



Bütünleşik STEM Eğitimi Modelleri* Integrated STEM Education Models

Ayşe Savran GENCER¹, Hilmi DOĞAN², Kadir BİLEN³, Bilge CAN⁴

• Geliş Tarihi: 12.06.2018 • Kabul Tarihi: 03.07.2018 • Yayın Tarihi: 01.01.2019

Öz

Eğitim programlarının bütünleştirilmesi fikri, eğitimcilerin gerçek hayat ile ilgili problemlerinin ayrı ayrı disiplinlere bölünemeyeceğini fark etmeleriyle ortaya çıkmıştır. Dewey'in (1931) disiplinlerin ayrı olmaması gerektiğini bilakis gerçek dünya uygulamalarıyla hayata geçirilmesini savunduğu *The Way out of Educational Confusion* adlı kitabı 1950'li yıllar boyunca sınıflarda bütünleşik programların uygulanmasının önünü açmıştır. Dewey'in laboratuvar okulları ile başlattığı reform ve felsefesinden STEM eğitimi de etkilenmiştir. Programların bütünleştirilmesi, amaçlı bir şekilde farklı konu alanlarından gelen bilgi, beceri ve değerlerin daha anlamlı bir şekilde bir kavram olarak öğretilmesi yaklaşımı ya da öğretme stratejisidir. STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesi de bir çeşit öğretim programlarının bütünleşmesidir. Bu nedenle programların bütünleştirilmesine ilişkin yaklaşımların STEM uygulayıcıları tarafından bilinmesi, STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesine ilişkin modellerin anlaşılması açısından oldukça önemli olacaktır. Bu çalışmanın amacı, programların bütünleştirilmesine yönelik alan yazın incelemelerinden hareketle teorik düzeyde bütünleşik STEM eğitim modellerini ortaya koymaktır.

Anahtar sözcükler: STEM eğitimi, bütünleşik STEM eğitimi modelleri, mühendislik, mühendislik tasarımı

Abstract

The idea of curriculum integration is derived from educators' awareness that real world problems are not separated into isolate disciplines. Furthermore, Dewey (1931) argued that disciplines should not be separate, but rather bring to life problems through real-world application in his book titled *The Way Out of Educational Confusion* which paved the way for integrating curriculum in classrooms through the 1950s. STEM education has also affected by Dewey's laboratory school reform and philosophies. The integration of programs is the approach or teaching strategy of teaching knowledge, skills and values from different subject areas more in a more meaningfully way as a concept. STEM integration in the classroom is also a type of curriculum integration. For this reason, it is very important for STEM practitioners to know the approaches for the integration of programs in terms of understanding models related to the integration of STEM disciplines. The aim of the study is to explore integrated STEM models at theoretical level based on the literature examination about integrated program approaches.

Keywords: STEM education, integrated STEM education models, engineering, engineering design

Önerilen Atıf Bilgisi:

Gencer, A. S., Doğan, H., Bilen, K. ve Can, B.(2019). Bütünleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 38-55.

* Bu çalışma 18-22 Nisan 2018 tarihleri arasında Antalya'da düzenlenen 27. Uluslararası Eğitim Bilimleri Kongresinde (ICES/UEBK) sunulan sözlü bildirinin geliştirilmiş şeklidir.

¹Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Denizli. ORCID: 0000-0001-6410-152X, asavran@pau.edu.tr.

²Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, Yeniköy Ortaokulu. Antalya. ORCID: 0000-0001-7933-4115, hilmi_dogan@msn.com,

³Doç. Dr. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Alanya. ORCID: /0000-0003-2054-2117, kadribilen@gmail.com.

⁴Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü. Denizli. ORCID: 0000-0002-3064-3846, bilgecan@pau.edu.tr

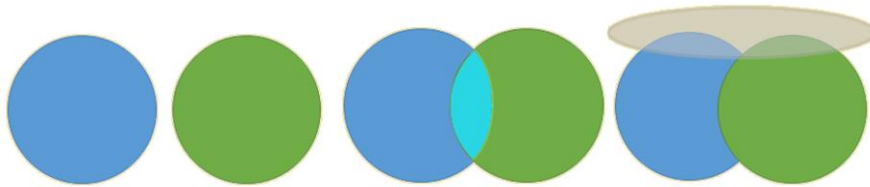
Giriş

Küresel pazardaki ekonomik rekabet, gittikçe artan enerji ihtiyacı, iklim değişiklikleri, küresel ısınma, verimli tarım arazilerinin yok olması, temiz su kaynaklarının azalması, açlık, sağlık sorunları, çevre kirliliği gibi küresel sorunları beraberinde getirmiştir. Hızla küreselleşen dünyada ülkeler arasında yaşanan ekonomik rekabet, geçtiğimiz yüzyılın sonlarında özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nin [ABD] ekonomik ve politik alanlarda sahip olduğu liderlik pozisyonunu kaybetme endişesini ortaya çıkarmıştır. Bu endişeler sonucunda ihtiyaç duyulan işgücünü karşılamak amacıyla günümüzde yaygın olarak kullanılan şekliyle science, technology, engineering, mathematics alanlarının ilk harflerinden oluşan (STEM) eğitimi ortaya çıkmış, son yıllarda gittikçe artan sayıda ülkenin eğitim sistemlerini ve öğretim programlarını yeniden gözden geçirmelerine ve değiştirmelerine yol açmıştır.

Bütünleşik STEM eğitimini temel olarak “dört disiplin arasındaki engelleri kaldıran disiplinler arası bir öğretim yaklaşımı” olarak tanımlayan Wang, Moore, Roehning ve Park’a (2011, s.2) göre STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesi bir çeşit öğretim programlarının bütünleşmesidir. Öğretim programlarının bütünleştirilmesi, amaçlı bir şekilde farklı konu alanlarından gelen bilgi, beceri ve değerlerin daha anlamlı bir şekilde bir kavram olarak öğretilmesi yaklaşımı ya da öğretme stratejisidir (Wang, 2012). Öğretim programlarının bütünleştirilmesi fikri, eğitimcilerin gerçek hayat ile ilgili problemlerin ayrı ayrı disiplinlere bölünemeyeceğini fark etmeleriyle ortaya çıkmıştır (Wang ve diğ., 2011). Dewey (1931) disiplinlerin ayrık olmaması gerektiğini savunduğu *The Way out of Educational Confusion* adlı kitabı ile sınıflarda bütünleşik program uygulamalarının önünü açmış ve Dewey’in laboratuvar okulları ile başlattığı reform ve felsefesinden STEM eğitimi de etkilenmiştir (Goodchild, 2012’den akt. Sublette, 2013). Bu nedenle öğretim programlarının bütünleştirilmesine ilişkin yaklaşımların STEM uygulayıcıları tarafından bilinmesi, STEM disiplinlerin bütünleştirilmesine ilişkin modellerin anlaşılması açısından oldukça önemli olacaktır.

Öğretim Programlarının Bütünleştirilmesi

Literatürde öğretim programlarının bütünleştirilmesinde izlenen yol ve bütünleşmenin derecesini tanımlamak için çok disiplinli (multidisciplinary), disiplinler arası (interdisciplinary) ve disiplinler üstü (transdisciplinary) olmak üzere üç yaklaşım ortaya çıkmaktadır (Drake ve Burns, 2004). Disiplinlerin bütünleşme düzeyi ayrık disiplinlerden çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstüne doğru artan seviyede tanımlandığında disiplinler arasında daha fazla bağlantı ve etkileşim içeren süreklilik ile devam eder (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü yaklaşımlar

Buna göre en alt düzeyde disiplin temelli öğretimde ayrık disiplinlere ait kavramlar ve beceriler her disipline ayrı olarak öğrenilir; ikinci düzeyde çok disiplinli öğretimde kavramlar ve beceriler her disipline ayrı olarak, ancak ortak bir tema içerisinde öğrenilir; üçüncü düzeyde

