

Matematik Öğretmeni Eğitiminde STEM - Matematiksel Modelleme Birlikteliğinin Problem Çözme ve Modelleme Becerilerine Etkisi

Gökhan Derin^a ve Emin Aydın^b

Öz

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi son yıllarda gerek dünyada gerekse ülkemizde üzerine yoğun çalışmaların yapıldığı bir eğitim yaklaşımıdır. Henüz tam olarak kavramsallaştırılmamış bu eğitim yaklaşımının ülkemiz eğitim sistemine nasıl entegre edilebileceği ile ilgili çalışmalar, hem ülkenin önde gelen sanayi kuruluşlarının hem de Milli Eğitim Bakanlığı'nın çağruları ile devam etmektedir. Bu çalışmada araştırmacılar STEM eğitiminin matematik eğitiminde nasıl kullanılabileceğine örnek sunmak amacıyla matematiksel modellemeyen de yararlanan bir uygulamanın katılımcıların matematiksel modelleme yeterlikleri ve problem çözme becerileri üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmaya fen edebiyat fakültesinden mezun fakat pedagojik formasyon eğitimi alan 22 öğretmen aday katılmıştır. Yapılan analizler sonucunda öğretmen adaylarının hem matematiksel modelleme yeterliklerinde hem de problem çözme becerilerinde ilk duruma göre anlamlı ilerlemeler görülmüştür. Bulgular matematiksel modellemeyen yararlanan bir STEM eğitiminin faydalı olabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: STEM eğitimi, matematiksel modelleme, problem çözme, 21. yüzyıl becerileri, öğretmen eğitimi.

Makale Hakkında

Gönderim tarihi: 24.07.2019

Düzeltilme tarihi: 20.06.2020

Kabul tarihi: 22.06.2020

Elektronik Yayın Tarihi: 17.12.2020

Giriş

İçinde bulunduğumuz 21. yüzyıl teknoloji çağı olarak adlandırılmakta ve teknoloji hayatımızın her alanında yer almaktadır. Teknoloji, kolaylıkları ile birlikte birtakım sınırlılıkları da beraberinde getirmektedir. 21. yüzyılın hayatımıza kattığı çok disiplinli yapılar, günlük hayatta karşılaşılan, küresel ısınma, salgın, kıtlık, toprak kirliliği vb. problemlerin de basit olmayan bir yapıya bürünmesine sebep olmuştur.

Yeni yaşam şartları yeni problemleri doğurmakta ve yeni problemler de yeni çözümleri gerektirmektedir. Teknolojik gelişmelerin, ulusal ve uluslararası rekabetin süratle arttığı 21. yüzyılda devletler öğrencilerini küresel dünyada rekabet edebilecek yeterliğe sahip bir şekilde yetiştirmeyi hedeflemektedirler. Hızla gelişen dünyada Türkiye

^a Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Öğretmenliği Programı, gokhanderin29@gmail.com ORCID: 0000-0003-3547-4997

^b Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Öğretmenliği Programı, eydin@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4298-2623

de öğrencilerinin daha iyi ve donanımlı olması için kendi eğitim programlarına öğrencilere kazandırmak üzere bir takım beceriler ve hedefler koymaktadır (MEB, 2017; Türkiye Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi ve Eylem Planı (MEB, 2014). Bu beceriler 21. yüzyıl becerileri olarak anılmaktadır. 21. yüzyıl becerileri yapılan birçok çalışmayla farklı araştırmacılar tarafından çeşitli şekillerde ortaya konulmuştur. Çeşitli kaynaklarda (Association for Career and Technical Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills, 2010; Wagner, 2008; Windschitl, 2009; Bybee, 2010a) ortaya konulan 21. yüzyıl becerileri şu şekildedir: Eleştireci düşünce ve problem çözme, işbirliği ve liderlik, düşünce esnekliği ve uyum sağlayabilme ve girişimcilik, etkin sözel ve yazılı iletişim, verilere ulaşabilme ve bunları analiz etme, merak ve hayal gücü, sıra dışı problemleri çözebilme, kendi kendini yönetme ve geliştirme ve sistemler çerçevesinde düşünebilme becerileri, işbirliği, yaratıcılık, yenilikçilik vb.

