEM eğitimi yaklaşımında süreç çok önemliyken, proje tabanlı öğrenmede süreçten ziyade ürünün ortaya çıkması önemlidir. Probleme dayalı öğrenmede ise süreç veya üründen ziyade problemin bir çözümünün bulunması yeterlidir. Deney yönteminde ise ulaşılabilecek bir tek sonuç vardır ve bilimsel gerçekleri bulmak ve gerçeklerin anlaşılmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Yani, STEM eğitimi yaklaşımı hem süreç odaklı olması hem de farklı çözüm yollarını içermesi durumu ile proje tabanlı öğrenme ve probleme dayalı öğrenmeden ayrılmaktadır. Ayrıca, STEM eğitimi yaklaşımında ve proje tabanlı öğrenmede farklı disiplinlerin problemin çözümüne ulaşmada bütünlük olarak kullanılması önemliyken, probleme dayalı öğrenmede problemin çözümüne tek bir disiplin ile ulaşılması mümkündür. STEM eğitimi yaklaşımı (Çorlu vd., 2014; Moore vd., 2014) ile proje tabanlı öğrenme yaklaşımında (Larmer, 2014) problem durumunda gerçek hayatın içinden seçilen bağlamların sosyal değerinin olması önemli iken, probleme dayalı öğrenme yaklaşımında problem durumunun gerçek hayatın içinden sosyal değeri olan bir problem olması zorunlu değildir (Elmas, 2020). Fakat STEM eğitimi yaklaşımı ile deney yöntemi hem teorik olarak hem de uygulama olarak birçok farklılık içermektedir ve STEM eğitimi yaklaşımı bir deneysel etkinlik olmayıp, süreç içerisinde deneysel etkinliklerden faydalanılabilir.

Not

Bu çalışmanın bir kısmı 17th International Conference Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education adlı konferansta 7-8 Kasım, 2019'da Prag/Çek Cumhuriyeti'nde bildiri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- Adams, A. E., Miller, B. G., Saul, M. ve Pegg, J. (2014). Supporting elementary pre-service teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. *Electronic Journal of Science Education*, 18(5), 5.
- Alparslan, C., Tekkaya, C. ve Geban, Ö. (2003). Using the conceptual change instruction to improve learning. *Journal of Biological Education*, 37(3), 133-137.
- Altan, E.B. (2017). Disipliner Yapıdaki Derslerde STEM Eğitimi: Tasarım Temelli Öğrenme ve Probleme Dayalı STEM Uygulamaları. S. Çepni (Haz.), Kuramdan Uygulamaya STEM Eğitimi (s. 165-197). Ankara, Pegem Akademi.
- Aranda, M. L., Lie, R., Guzey, S. S., akarsu, M., Johnston, A. ve Moore, T. J. (2020). Examining teacher talk in an engineering design-based science curricular unit. *Research in Science Education*, 50(2), 469-487.
- Aranda, M. L., Lie, R. ve Guzey, S. S. (2020). Productive thinking in middle school science students' design conversations in a design-based engineering challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(1), 67-81.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S. ve Saleem, J. (2007). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379. <http://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x>.
- Aydın-Günbatar, S. (2019). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (Fetemm) Yaklaşımı ve Fetemm'e uygun etkinlik hazırlama rehberi. H. Artun ve S. Aydın-Günbatar (Haz.), *Çağdaş yaklaşımlarla destekli Fen öğretimi: Teoriden uygulamaya etkinlik rehberi* (s. 2-22). Pegem A Yayıncılık.
- Başbay, M. (2011). Proje tabanlı öğrenme. Ö. Demirel (Haz.), *Eğitimde yeni yönelimler* (s. 67-79). Ankara: Pegem Akademi.
- Beane, J. A. (1995). Curriculum integration and the disciplines of knowledge. *The Phi Delta Kappan*, 76(8), 616-622.
- Benitti, F. B. V. ve Spolaôr, N. (2017). How have robots supported STEM teaching?. M. S. Khine (Haz.), *Robotics in STEM education* (s. 103-129). Springer, Cham.
- Berkel, H. J. M. V. ve Schmidt, H. G. (2000). Motivation to commit oneself as a determinant of achievement in problem-based learning. *Higher Education*, 40(2), 231-242.
- Bers, M. U. ve Portsmore, M. (2005). Teaching partnerships: Early childhood and engineering students teaching math and science through robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 59-73.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. ve Palincsar, A. (1991). Motivating project- based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3&4), 369-398.
- Bodner, G. ve Elmas, R. (2020). The impact of inquiry-based, group-work approaches to instruction on both students and their peer leaders. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 51-66.
- Boud, D. ve Feletti, G. I. (1997). *The challenge of problem based learning*. (2. baskı). London: Kogan Page Limited.
- 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.