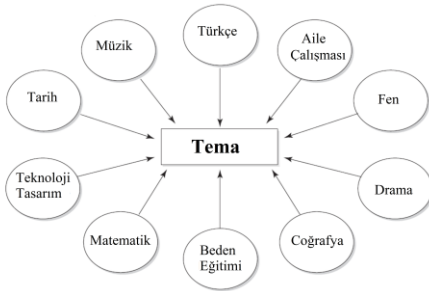
disiplinler arası öğretimde derinlemesine bağlı kavramlar ve beceriler, iki veya daha fazla disipline derinleştirme amacıyla öğrenilir; dördüncü düzeyde disiplinler üstü öğretimde bilgi ve beceriler iki veya daha fazla disipline gerçek dünyadaki sorunlara ve projelere uygulanarak öğrenilir, böylece öğrenme deneyimini şekillendirmeye yardımcı olur (English, 2016). Öğretim programlarının bütünleştirilmesinde çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü yaklaşımların benzer ve ayırt edici özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çok Disiplinli, Disiplinler Arası ve Disiplinler Üstü Yaklaşımların Karşılaştırılması (Drake ve Burns, 2004, s.17)

	Çok disiplinli	Disiplinler arası	Disiplinler üstü
Organizasyon Merkezi	Disiplinlere ait standartlar bir tema etrafında düzenlenir.	Disiplinler arası beceriler ve kavramlar, disiplinler standartları içerisinde yerleştirilmiştir.	Gerçek yaşam koşulları Öğrenci soruları
Bilginin Kavranması	Bilgi en iyi şekilde disiplinlerin yapısı aracılığı ile öğrenilir. Tek doğru cevap - Tek gerçek	Disiplinler ortak kavramlar ve becerilerle ilişkilidir. Bilginin sosyal olarak yapılandırıldığı kabul edilir. Birçok doğru cevap	Tüm bilgi birbirleriyle ilişkili ve bağlıdır. Birçok doğru cevap Bilgi kesinleşmemiş ve muğlaktır.
Disiplinlerin Rolü	En önemlisi disiplin süreçleri olarak kabul edilir. Disiplin aracılığı ile öğretilecek ayırt edici beceriler ve kavramlar.	Disiplinler arası beceriler ve kavramlar vurgulanır.	İstenmesi durumunda disiplinler tanımlanır, ancak gerçek yaşam koşulları vurgulanır.
Öğretmenin Rolü	Kolaylaştırıcı /Alanında uzman	Kolaylaştırıcı/Alanında uzman/ Tüm alanlarda uzman	Eşgüdümleyen/birlikte öğrenen/Alanında uzman/Tüm alanlarda uzman
Başlangıç Yeri	Disiplinle ilgili standartlar ve süreçler	Disiplinler arası köprü Bil/Yap/Oluştur	Öğrenci ilgi ve soruları Gerçek yaşam bağlamı
Bütünleşmenin Derecesi	Az	Orta/yoğun	Paradigma dönüşümü
Değerlendirme	Disiplin temelli	Disiplinler arası beceriler/kavramlar vurgulanır.	Disiplinler arası beceriler/kavramlar vurgulanır.
Bilinmesi Gerekenler	Disiplinler arası geçişte kavramlar ve önemli kazanımlar		
Yapılması Gerekenler	Odak noktası disiplinle ilgili beceriler Disiplinler arası beceriler de yer alabilir.	Odak noktası disiplinler arası beceriler Disiplinle ilgili beceriler de yer alabilir.	Disiplinler arası ve disiplinle ilgili beceriler gerçek yaşam koşullarında uygulanır.
Olması Gerekenler	Demokratik değerler, karakter eğitimi, zihin alışkanlıkları, yaşam becerileri (ör., takım çalışması, sorumluluk)		
Planlama Süreci	Arka planın tasarımı, standart temelli, öğretimin sıralanması, standartlar ve değerlendirme		
Öğretim	Yapılandırıcı yaklaşım, sorgulama, deneysel öğrenme, kişisel ilgi, öğrenci tercihi ve farklılaştırılmış öğretim		
Değerlendirme	Geleneksel ve otantik değerlendirmenin dengesi ve öğretilecek disiplinleri bütünleştiren sonuç etkinliği		

Lederman ve Niess (1997) çok disiplinli ve disiplinler arası kavramları açıklamak için çorba metaforu kullanmışlardır. Çok disiplinli bütünleşme şehriyeli tavuk çorbasına benzetilirken disiplinler arası bütünleşme domates çorbasına benzetilmiştir. Şehriyeli tavuk çorbasında malzemeler karıştırıldığında kendi özelliğini kaybetmez ve çorbanın içinde kolaylıkla birbirinden ayırt edilebilir. Domates çorbasında ise malzemeler karıştırıldığında özünü kaybeder ve çorbanın içinde ayırt edilemez. Başka bir ifadeyle, öğrenciler çok disiplinli bir yaklaşımda dersleri birbirinden kolayca ayırt edebilir ve öğrencilerden farklı sınıflarda öğretilen bu derslerin gerektirdiği becerileri ve içerikleri bütünleştirmesi beklenir. Disiplinler arası yaklaşım ise farklı derslerin gerektirdiği becerileri ve içerikleri kapsayan bir problemle başlar, buda ortak bir temanın ötesinde disiplinler arasındaki sınırların yok olmasına ve disiplinler için ortak olan beceri ve içeriğe odaklanmayı sağlar (akt. Wang ve diğ., 2011).

Çok disiplinli bütünleşme öncelikle disiplinlere odaklanır. Farklı disiplinlerden gelen öğrenme hedefleri bir temanın etrafında düzenlenir. Öğrencilerden, aynı anda farklı sınıflarda öğrenim görürken bir tema ya da konu yoluyla dersler arasında bağlantı yapmaları beklenir (Drake ve Burns, 2004). Şekil 2 çok disiplinli yaklaşımda farklı disiplinlerin birbirleri ile ve ortak bir tema ile ilişkisini göstermektedir. Drake ve Burns (2004) çok disiplinli bütünleşme içerisinde disiplinler içi (intradisciplinary), kaynaşma (fusion), toplum hizmeti yaparak öğrenme (service learning), paralel disiplinler (paralel disciplines) ve tema temelli üniteler (theme based units) yaklaşımlarını açıklamışlardır. Disiplinler içi yaklaşımda dersler içerisinde alt disiplinler bütünleştirilir. Fen alanında fizik, kimya, biyoloji, yer ve uzay bilimleri, doğa bilimleri örnek olarak verilebilir. Bu bütünleşmede öğrencilerden farklı alt disiplinler arasındaki bağlantıları ve gerçek hayatla ilişkilerini anlamaları beklenir. Kaynaşma yaklaşımında, beceri, bilgi ve hatta tutum normal okul müfredatına kaynaştırılır. Örneğin bilgisayar kullanım becerileri her bir ders içerisine kaynaştırılabilir. Toplum hizmeti yaparak öğrenme yaklaşımı öğrencilerin toplum hizmeti için hazırladıkları projeleri kapsar. Örneğin çevre kirliliği ve geri dönüşüm için hazırlanacak bir broşür ya da afiş sağlık, sanat, fen, sosyal bilimler, dil becerileri ile ilgili öğrenmeyi geliştirebilir. Paralel disiplinler yaklaşımında, farklı disiplinlerin bakış açılarıyla konu ya da temanın öğrenilmesi program bütünleşmesi için popüler bir yoldur. Bağlantının öğrenciler tarafından yapılması beklenir. Örneğin tarih dersinde Çanakkale Savaşı anlatılırken edebiyat dersinde Çanakkale Savaşı ile ilgili bir metin veya şiir konu alanına dâhil edilebilir. Tema temelli üniteler yaklaşımında ise sıralanmış içeriğin ötesine geçilir ve çok disiplinli bir ünite için işbirlikli planlama yaparlar. Eğitimcilerde göre tema tabanlı çalışmak daha pekiştirmeli bir yoldur. Sıklıkla üç ya da daha fazla konu alanı çalışmaya dâhil edilir ve ünite bir sonuç etkinliği ile sonlanır (Drake ve Burns, 2004).