- Brown, R., Brown, J., Reardon, K. ve Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5.
- Bukhari, S., Bashir, A. K. ve Malik, K. M. (2018). *Semantic web in the age of big data: A perspective*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/mwjtg>. 18 Eylül 2020 tarihinde file:///C:/Users/Armada/Desktop/Semantic%20web%20in%20the%20Age%20of%20Big%20Data_%20A%20Perspective_revised_final.pdf adresinden alınmıştır.
- Buxton, C. A. ve Provenzo, Jr., E. F. (2012). *Place-based science teaching and learning: 40 activities for k-8 classrooms*. Thousand Oaks CA: SAGE Publications, Inc.
- Bülbül, M. Ş., Elmas, R. ve Eryılmaz, A. (2019). Fizik ve kimya disiplinleri için ilgi çekici olan bağlamların bağlam disiplini ilişkisi kapsamında belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 50, 451-479.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM? *Science*, 329, 996. doi: 10.1126/science.1194998
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A. ve 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.
- Carlsen, W. S. (1998). Engineering design in the classroom: Is it good science education or is it revolting? *Research in Science Education*, 28(1), 51-63.
- Chiu, J. L., Malcolm, P. T., Hecht, D., DeJaegher, C. J., Pan, E. A., Bradley, M. ve Burghardt, M. D. (2013). WISEngineering: Supporting pre college engineering design and mathematical understanding. *Computers & Education*, 67, 142-155.
- Christiaans, H. H. C. M. ve Dorst, K. H. (1992). Cognitive models in industrial design engineering: A protocol study. *Design Theory and Methodology*, 42(1), 131-140.
- Chung, J. C. C. ve Chow, S. M. K. (2004). Promoting student learning through a student centred problem-based learning subject curriculum. *Innovations in Education and Teaching International*, 41 (2), 157-168.
- Chung C., Cartwright C. ve DeRose J. (2017) Robotics festival and competitions designed for STEM+C education. In M. Khine (Haz.), *Robotics in STEM education*. Springer, Cham.
- Clark, R. E. (2001). *Learning from media: Arguments, analysis, and evidence*. Greenwich, CT: Information Age Publishers.
- Clark, R. E., Kirschner, P. A. ve Sweller, J. (2012). Putting students on the path to learning: The case for fully guided instruction. *American Educator*, 36, 6-11.
- Crismond, D. P. ve Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797. <http://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x>
- Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design issues*, 17(3), 49-55.
- Cross, N. ve Cross, A. C. (1998). Expertise in engineering design. *Research in Engineering Design*, 10(3), 141-149. <http://doi.org/10.1007/BF01607156>
- Çağiltay, K. ve Göktepe, Y. (2013). *Öğretim teknolojilerinin temelleri: Teoriler, araştırmalar, eğilimler*. Pegem Akademi.
- Çakır, R. ve Ozan, C.E. (2018). FeTeMM etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, yansıtıcı düşünme becerileri ve motivasyonlarına etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 38(3), 1077-1100.

- Çakır, Z., Yalçın, S. A. ve Yalçın, P. (2019). Montessori yaklaşımı temelli stem etkinliklerinin okul öncesi öğretmen adaylarının yaratıcılık becerilerine etkisi. *Uluslararası BİLimsel Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 392-409.
- Carroll, M. (2019). Stretch, dream, and do - a 21st century design thinking & STEM journey. *Journal of Research in STEM Education*, 1(1), 59-70.
- Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 8(2), 281-306.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M. ve Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Diffily, D. (2002). Project-based learning: Meeting social studies standards and the needs of gifted learners. *Gifted Child Today*, 25(3), 40-59.
- Doğanay, K. (2018). *Probleme dayalı STEM etkinlikleriyle gerçekleştirilen bilim fuarlarının ortaokul öğrencilerinin fen bilimleri dersi akademik başarılarına ve fen tutumlarına etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi FBE.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. ve Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- Ehrlich, T. (1998). Reinventing John Dewey's pedagogy as a university discipline. *The Elementary School Journal*, 98(5): 489-509.
- Elmas, R. ve Geban, Ö. (2012). Web 2.0 tools for 21st century teachers. *International Online Journal of Educational Sciences*, 4(1), 243-254.
- Elmas, R., Akin, F. N. ve Geban, Ö. (2013). Ask a scientist website: Trends in chemistry questions in Turkey. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 22(4), 559-569.
- Elmas, R. ve Eryılmaz, A. (2015). How to write good quality contextual science questions: Criteria and myths. *Journal of Theoretical Educational Science*, 8(4), 564-580.
- Elmas, R. ve Geban, Ö. (2016). The effect of context based chemistry instruction on 9th grade students' understanding of cleaning agents topic and their attitude toward environment. *Education and Science*, 41(185), 33-50.
- Elmas, R. (2020). Bağlamın anlamı ve nitelikleri ve öğrencilerin fen eğitiminde bağlam tercihleri. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 5(1), 53-70.
- Erdem, M. (2002). Proje tabanlı öğrenme. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22, 172-179.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin stem temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67.
- Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223.
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan Spotlight*, 1, 47-50.
- Furner, J. M. ve Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: a stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Education Research*, 7(1), 1-10.

- Technology Education*, 3(3), 185-189.
- Gencer, A.S. (2015). Fen eğitiminde bilim ve mühendislik uygulaması: fırıldak etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 5(1), 1-19.
- Gökbayrak, S. ve Karişan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 25-40.
- Guzey, S. S. ve Aranda, M. (2017). Student participation in engineering practices and discourse: An exploratory case study. *Journal of Engineering Education*, 106(4), 585-606.
- Guzey, S. S., Moore, T. J. ve Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based stem integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 6(1), Article 2.
- Gülgün, C., Yılmaz, A. ve Çağlar, A. (2017). Teacher opinions about the qualities required in STEM activities applied in the science course. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 7(1), 459-478.
- Gürten, E.E. (2011). Probleme dayalı öğrenme. Ö.Demirel (Haz.), *Eğitimde yeni yönelimler* (s. 81-91). Ankara: Pegem Akademi.
- Han, S., Capraro, R. ve Capraro, M.M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1089-1113.
- Han, S., Rosli, R., Capraro, M.M. ve Capraro, R.M. (2016). The effect of science, technology, engineering and mathematics (stem) project based learning (pbl) on students' achievement in four mathematics topics. *Journal of Turkish Science Education*, 13 (special issue), 3-29.
- Hermann, M., Pentek, T. ve Otto, B. (2015) Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review. *Technical Report 1*. Technical University of Dortmund and Audi.
- Jain, V. K. ve Sobek, D. K. (2006). Linking design process to customer satisfaction through virtual design of experiments. *Research in Engineering Design*, 17(2), 59-71.
- Johnson, P. A. (1999). Problem-based, cooperative learning in the engineering classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125(1), 8-11.
- Johnston, A. C., Akarsu, M., Moore, T. J. ve Guzey, S. S. (2019). Engineering as the integrator: A case study of one middle school science teacher's talk. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 418-440.
- Korkmaz, H. ve Kaptan, F. (2001). Fen eğitiminde proje tabanlı öğrenme yaklaşımı. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 193-200.
- Krajcik, J. ve Blumenfeld, P. (2005). Project-based learning. R. Sawyer (Haz.), *The cambridge handbook of the learning sciences* (s. 317-334). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511816833.020
- Kuhn, J. ve Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects. *Perspectives in Science*, 2(1-4), 5-21.

- Larmer, J. (2014). *Project-based learning vs. problem-based learning vs. X-BL*. 20.06.2020 tarihinde <http://www.edutopia.org/blog/pbl-vs-pbl-vs-xbl-john-larmer> adresinden erişilmiştir.
- McArthur, D., Lewis, M. ve Bishary, M. (2005). The roles of artificial intelligence in education: Current progress and future prospects. *Journal of Educational Technology, 1*(4), 42-80.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar). 05.11.2018 tarihinde <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325> adresinden erişilmiştir.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Stohlmann, M. S., Ntow, F. D. ve Smith, K. A. (2013). A framework for implementing quality K-12 engineering education. In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, 23-46.
- Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S. ve Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education, 102*(1), 141- 178.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A. ve Smith, K. A. (2014). A Framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 4*(1), 1-13. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES.
- National Academy of Engineering & National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. (Haz: L. Katehi, G. Pearson ve M. Feder), National Academy of Sciences. National Academy of Engineering and National Research Council. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- National Research Council. (2010). *Standards for K-12 engineering education*. National Academy of Engineering.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Okan Gökten, P. (2018). Karanlıkta üretim: Yeni çağda maliyetin kapsamı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 20*(4), 880-897.
- Pekbay, C. (2017). *Fen teknoloji mühendislik ve matematik etkinliklerinin ortaokul öğrencileri üzerindeki etkileri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. ve Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education, 28*(5), 444-467.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68*(4), 20-26.
- Siew, M. N., Amir, N. ve Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *Springer Plus, 4*(8), 1-20.
- Siverling, E. A., Suazo- Flores, E., Mathis, C. A. ve Moore, T. J. (2019). Students' use of STEM content in design justifications during engineering design- based STEM