Şekil 2. Çok disiplinli yaklaşımda farklı disiplinlerin birbirleri ile ve ortak bir tema ile ilişkisi (Drake ve Burns, 2004, s.9)

Disiplinler arası bütünleşmede disiplinler arası ortak öğrenmeler etrafında program düzenlenir. Disiplinler arası becerileri ve kavramları vurgulamak için disiplinlerdeki ortak öğrenmeler bir araya getirilir. Bu yaklaşımda disiplinler tanımlanabilir, ancak çok disiplinli yaklaşıma göre disiplinler arasındaki sınır daha az belirgindir (Drake ve Burns, 2004). Şekil 3. disiplinler arası bütünleşme yaklaşımında farklı disiplinlerin birbirleri ile ve ortak bir tema ile ilişkisini göstermektedir. Drake ve Burns (2004) öğrencilerin dil becerilerini öğrenirken rüzgâr ve yağmur makinası yaptıkları bir derste disiplinler arası programı deneyimlediklerini belirtmişlerdir. Öğrenciler iletişime ait disiplinler arası becerileri öğrenirken öğretmen buharlaşma, yoğunlaşma ve termal enerji kavramlarındaki büyük fikirlere odaklanır. Bu kavramlar rüzgâr ve yağmur makinelerinin daha da ötesinde diğer derslere taşınır. Böylece ders, öğrencilerin sadece rüzgâr ve yağmurlama makinelerine odaklandıkları bir ders olmaktan çıkarak üst düzey düşünme seviyesinin gelişmesini sağlayan disiplinler arası bir derse dönüşür.



Şekil 3. Disiplinler arası bütünleşme yaklaşımında farklı disiplinlerin birbirleri ile ve ortak bir tema ile ilişkisi (Drake ve Burns, 2004, s.12)








Disiplinler üstü bütünleşmede ise farklı konu alanlarına değil gerçek yaşam sorunlarına odaklanılır. Bu yaklaşımda program öğrencilerin soruları, ilgileri ve merakları etrafında şekillendirilir. Öğrenciler disiplin temelli ve disiplinler arası yeteneklerini gerçek yaşam koşullarında uygularken becerilerini geliştirirler. Proje tabanlı öğrenme ile öğrencilerin kendi ilgileri doğrultusunda program geliştirebildikleri, öğretim stratejilerine ve değerlendirme yöntemlerine karar verebildikleri müzakereli bir müfredat disiplinler üstü bir bütünleşme sağlar. Şekil 4 disiplinlerin gerçek yaşamla bütünleştiği disiplinler üstü yaklaşımı göstermektedir.



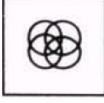


Şekil 4: Disiplinler üstü bütünleşme yaklaşımı (Drake ve Burns, 2004, s.14)

Fogarty (1991) ise öğretim programlarının bütünleştirilmesinin tek disiplin içerisinde, birden fazla disiplinler arasında ve öğrenenler arasında ve içinde olmak üç temel biçimini ele almaktadır. Bu üç formda on yöntem bulunmaktadır. Tablo 2’de Gürkan ve Gökçe (1999) tarafından Türkçeye çevrilen Fogarty’nin (1991) makalesinden de yararlanılarak on model özetlenmiştir.

Tablo 2. Öğretim Programlarının Bütünleştirilmesine İlişkin On Yol (Fogarty, 1991)

Tek Disiplin İçerisinde	Parçalı		Ayrık ve belirgin disiplinleri vurgulayan bu geleneksel model periskop ile bakmaya benzetilmiştir. Tek bir görüş açısı, tek bir yön ve tek bir disiplin üzerine dar bir bakış vardır. Ayrı ayrı sınıflarda derslerin birbirinden bağımsız olarak işlenmesi.
	Bağlantılı		Opera gözlüğünden bakmaya benzetilen bu model, detayların, inceliklerin ve bir disiplin içerisindeki bağlantıların yakından görülmesini sağlar. Her bir konu alanına açık bir şekilde bağlantı yapılırken disiplinler ayrık kalır. Modelde en önemli nokta, öğrencilerin bu bağlantıları anlamalarını varsaymak yerine öğretmen tarafından net bir şekilde açıklanmasıdır. Fen bilimleri dersinde kimya konusu olan kimyasal tepkime-yanma ile biyoloji konusunda solunumun ilişkilendirilmesi gibi.
Birden fazla disiplinler arasında	İç içe geçmiş		3D gözlük ile bakmaya benzetilen model, bir dersin çoklu boyutlarını bütünleştirmek amacıyla doğal kaynaşma için avantaj sağlamaktadır. Dolaşım sistemi konusu için dersin hedefi sistem kavramı olabilir. Burada esas nokta özellikle dolaşım sistemi hakkındaki olgular ve konuyu anlamak sistem kavramını da anlamayı sağlayacaktır.
	Sıralı		Bu model programlara gözlük ile bakılmasına benzetilmiştir. Dersler ayrı olmasına rağmen bağlantı ortak çerçeve yoluyla gerçekleşir. Öğretmen benzer üniteleri tutarlı bir şekilde birbirine rastlayacak şekilde konuları düzenleyebilir. Grafikler ünitesi ile hava durumu ünitesi içerisindeki veri toplama konusu gibi.
	Paylaşmalı		Dürbün yoluyla iki ayrı disiplin bir araya gelerek odaklanan tek bir görüntü şeklinde görülür. Türkçe dersinde öğretmen İstiklal Marşımızı işlerken, tarih dersinde öğretmen Mehmet Akif Ersoy’un hayatını veya kurtuluş savaşını işleyebilir. Böylece İstiklal Marşı bu iki disiplini bir araya getiren tema olur ve her iki dersin öğretmeni bir takım olarak öğrencilere ortak noktaları işaret ederler.
Bağlı	Örüntülü		Teleskop yoluyla programlara bakıldığı varsayılır. Bu modelde programlar genellikle konu alanlarını bütünleştirmek için buluşlar gibi zengin temalar kullanır. Örneğin buluşlar edebiyatta okuma ve yazma, endüstriyel sanat alanında tasarım, matematikte Rube Goldberg (Zihni Sinir benzeri) mekanizmaları çizme ve araştırma, bilgisayar ve teknoloji sınıflarında akış şemalarına, fen bilgisi dersinde basit makinaları araştırmaya yol açar.
	Bağlı		Bütünleşmenin görüntüsünü bir büyüteçten bakılmaya benzetilmiştir. Bu model disiplinler yoluyla öğrenmek için düşünme becerilerini, sosyal becerileri, araştırma becerileri, grafik düzenleme, teknoloji ve çoklu zeka yaklaşımını aynı doğrultuda sıralar.

Tablo 2'nin Devamı

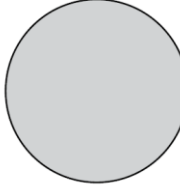

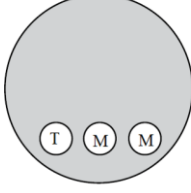
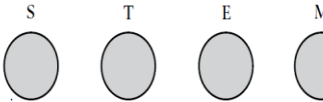
	Bütünleştirilmiş		Bu model programı klaidoskop yoluyla görmeye benzetmiştir. Disiplinler arası konular, kesişen kavramlar ve ortaya çıkan desenler ve tasarımlar etrafında yeniden düzenlenir.
Öğrenenler arasında ve içinde	Yoğunlaştırılmış		Bir mikroskoptan eğitim programlarına bakıldığı varsayılır. Tüm içerik, kişisel bir yaklaşımla ilgi ve uzmanlık süzgecinden geçirilir. Örneğin doktora adayları yoğun bir şekilde araştırma alanına odaklanırlar. Elde ettikleri tüm veriler bu alanın süzgecinden geçirilerek bütünleştirilir. Kimya alanında çalışan bir doktora adayı, laboratuvar çalışmalarını simule edebilmek için bilgisayar ve yazılım dersi alabilir.
	Ağ		Bu model eğitim programına birçok odak noktası ve boyutu olan prizmadan bakar. Modelde öğrenciler sürece doğrudan katılırlar ve bütünleşme sürecini yönlendirirler. Sadece öğrenenler kendi uzmanlık alanlarının boyutlarını ve inceliklerini bildiklerinden, onların uzmanlık alanlarının arasında gerekli kaynakları hedefleyebilirler. Mimar, bilgisayar teknolojilerini, tasarım yapmak için kullanırken teknik programları kullanır ve bilgi tabanını genişletir.

Drake ve Burns (2004) ve Fogarty'nin (1991) öğretim programlarının bütünleştirilmesine ilişkin yaklaşımları karşılaştırıldığında; çok disiplinli yaklaşımın örüntülü ve sıralı modeller ile disiplinler arası yaklaşımın bağlantılı, iç içe geçmiş, paylaşımlı, bağlı ve bütünleştirilmiş modeller ile disiplinler üstü yaklaşımın yoğunlaştırılmış ve ağ modelleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir (Wang, 2012). Programların bütünleştirilmesine ilişkin olarak ortaya çıkan bu kavramlar STEM eğitimine ilişkin olarak yapılan tanımlarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

STEM Disiplinlerinin Bütünleştirilmesi

Eğitim uygulamalarında ve araştırmalarda kullanılan bütünleşik kavramının sınırları esnektir bu nedenle bağlı, birleşik, çok disiplinli, disiplinler arası ve disiplinler üstü gibi benzer kavramlardan ayırt etmek zordur. Bütünleşik STEM eğitiminin tanımlanması daha da karmaşıktır. Bunun nedeni bağlantıların aynı zamanda birden çok seviyeye yansımalarıdır. Bütünleşik STEM'in çok boyutlu doğası "öğrencinin düşüncesinde ya da davranışında, öğretmenin öğretiminde, programda, okulda ya da eğitim sisteminde olabilir (Honey, Pearson ve Schweingruber, 2014, s.23). Bybee (2013) bu konuda STEM'in anlamının henüz açık ve net olmadığını, araştırmalarda fen, teknoloji, mühendislik ve matematik olmak üzere dört disipline atıf yapılırken, bazen sadece bir disiplinle ilgili vurgu yapıldığı, bazen dört disiplinin ayrı ancak eşit varsayıldığı, bazı tanımlarda ise bu dört disiplinin bütünleşmesinin vurgulandığını belirtmiştir. Bybee (2013) STEM disiplinlerinin bütünleşmesine ilişkin kabul gören dokuz farklı modeli tek disiplin olarak STEM'den bütünleşik STEM'e doğru derecelendirmiştir (s.74-79). Bu modeller Tablo 3'te açıklanmıştır.

Tablo 3. Bütünleşik STEM Modelleri (Bybee, 2013)

STEM Modeli	Açıklama	Örnek
STEM fen (ya da matematiğe) eşdeğerdir	Bu bakış açısında STEM sadece fen anlamına gelir ve zaman zaman fizik ya da biyoloji gibi belirli bir disiplindir. STEM'in bu kullanımı, tek disipline yapılan referans ile çelişen çoklu disiplinli yönelimler nedeniyle kafa karıştırıcıdır. Bazı durumlarda referans fen ve matematik dışında bir disiplin de olabilir. (ör., mühendislik tasarımı)	<p>Tek Disiplinli Örnek</p> <p style="text-align: center;">FEN</p>  <p>STEM bir fen disiplinine (ya da matematik) denktir</p> <p>Analoji: Bir ağaç için orman ekosistemindeki karışıklık</p> <p>Örnek: STEM hakkındaki güncel tartışmalar</p>
STEM hem fen hem matematik anlamına gelir	Bazı durumlarda, STEM hem fen hem de matematiği ifade eder. Bazı STEM tartışmalarında kişiler ayırık disiplinlere silolar olarak atıfta bulunurlar. Bu bakış açısına göre silolar ve direk çukurları vardır. Silolar açıkça görülebilirken direk çukurları kısmen görülebilir ancak bir çukurun özü, orada hiçbir şey olmamasıdır.	<p>Fen ve Matematik İçin Bir Referans Olarak STEM</p>  <p>Fen ve matematiğin ayırık disiplinleri</p> <p>Analoji: Silolar ve direk çukurları</p> <p>Örnek: STEM hakkındaki politik tartışmalar</p>
STEM fen anlamına gelir, teknoloji, mühendislik ya da matematiği kapsar	Bazen öğretmenler öğrencilerini mühendislik tasarımı problemleri (ör., kırılmayan yumurta aracı tasarlama) ile tanıştırır. Fakat bu tür uygulamalarda genellikle mühendislik tasarımı ile fen uygulamaları karıştırılmaktadır. Bu bakış açısı bütünleşmeye yönelik ilk adımı temsil eder ancak öğretmen baskın disiplin olarak fen (ya da matematiği) ele alır ve uygun bulursa ya da gerektiğinde diğer disiplinleri öğretir.	<p>Diğer Disiplinleri Bir Araya Getiren Ayırık Fen Disiplinleri</p> <p style="text-align: center;">FEN</p>  <p>Teknoloji, mühendislik ve matematiği uygun bir şekilde birleştiren ayırık fen disiplinleri</p> <p>Analoji: Odaları gerektiğinde kullanılan bir ev</p>
STEM ayırık disiplinler dördüsüne eşdeğerdir	Bu bakış açısına göre STEM okul müfredatında yer alan fen, matematik, teknoloji ve mühendislik konularını içermektedir. Bazı okullarda teknoloji bilgi teknolojileri olarak, mühendislik teknoloji-tasarım olarak müfredata dâhil edilmiştir. Ancak silolar metaforunda olduğu gibi ayırık disiplinler olarak bulunur. Her ne kadar disiplinler eşit görünse de programdaki ağırlıkları aynı değildir.	<p>Ayırık Disiplinler</p>  <p>Ayırık Disiplinler</p> <p>Analoji: Silolar</p> <p>Örnek: STEM disiplinlerine genel bir giriş sağlayan bir derstir veya her disiplin için bir tane olmak üzere dört ayrı ders</p>
STEM fen ve matematik anlamına	Fen ve matematik teknolojiyi ve/veya mühendisliği vurgulayan başka bir programla bağlantılı	

Tablo 3'ün Devamı

<p>gelir, teknoloji veya mühendislik programı tarafından bağlanır</p>	<p>olan bağımsız disiplinlerdir. Bir kariyer ve teknik eğitim programı bu bakış açısına örnek olabilir. Biyomedikal, sağlık bilimleri, enerji kaynakları, bilgi teknolojileri ve tarım gibi alanlarda alanlarında iş temelli gerçekleştirilen mesleki ve teknik eğitim programlarında teknoloji ve mühendislik projeleri fen ve matematik alanlarındaki ana konularla bağlantı kurmak için kullanılır.</p>	<p>Fen ve matematik arasındaki bağlantı teknoloji ve mühendislik programı tarafından yapılır</p> <p>Analoji: Bir alışveriş merkezinde büyük mağazalar(anchor store) arasında diğer mağazalar bağlantıyı sağlar</p> <p>Örnek: "Project Lead the Way" projesi fen ve matematik programını bağlar</p>
<p>STEM disiplinler arasında koordinasyon demektir</p>	<p>Fen bilgisi öğretmenleri genellikle matematik kavramlarının uygulaması olan fen konularının öğretiminde matematik öğretmenlerine ihtiyaç duyarlar. Fakat daha az sıklıkta matematik öğretmenleri, fen veya teknoloji öğretmenlerinden matematik kavramlarının uygulamalarını ister. Fakat bazı durumlarda, kavramlar ve süreçler farklı STEM disiplinlerinde öğretilir ve uygulanabilir.</p>	<p>Disiplinler Arası Koordinasyon</p> <p>Kavramlar, süreçler ve kaynaklar farklı disiplinlerin sınırları boyunca koordine edilir.</p> <p>Analoji: Evler inşa edilirken alt yükleniciler arasında kaynakların koordinasyonu</p> <p>Örnek: Mühendislik dersinde gerekli olan grafik çiziminin matematik dersinde öğretilmesi</p>
<p>STEM iki veya üç disiplini birleştirmektedir</p>	<p>Bütünleştirilmenin bir biçimi, fen ve teknoloji ya da mühendislik ve matematik gibi iki disiplini birleştirerek başlar. Daha karmaşık bir model ise dört disiplinin üçünü birleştirir. Örneğin, fen, teknoloji ve matematiğin bütünleştirilmesi olabilir.</p>	<p>İki ya da Üç Disiplinin Birleştirilmesi</p> <p>Bir ders oluşturmak için iki yada üç disiplinin birleştirilmesi</p> <p>Analoji: İki (ya da üç) eski ürünün birleştirilerek yeni bir ürün</p> <p>Örnek: Fen ve teknoloji üzerine her iki disipline de eşit vurgulandığı yeni bir ders oluşturma</p>
<p>STEM disiplinler arası tamamlayıcı örtüşmeler anlamına gelir</p>	<p>STEM üniteler veya derslerde sıralanan disiplinlerin örtüşmesiyle bütünleşir ve böylece STEM eğitim deneyimlerinde merkezi bir vurgu haline gelir. Bilimsel sorgulama ya da tasarım probleminin çözümü STEM disiplinlerin bütünleşmesini gerektirir.</p>	<p>Bütünleşik Disiplinler</p> <p>Örtüşen ve arka arkaya sıralanarak birleşen disiplinler</p> <p>Analoji: Bir otomobil üretim tesisi</p> <p>Örnek: Öğrenciler problemleri incelemekte ya da disiplinler boyunca örtüşen ve ilerleyen sorgulamalar yürütmektedirler</p>
<p>STEM disiplinler üstü bir ders veya program anlamına gelir</p>	<p>Küresel iklim değişikliği, sağlık sorunları, enerji kaynakları gibi konularda disiplinler üstü yaklaşım içeren bir STEM bakış açısı bulunmaktadır. Sürdürülebilir Toplum adı verilen bir ders, STEM disiplinlerinin tümünü belki de diğer disiplinlerin (ör. etik, siyaset, ekonomi) büyük bir çağdaş zorluğun anlaşılması için kullanılabileceği bir örnek olabilir.</p>	<p>Disiplinler Üstü Bir Kurs veya Program Olarak STEM</p> <p>Disiplinler üstü</p> <p>Analoji: Müzisyen dördülsü bir arada çalışıyor</p> <p>Örnek: Bir okul müfredatına Sürdürülebilir Toplum isimli temel bir ders koyabilir</p>