- integration. *School Science and Mathematics*, 119(8), 457-474.
- Slavinec, M., Abersek, B., Gacevic, D. ve Flogie, A. (2019). Monodisciplinarity in science versus transdisciplinarity in STEM education. *Journal of Baltic Science Education*, 18(3), 435-449.
- Smyrnaïou, Z., Petropoulou, E. ve Sotiriou, M. (2015). Applying argumentation approach in STEM education: A case study of the European student parliaments project in Greece. *American Journal of Educational Research*, 3(12), 1618-1628.
- Sobel, D. (2004). *Place-based education: Connecting classrooms & communities* (3. baskı). Great Barrington, MA: The Orion Society.
- Stohlmann, M., Moore, T. J. ve Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28-34.
- Sungur, S., Tekkaya, C. ve Geban, Ö. (2006). Improving achievement through problem-based learning. *Journal of Biological Education*, 40(4), 155-160.
- Sümen, Ö. Ö. ve Çalışıcı, H. (2019). STEM proje tabanlı öğrenme ortamında sınıf öğretmeni adaylarının geliştirdikleri matematik projelerinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 238-252.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A. ve Hellinckx, L. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-12.
- Tseng, K. H., Chiang, F. K. ve Hsu, W. H. (2008). Interactive processes and learning attitudes in a web-based problem based learning (PBL) platform. *Computers in Human Behaviour*, 24(3), 940-955.
- Tuluri, F. (2017). STEM Education by Exploring Robotics. M. S. Khine (Haz.), *Robotics in STEM education* (s. 195-209). Springer, Cham.
- Uyanık Aktulun, Ö. ve Elmas, R. (2019). 21. yüzyıl okul öncesi öğretmenleri için sosyal medya araçları: Muhtemel faydalar. *Temel Eğitim*, 1(4), 6-20.
- Uysal, E. ve Cebesoy, Ü. B. (2020). Tasarım temelli FeTeMM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine, tutumlarına ve bilgilerine etkisinin incelenmesi. *SDU International Journal of Educational Studies*, 7(1), 60-81.
- Wan Husin, W. N. F., Mohamad Arsad, N., Othman, O., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K. ve Iksan, Z. (2016). Fostering students' 21st century skills through project oriented problem based learning (POPBL) in integrated STEM education program. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 17 (3).
- Woods, D. R. (1996). Problem- based learning for large classes in chemical engineering. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 91- 99.
- Yamak, H., Bulut, N. ve DüNDAR, S. (2014). 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri ile fene karşı tutumlarına FeTeMM etkinliklerinin etkisi . *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2): 249-265.
- Yang, M. C. (2005). A study of prototypes, design activity, and design outcome. *Design Studies*, 26(6), 649-669. <http://doi.org/10.1016/j.destud.2005.04.005>
- Yazıcı, C. ve Kültür, C. (2016). Medya mı Yöntem mi? Bitmeyen Tartışma. Çağiltay, K. ve Göktaş, Y. (Haz.) Öğretim teknolojilerinin temelleri (s. 123-140). Pegem Akademi, Ankara.

Characteristics and Evaluation of Stem Education Approach

Abstract

Recent educational reforms emphasize the importance of the STEM education approach in individual and community life. While asserting that the STEM education approach is so crucial, there is a limited number of studies making clear elucidations in the literature considering its definition, characteristics, and differences. This study addresses how to define the STEM education approach based on the existing literature to ascertain its characteristics and compare it with the other three educational approaches. This is a review study. There were no predetermined criteria for choosing the related sources, and all sources considered to be relevant were read from the online databases and taken into account. 10 characteristics of the STEM education approach were determined and explained. The engineering design process, the theoretical framework of the STEM education approach, is elaborated in detail. Similarities and differences of the STEM education approach with project-based learning, problem-based learning, and learning with experiments activity were compared. The results of the study point to differences between the STEM education approach and other approaches in presenting the problem, finding solutions to the problem, and application processes. In project-based learning, it is more important to have a product to emerge at the end rather than the process itself. In the STEM education approach, it is essential to use different disciplines in an integrated way to achieve the solution. However, it may be sufficient to use one discipline to achieve the solution in problem-based learning. It was concluded that the STEM education approach is not an experimental activity but can benefit from experiments in the STEM education process.

Keywords: STEM, characteristics of STEM, engineering design process, project-based learning, problem-based learning, learning with experimental activity