Bryan, Moore, Johnson ve Roehrig'e (2015) göre ise sınıf içi uygulamalarda STEM bütünleşmesi genellikle üç formdan birini alır: içerik bütünleşmesi, destekleyici içerik bütünleşmesi, bağlam bütünleşmesi. İçerik bütünleşmesi, birden fazla STEM (ve potansiyel olarak diğer) disiplinleri öğrenme hedeflerine sahip ünitelere ve aktiviteler karşılık gelir. Destekleyici içerik bütünleşmesi ise ana içeriğin öğrenme hedeflerini (ör., fen) desteklemek için kapsam dâhilinde başka bir içeriğin (ör., matematik) kullanıldığı ünite ve aktiviteleri kapsar. Bağlam bütünleşmesinde, bir disiplinin öğrenme hedefleri başka bir disipline bağlam olarak yerleştirilir. Bağlamsal bütünleşmede odak tek bir disiplindedir ikinci bir disiplinden öğrenme hedefi içermez, dolayısıyla diğer disiplinler problem için sadece bağlam sağlar. Bağlamsal bütünleşme genellikle ana disiplin içerik hedeflerini bir hikâye kullanarak başka bir disiplin uygulamasına yerleştirerek gerçekleştirilir. Bryan ve diğ., (2015) *STEM Yol Haritası* için bütünleşmenin her üç modelini yada bunların karışımını önerse de anlamlı içerik bütünleşmesini nihai hedef olarak belirlemiştir.

Bu farklı yaklaşımlar, araştırmacıların ne STEM eğitimi ne de bütünleşik STEM eğitimi için açık bir tanım etrafında uzlaşmadığını (Honey ve diğ., 2014) ortaya koymaktadır. STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesine ilişkin birçok yol ve model ortaya konulsa da bu çalışmaların amacı hangi yöntemin daha etkili olduğunu belirlemekten çok farklı kavramsal gelişimleri ortaya çıkarmaktır. Nitekim STEM eğitimi 2000'li yıllara kadar Bybee'nin (2013) modellerinden ayrıklı disiplinler dörtlüsüne eşdeğer olarak algılanıyorken, günümüzde daha çok bütünleşik disiplinler anlamında ya da daha geniş kapsamlı kullanılmaktadır (Ring, 2017). STEM'i farklı disiplinlere ait bilgilerin bütünleşmesine dayalı olarak yeni bir bütün oluşturan bir meta-disiplin olarak tanımlayan Morrison (2006) STEM'in herhangi bir disiplinler arası yaklaşımdan daha ileri aşında disiplinler üstü bir yaklaşım olduğunu, disiplinlerin bütünleşmesini sağlamak amacıyla çok yönlü bir bütün sunduğunu ve yeni bir anlayış oluşturduğunu ifade etmektedir. Bu durum öğrencilere izole edilmiş küçük bilgi kırıntıları veya bir olgunun küçük bir parçasını öğretmek yerine; dünyaya anlam kazandırmaları için bir şans sunar. Benzer şekilde STEM eğitimi, öğrencilere gerçek dünya problemlerini tanımlamaları için proje tabanlı öğrenme fırsatı sunan disiplinler üstü bir yaklaşım olarak tanımlanabilir (Sublette, 2013). Bütünleşik STEM eğitimi savunucuları STEM eğitiminin daha fazla bağlantılı bir şekilde, özellikle gerçek yaşam problemlerinin STEM konuları içerisinde daha anlamlı olacağını iddia etmektedirler (Honey ve diğ., 2014). Küresel iklim değişikliği, sağlık problemleri ya da enerji kaynaklarının kullanımı gibi büyük küresel sorunların programlara dâhil edilmesi ve etik, politik ve ekonomik açılardan ele alınması disiplinler ötesi bir STEM yaklaşımdır (Bybee, 2013).

Mühendislik Tasarım Süreci Odaklı Bütünleşik STEM Modeli

Bütünleşik STEM eğitiminin kavramsallaştırılmasındaki dönüşümler öğretmenlerin algılarında ve eğitimdeki reform hareketlerinde önemli değişiklikler gerektirmektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) mühendislik odaklı bütünleşik STEM eğitimi reformu büyük bir devinimle sürdürülmeye çalışılmaktadır (Dugger, 2010). Nitekim ABD'de uygulanan *Gelecek Nesil K-12 Fen Standartları'nın* dayandırıldığı (Next Generation Science Standards [NGSS Lead States], 2013) Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC], 2012) tarafından geliştirilen *K-12 Fen Eğitimi İçin Çerçeve* mühendislik eğitime uygulama ve kapsam olarak geniş yer vermektedir. Kavramsal çerçeve temel olarak üç boyuttan oluşur. Birinci

boyut bilim ve mühendislik için ortak olan uygulamalar, ikinci boyut tüm alanlar için uygulanabilir kesişen kavramlar (örüntü, sebep-sonuç, ölçek-oran-miktar, sistem ve sistem modelleri, enerji ve madde, yapı ve işlev, denge ve değişim) ve üçüncü boyut disiplinlere ait öz fikirlerden oluşmaktadır. Kavramsal çerçevenin birinci boyutu olan bilim ve mühendislik uygulamalarında öğrencilerin direk deneyimleyerek bilim ve mühendislik uygulamaları yapması beklenirken, üçüncü boyutta Fizik, Yaşam ve Yer Bilimlerine ek olarak dördüncü bir disiplin alanı olarak *Mühendislik, Teknoloji ve Bilim Uygulamaları* standartlara eklenmiştir (NRC, 2012). İki boyutunda mühendislik eğitime hem uygulama hem de disiplin olarak geniş yer veren kavramsal çerçevenin fen öğretiminde mühendislik içerikli ve tasarım süreci odaklı bir bütünleşmeye vurgu yapıldığı görülmektedir.

Bu kapsamda üçüncü boyutta bir disiplin alanı olarak yer alan mühendislik eğitiminde iki öz fikir yer almaktadır. Birincisi *Mühendislik Tasarımı* altında bir mühendislik probleminin tanımlanması ve sınırlarının belirlenmesi, çözüm oluşturulması ve çözümün optimize edilmesi basamaklarını içeren mühendislerin problemleri nasıl çözdüğüne; ikincisi ise *Mühendislik, teknoloji, bilim ve toplum arasındaki bağlantılar* altında öğrencilerin bilim, mühendislik ve teknolojinin birbirine nasıl bağlı olduğunu ve bunların toplum ve çevre üzerindeki etkilerini anlamaları üzerine odaklanmıştır (NRC, 2012). Mühendislerin problem çözme yaklaşımı olan mühendislik tasarım süreci birinci boyutta yer alan bilim ve mühendislik için ortak olan, “problemi belirleme, model geliştirme ve uygulama, sorgulama, verileri analiz etme ve yorumlama, matematik ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma ve çözüme karar verme gibi birçok farklı gibi uygulamaları içerir (NRC, 2012, s. 204). Dolayısıyla bu öğrenme boyutları uygulamada birbirinden bağımsız değildir. Üçüncü boyutta öz öğrenme alanında yer alan bir mühendislik öğrenme çıktısı, birinci boyutta yer alan bilim ve mühendislik uygulamaları ile gerçekleştirilmeli ve bu süreçte ikinci boyutta yer alan tüm disiplinlerde ortak olan kesişen kavramlarla ilişkilendirilmeleri sağlanmalıdır.

Kavramsal çerçevede “bilim ve mühendislik alanlarının karşılıklı olarak birbirini desteklediği” ve “çoğu zaman mühendislerin ve bilim insanlarının ekip olarak birlikte çalıştığı” (NRC, 2012, s.203) belirtilir. Benzer şekilde, *Gelecek Nesil Fen Standartları*’nda “mühendislik tasarımı bilimsel sorgulamadan farklı olarak kendine özgü amaç ve ürünlere sahip olsa da, mühendislik uygulamalarının bilim uygulamaları ile ortak özelliklere sahip olduğu” belirtilerek “mühendislik tasarımı bilimin bir uygulamasıdır” kavram yanılgısından kaçınılması gerektiği vurgusu yapılır (NGSS Lead States, 2013b, s.103). Bunun yerine bu üç boyutun yapılandırılmasında mühendislik ve bilimin ortak işleyişe sahip olduğu vurgulanır. Sonuç olarak, standartların amacı fen ve mühendislik disiplinlerine ait içerik bilgisini bilim ve mühendislik uygulamalarıyla birleştirerek öğrencileri okul öncesinden başlayarak bilimsel sorgulama kadar ve mühendislik tasarım sürecine de dâhil edebilmektir (Guzey, Thank, Wang, Roehrig ve Moore, 2014; NGSS Lead States, 2013b).

Bu nedenle fen eğitiminde mühendislik içeriği ve tasarım sürecini merkeze alan bütünleşik STEM eğitimi tanımları daha yaygın kullanılmaktadır. Sanders ve Wells (2006) fen ve/veya matematik eğitiminin kavram ve uygulamalarını kasıtlı olarak teknolojinin ve mühendislik eğitiminin kavram ve uygulamaları ile bütünleştiren teknoloji/mühendislik tasarımına dayalı öğrenme yaklaşımlarını bütünleşik STEM eğitimi olarak tanımlamış ayrıca bütünleşik STEM eğitiminin dil sanatları, sosyal bilgiler, sanat gibi diğer derslerle daha da bütünleştirilerek geliştirilebileceğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla mühendislik tasarım uygulamaları odaklı fen öğretiminde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarına ait

bilgi ve becerilerin bütünleştirilmesini savunan STEM eğitimi; öğrencileri bir mühendis gibi farklı disiplinler arasında bir iş birliğine yönelterek, iletişime açık, sistematik düşünebilen, yaratıcı, etik değerlere sahip ve problemlere en uygun çözümü bulabilecek bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlamaktadır (Guzey ve diğ., 2014).

Moore ve diğ., (2014) bütünleşik STEM eğitimini “öğrencilerin, matematik ya da fenin anlamlı bir şekilde öğrenilmesini ve uygulanmasını gerektiren teknolojiler geliştirmenin bir aracı olarak mühendislik tasarımına katılmalarını sağlamak için eğitimcilerin bir çabası” olarak tanımlamaktadır (s. 38). Bütünleşik STEM eğitiminin bu tanımı, teknolojilerin geliştirilmesi yoluyla öğrenmeyi amaçlamak için mühendisliğin, fen ve matematik dersleri ile bütünleştirilmesini vurgulamaktadır. Burada vurgulanan mühendislik eğitiminin amacı mühendislik kavramlarını ve uygulamalarını öğretmenlere ve öğrencilere dayatarak zaten yoğun olan fen programlarının içeriğini daha da artırmak değildir. Mühendislik eğitiminin amacı fen programlarını ve fen derslerini ihmal edip mühendislik derslerine dönüştürmek de değildir. STEM’de önemli olan bu uygulamaların tamamen iç içe olmasıdır. Bunun için; birinci yol mühendislik öğrenme amaçlarının ilgili olduğu diğer öğrenme alanları amaçları içine yerleştirilmesi, ikinci yol ise mühendislik uygulamalarının diğer öğrenme alanlarıyla örtüştürülmesidir (Brunsell, 2012; Guzey ve diğ., 2014; NRC, 2012).

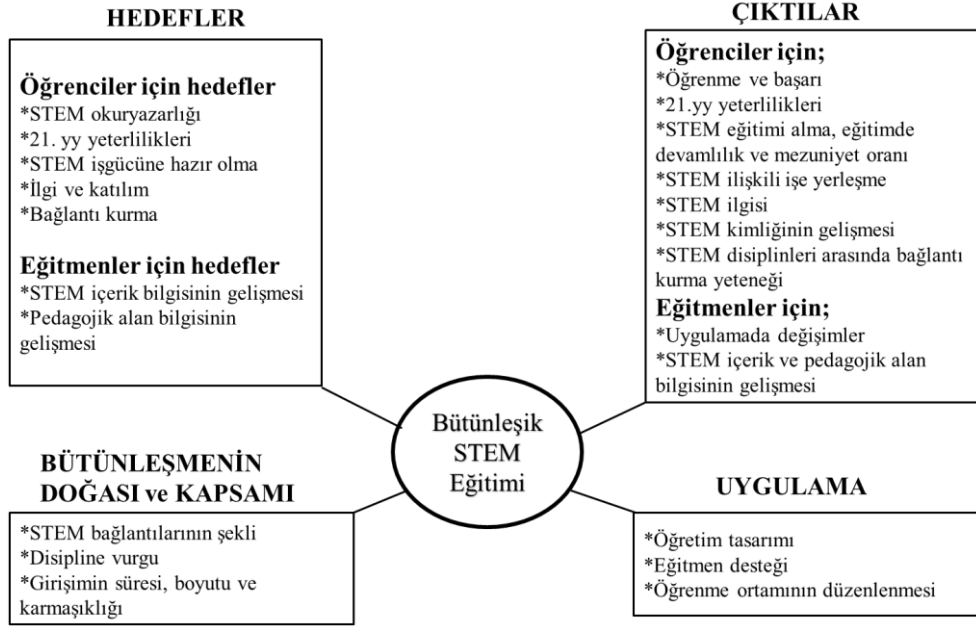
Bütünleşik STEM Eğitiminin Kapsamı ve Doğası

Yıldırım (2018) bütünleşmeye ilişkin modellerin bilinmesinin STEM eğitimi için tek başına yeterli olmadığını bunun için STEM uygulayıcılarına bütünleşik STEM kapsamını oluşturmada altı basamak önermektedir. Bu basamaklar: (1) Alanın belirlenmesi (fen bilimleri ya da matematik alanlarından birisinin seçilmesi); (2) Konu/öğrenme alanının belirlenmesi (öğretilecek konu); (3) Diğer disiplinlerle ilişkisinin belirlenmesi (belirlenen ilişkilerle içerik yeniden düzenlenir); (4) STEM bütünleşmesinin sağlanması ve STEM etkinliklerinin tasarlanması; (5) Tasarlanan STEM etkinliklerin uygulanması; (6) Değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır (s.26-27).

Benzer şekilde farklı STEM yaklaşımlarının bulunması, bütünleşmenin doğası ve kapsamı için de belirsizlikleri beraberinde getirmiştir. Disiplinlerin ne şekilde ve hangi boyutta bütünleştirileceği STEM uygulayıcılarının karşısında önemli bir zorluk olarak durmaktadır. Disiplinlerin bütünleştirilmesinin bir formülü ya da tanımı yoktur. Öğretmenler hedefleri, bütünleşmenin doğası ve kapsamını, süre ve çıktıları göz önüne alarak planlama yapmalıdırlar (Honey ve diğ., 2014). Honey ve diğerleri (2014) STEM eğitiminin daha üst düzeyde kavramsallaştırılabilmesi için tanımlayıcı genel bir çerçeve sunmuştur. Bunun için öncelikle bütünleşik STEM eğitiminin hedeflerinin net bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bütünleşik STEM programlarının ve projelerinin hem öğrenciler hem de eğitimciler için temel hedeflere sahip olması gerekir. Öğrenciler için olan hedefler STEM okuryazarlığı, 21. yüzyıl yeterlilikleri, STEM işgücü hazırlığı, ilgi ve katılım ve STEM disiplinleri arasında bağlantı kurmayı kapsarken; eğitimciler için olan hedefler ise STEM içerik bilgisini ve pedagojik alan bilgisini artırmak olarak belirlenmiştir (Honey ve diğ., 2014).

Bütünleşik STEM uygulamalarının başarısını artırmak için etkin bir planlama, uygulama ve değerlendirme gerekir. Bütünleşik STEM eğitiminin her bir farklı uygulaması için planlama yapılması, kaynak ihtiyacının, uygulama zorluklarının ve öğrenme çıktılarının belirlenmesini gerektirir (Honey ve diğ., 2014). Honey ve diğerleri (2014) analiz ettikleri çalışmalardan STEM

eğitimi uygulayıcıları için alt bileşenlerden oluşan dört boyutlu genel bir çerçeve tanımlamıştır. Bu boyutlar; bütünlük STEM eğitiminin hedefleri, bütünlük STEM eğitiminin öğrenme çıktıları, bütünlüğün kapsamı ve doğası ve bütünlük STEM eğitiminin uygulanmasıdır. Bütünlük STEM eğitiminin genel özelliklerini ve alt bileşenlerini gösteren tanımlayıcı çerçeve Şekil 5'te verilmiştir. Bu bileşenler araştırmacıların ve uygulayıcıların STEM uygulama girişimlerini belirlemek ve tanımlamak için ortak bir kelime hazinesi sağlayacaktır.



Şekil 5. Bütünlük STEM Eğitiminin Genel Özelliklerini ve Alt Bileşenlerini Gösteren Tanımlayıcı Çerçeve (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014, s.33)

Moore, Johnson, Peters-Burton ve Guzey (2016) tarafından sınıflarda STEM disiplinlerinin birleştirilmesine yönelik olarak geliştirdikleri kavramsal çerçevede ise aşağıda belirtilen altı temel unsura vurgu yapılmaktadır:

1. Öğrencilerin anlamlı öğrenmeye katılımını ve içeriğe erişimini sağlamak için bütünlük STEM eğitimi ortamları motive edici ve ilgi çekici bir ortam içermelidir. Bu ortamlar kişisel olarak anlamlı olmalı ve öğrencilerin içerikle ilişki kurmalarına izin vermelidir.

2. Bütünlük STEM eğitimi, problem çözme, yaratıcılık ve üst düzey düşünme becerilerini geliştirmek için ilgili teknolojilerin mühendislik tasarım zorluklarını içermelidir. Bu aynı zamanda mühendislik düşüncesini, teknolojik ilerlemeyi ve tersine mühendislik teknolojilerini içerebilir.

3. STEM disiplinlerinin bütünlükleştirilmesi, öğrencilerin başarısızlıktan öğrenmelerine ve öğrendiklerine dayanarak yeniden tasarım yapmalarına izin vermelidir. Bu, mühendislik düşüncesinin ayırt edici özelliklerinden biridir ve göz ardı edilmemelidir.

4. Bütünlük STEM eğitimi, öğrenmenin anlamlı olabilmesi ve proje ve probleme dayalı öğrenmenin güçlüklerini deneyimlerken, öğrenme faaliyetlerinde standartlara dayalı matematik ve/veya fen hedefleri yer almalıdır. Buna ek olarak, gerçek dünya sorunları STEM

disiplinlerinin ötesinde disiplinler arası bir sorundur. Bu, İngilizce/dil sanatları ve sosyal bilgiler gibi diğer disiplinlerin uygun bir şekilde yer alabileceği anlamına gelir.

5. Öğrencilere standartlara dayalı içeriği derinlemesine öğrenme fırsatı sağlamak için, içeriğin öğrenci merkezli bir şekilde öğretilmesi zorunludur. Öğrencilerin kavramsal bilgilerini derinleştirmek için uğraşmaları ve kendi başlarına düşünme fırsatları yaratmak gereklidir.

6. Bütünleşik STEM öğrenme ortamları 21. yüzyıl iş gücünde hayat için zorunlu olan takım çalışması ve iletişim becerilerini vurgulamalıdır (s.5).

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak bütünleşik STEM eğitimi için, disiplinlerin bütünleşme derecesi ve şeklinin nasıl ve ne şekilde olması gerektiği üzerinde araştırmacılar tarafından görüş birliğine varılamamıştır. STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesine ilişkin birçok yol ve model ortaya konulsa da hangi yöntemin daha etkili olduğuna ilişkin yeterli çalışma bulunmamaktadır (Honey ve diğ., 2014). Bybee (2013) model olarak tek bir modelin seçilmesini veya tek bir boyutun bütünleşik STEM eğitiminin tüm tanımına uymasını beklemek yerine; yerel düzeyde STEM uygulayıcıları olan öğretmenler, yöneticiler, okullar ve politika oluşturan kurumların kendi STEM bütünleşmelerini kendi ihtiyaçlarını ve düşüncelerini dikkate alarak yapmalarını önermektedir. Bu çalışmada STEM çalışmalarına rehberlik sağlayacak alan yazına dayalı bütünleşik STEM eğitimi modelleri tartışılmıştır.

Bybee'nin (2013) sunduğu modeller ya da içerik/bağlam bütünleşmesi gibi farklı bütünleşik STEM eğitimi kavramsallaştırmalarına yön veren reform hareketleri olan fen eğitimi çerçevesi (NRC, 2012) ve fen standartları (NGSS Lead States, 2013) fen öğretimi için mühendislik içerikli ve tasarım süreci odaklı bir bütünleşmeye vurgu yapmaktadır. Benzer şekilde bu kaynaklar matematik ve teknolojinin de fen ile bütünleştirilmesine önem vermektedir. STEM içeriğini ve uygulamalarını bütünleştirmenin farklı modelleri olsa da, Bryan ve diğerlerine (2016) göre beş ana özellik mühendislik odaklı bütünleşik STEM öğrenme deneyimlerini, STEM disiplinleri arasında sadece basit yüzeysel bağlantılar bulunan diğer etkinlik veya derslerden ayırır. Bu özellikler: “(1) temel öğrenme hedefleri, bir veya daha fazla fen ve matematik disiplinlerini merkeze alan içerik ve uygulamalardan oluşur; (2) bütünleştirici mühendislik tasarımı ve mühendislik uygulamaları bağlam sağlar ya da öğrenilecek içeriğin bir parçasıdır; (3) mühendislik tasarımı veya mühendislik uygulamaları bilimsel ve matematiksel kavramların kullanımını gerektirir; (4) 21. yüzyıl becerilerinin gelişimi vurgulanır; (5) öğretim bağlamı takım çalışmasıyla gerçek bir dünya problemi çözmeyi gerektirir” (Bryan ve diğ., 2016, s:28).

Çalışmalar, STEM kavramlarının ve uygulamalarının bütünleştirilmesinin disiplinler içinde artan kavramsal öğrenmeye yol açtığına ilişkin umut verici bilgiler sunmasının yanında, mühendislik ve teknoloji alanındaki kazanımları da desteklediğini göstermektedir. Bütünleşik STEM eğitiminin potansiyel etkisi ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen bulguları Honey ve diğerleri (2014, s:3, 52) şu şekilde özetlenmiştir:

- Bütünleşik STEM eğitiminin disiplinler içerisinde kavramsal öğrenmeyi geliştirdiği görülmüştür ancak bütünleşmenin doğası gereği ölçülen sonuçlar, elde edilen çıktılar bütünleşmenin yapısına ve öğrencinin önceki bilgi ve deneyimlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

- Fen ve matematik dersinin bütünleştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda pozitif etki görülmüştür ancak fendeki etki matematiğe göre daha büyüktür.

- Mühendislik tasarımı bağlamında fen ve matematik öğretimi ile ilgili mühendisliğin pozitif etkisine ilişkin umut verici kanıtlar bulunmuştur. Ancak az sayıdaki genellikle küçük örneklem ile ön-test, son-test tasarımlarına dayanan çalışmalardan elde edilen bulguların dikkatli bir şekilde yorumlanması gerekmektedir.

- Araştırmaların birçoğu öğrencilerin disiplinler arasında bağlantı yapıp yapamadıklarını; işbirlikli çalışma ve problemlerin çözümü için gerekli beceri ve yeterlilikleri kazanıp kazanamadıklarını ölçmemektedir.

- Bütünleşik STEM eğitiminin öğrenci başarısı üzerine etkisi hakkında yapılan az sayıdaki çalışma, öğrencilerin disiplin bilgilerini, problem çözme ve disiplinler arasında bağlantı yapma becerilerini ölçmede yeterli değildir.

Honey ve diğerlerinin (2014) hazırladıkları rapora göre araştırmalarda kullanılan başarıyı değerlendirme yöntemlerinin birçoğu nicel yöntemlere dayanmakta dolayısıyla öğrencilerin disiplinler arası bütünleşme ve disiplinler arası ilişki kurmaya ilişkin becerileri genel olarak ölçülememektedir. Özellikle bu alanda yapılan deneysel çalışmaların sayısının ve niteliğinin de oldukça yetersiz olduğunu ifade eden Honey ve diğerleri (2014) bu raporda bütünleşik STEM eğitimi için üç önemli öneri ortaya koymuşlardır. Bu öneriler:

1. Entegrasyon öğrenciler tarafından yapılmadığından dolayı açık olmalıdır. Bu nedenle, hem disiplinler içerisinde hem disiplinler arasında bilgi ve beceri kazandırmak için öğrencilere kasıtlı ve açık destek sağlayan bütünleşik deneyimler tasarlamak önemlidir...

2. Öğrencilerin her bir disiplin içerisindeki bilgisi desteklenmelidir. Öğrencilerin bireysel disiplinlerdeki ilgili fikirleri çok az anlamaları veya hiç anlamamaları durumunda disiplinler arası fikirleri birbirine bağlamak zorlaşmaktadır...

3. Daha fazla bütünleşme mutlaka daha iyi değildir. STEM konuları arasında bağlantı kurmanın faydaları ve güçlüklerine yer veren çalışmalarda; biliş ve öğrenmedeki potansiyel değişimleri açıklayan bütünleşik STEM eğitiminin uygulanmasına yönelik ölçülebilen stratejik yaklaşımların önemi göz ardı edilmemelidir... (s.5).

Kaynakça

- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Bryan, L. A., Moore, T.J., Johnson, C. C., & Roehrig, G.H (2016). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*. New York: Routledge.
- Brunsell, E., (2012). *Integrating engineering and science in your classroom*. NSTA press.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.
- Dugger, W. E. (2010, December). *Evolution of STEM in the United States*. Paper presented at the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research, Gold Coast, Queensland, Australia. [Available online at: <http://www.iteaconnect.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf>] Retrieved on December, 15, 2017.
- English, L. D (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *English International Journal of STEM Education* 3 (3). DOI 10.1186/s40594-016-0036-1

- Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrate curriculum. *Educational leadership*, 49(2), 61-65.
- Goodchild, L. (2012). G. Stanley Hall and an American social Darwinist pedagogy: His progressive educational ideas on gender and race. *History of Education Quarterly*, 52(1), 62-98. doi:10.1111/j.1748-5959.2011.00373
- Guzey, S.S., Tank, K., Wang, H., Roehrig, G., & Moore, T. (2014). A High-quality professional development for teachers of grades 3-6 for implementing engineering into classrooms. *School Science and Mathematics*, 114 (3), 139-149.
- Gürkan, T. ve Gökçe, E. (1999). Eğitim programlarını bütünleştirmenin on yolu. (Educational Leadership , Robin Fogarty'den özet çeviri). *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 32 (1-2), 29-39.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Lederman, N. G., & Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, 97(2), 57-58.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES
- Moore, T.J., Stohlmann, M.S., Wang, H.H., Tank, K.M., Glancy, A.W., & Roehrig, G.H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in precollege settings: Research into practice* (pp. 35-60). West Lafayette, IN: Purdue Press.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2016). The need for a STEM road map. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*. New York: Routledge.
- National Research Council. (NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013a). *Next generation science standards: For states by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013b). *Next generation science standards: For states by states* (Vol:2 Appendixes). Washington, DC: The National Academies Press.
- Ring, E. A. (2017). *Teacher conceptions of integrated stem education and how they are reflected integrated stem curriculum writing and classroom implementation*. Unpublished doctoral dissertation, Minnesota University.
- Sanders, M.E. & Wells, J.G. (2010). *Virginia Tech, Integrative STEM Education Graduate Program*. [Available online at: <http://web.archive.org/web/20100924150636/http://www.soe.vt.edu/istemed>]. Retrieved on December, 15, 2017.
- Sublette, H. (2013). *An effective model of developing teacher leaders in STEM education*. Unpublished doctoral dissertation, Pepperdine University.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 2.
- Wang, H. (2012). *A new era of science education: Science teachers' perceptions and classroom practices of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) integration*. Unpublished doctoral dissertation, Minnesota University.
- Yıldırım, B. (2018). *Teoriden pratiğe STEM eğitimi*. İstanbul. Nobel Bilimsel Eserler.

Extended Abstract

The idea of curriculum integration is derived from educators' awareness that real world problems are not separated into isolate disciplines (Wang, Moore, Roehning, & Park, 2011). Furthermore, Dewey (1931) argues that disciplines should not be separate, but rather bring to life problems through real-world application in his book titled *The Way Out of Educational Confusion* which paved the way for integrating curriculum in classrooms through the 1950s. STEM education has also affected by Dewey's laboratory school reform and philosophies (Goodchild, 2012 cited from. Sublette, 2013). The integration of programs is the approach or teaching strategy of teaching knowledge, skills and values from different subject areas more in a more meaningfully way as a concept. STEM integration in the classroom is also a type of curriculum (Wang et al., 2011). For this reason, it is very important for STEM practitioners to know the approaches for the integration of programs in terms of understanding approaches related to the integration of STEM disciplines.

Drake & Burns (2004) defined three approaches to integration of programs—multidisciplinary, interdisciplinary, and transdisciplinary. From disciplinary to transdisciplinary with increasing levels of integration When the increasing level of integration of disciplines is defined from discrete disciplines to multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary, it continues with the progression along the continuum involving greater interconnection and interdependence among the disciplines. At the lowest level of integration concepts and skills are learned separately in each discipline. At the second level of multidisciplinary integration concepts and skills are learned separately in each discipline but within a common theme. At the third level interdisciplinary closely linked concepts and skills are learned from two or more disciplines with the aim of deepening knowledge and skills. And at the highest level of transdisciplinary knowledge and skills learned from two or more disciplines are applied to real-world problems and projects, thus helping to shape the learning experience (English, 2016). The boundary for the term integrated used in educational practice and research is blur and difficult to distinguish from related terms such as *connected, unified, interdisciplinary, multidisciplinary, or transdisciplinary; and so* “defining integrated STEM education is further complicated by the fact that connections can be reflected at more than one level at the same time: in the student's thinking or behavior, in the teacher's instruction, in the curriculum, between and among teachers themselves, or in larger units of the education system, such as the organization of an entire school” (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014; s.23). In this respect, Bybee (2013) proposes nine approaches to integrate disciplines ranging from staying with discrete disciplines to fully integrating the disciplines. These models are as follows: STEM equals science (or mathematics); STEM means both science and mathematics; STEM means science and incorporates technology, engineering, or math; STEM equals a quartet of separate disciplines; STEM means science and math are connected by one technology or engineering program; STEM means coordination across disciplines; STEM means combining two or three disciplines; STEM means complementary overlapping across disciplines; STEM means a transdisciplinary course or program.

Amongst the multiple conceptualizations of integrating STEM content and practices, the reform movements for *A framework for K-12 science education* (NRC, 2012) and *Next Generation Science Standards* (NGSS Lead States, 2013) have pushed for the integration of

engineering content and design process in science classrooms. Integrated STEM education that focuses on deeper connections between science and engineering should have differentiated characteristics from activities, lessons, or courses that simply focus on superficial connections among STEM disciplines. “These characteristics include instruction in which: (1) the content and practices of one or more anchor science and mathematics disciplines define some of the primary learning goals; (2) the integrator is the engineering practices and engineering design of technologies as the context and/or an intentional component of the content to be learned; (3) the engineering design or engineering practices related to relevant technologies requires the use of scientific and mathematical concepts through design justification; (4) the development of 21st century skills is emphasized; (5) the context of instruction requires solving a real-world problem or task through teamwork” (Bryan et al., 2016, s:28).

Although there are many ways and models for the integration of STEM disciplines, there are not enough studies on which way or method is more effective (Honey et al., 2014). Bybee (2013) suggests that it is not important that one model be chosen as the best exemplar or one model fits all definition of integrated STEM education, it is suggested that teachers, administrators, school districts, and policy-making institutions should consider their own conceptions of integrated STEM to better operate as advocates for STEM at the local level. Therefore, in this study, different models of conceptualizing integrated STEM education in science classrooms based on the literature were discussed.