21. yüzyıl becerileri farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ortaya konulsa da hepsinin ortak özeliği problem çözebilme becerisidir. Matematik öğretiminin temel amaçlarından bir tanesi de öğrencilere problem çözme becerisi kazandırmaktır (MEB, 2017). Matematik, uzun yıllardır insanlığın çeşitli ve en ilginç problemlerine çözüm bulan ve yüzyıllardır sürekli geliştirilen (The National Curriculum in England, s. 37) ve özünde problem çözme olan bir disiplin (Mevarech ve Kramarski, 2014) olarak 21. yüzyıl becerilerine de katkı sağlamaktadır. Ancak matematik dersi okullarda günlük hayattan kopuk bir şekilde ezberlenmesi gereken kurallar yığını olarak işlendiği zaman öğrenciler, matematik konularının günlük hayatta ne işe yaradığını veya yarayacağını bilememekte ve bunu sürekli sorgulamaktadırlar. Bu da öğrencilerin matematiği daha iyi, anlamlı ve severek öğrenmelerini olumsuz etkileyebilmektedir (Deniz, 2014). Bu durumda öğrencilerin matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurmalarını sağlayabilecek gerçek hayat problemlerine yer verilmesi önem arz etmektedir. Alan yazına bakıldığında matematik ile günlük yaşam arasında ilişki kuran, gerçek hayat problemlerine yer veren matematik öğretimi yaklaşımlarından biri de matematiksel modelledir. Matematiksel modelleme çalışmaları bu konuda bize önemli katkılar sunmaktadır.

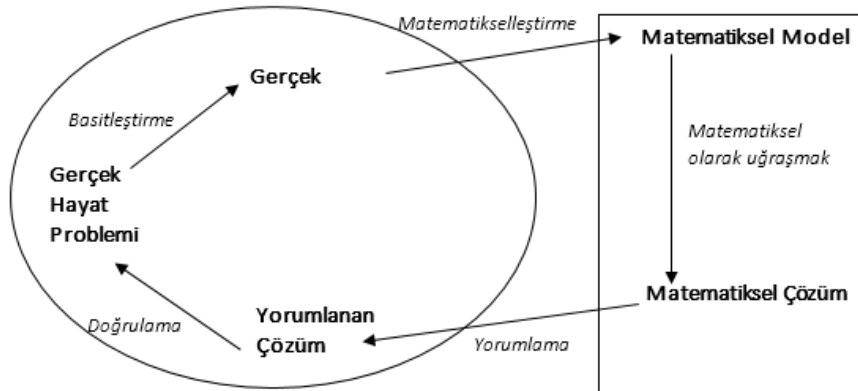
Modelleme ve Matematiksel Modelleme

Modelleme, en basit hali ile model oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır (Sriraman, 2005). Modelleme, karşılaşılan problem karşısında problemi yorumlayarak birtakım zihinsel süreçler sonucunda problem ile ilgili yeni ilişkiler ve örüntüler bularak yeni bir model oluşturma sürecidir (Kertil, 2008). Matematiksel modelleme, karşılaşılan bir problemin matematiksel olarak ifade edilmesi ve bu ifadenin test edilmesi süreci olarak kısaca tanımlanabilir (Doruk, 2010; Haines ve Crouch, 2007; Lesh ve Doerr, 2003). Yani karşılaşılan durumu, matematik veya matematik dışındaki herhangi bir durumu, matematik dilini kullanarak ifade etmeye ve bu ifadeyi test ederek analiz etmeye çalışma süreci olarak tanımlayabiliriz (Erbaş vd., 2014; Kertil, 2008). Matematik eğitiminde de, matematiksel modelleme, öğrencilerin karşılaştıkları problem karşısında ilk önce problemi, uygun matematiksel terminoloji ile ifade ettikleri, daha sonra bu terminoloji çerçevesinde tespit ettikleri değişkenlerin birbirleri ile ilişkilerini ve uygun modeli belirleyerek test ettikleri bir öğrenme - öğretme süreci olarak ele alınabilir (MEB, 2013).

Günümüzde gittikçe gelişen ve bu gelişmeyle birlikte karmaşıklaşan problemler çoğu zaman okullarda öğrencilere öğretilen ve çözmelerini istenilen problemlerden çok daha fazlasıdır. Dolayısıyla bu problemlerin anlamlandırılabilmesi ve çözülebilmesi için üst düzey problem çözme yeteneklerinin öğrencilerde geliştirilmesi gerekmektedir. Matematiksel modelleme, son yıllarda bu üst düzey problem çözme yeteneklerinin kazandırılması için matematik eğitiminde üzerinde durulan öğretim yaklaşımlarından bir tanesidir (Doorman ve Gravemeijer, 2009; Lingefjärd, 2006; MEB, 2013).

Matematik eğitimi alan yazınına bakıldığında öğretim yaklaşımı olarak matematiksel modelleme ile ilgili tek bir bakış açısından söz etmek mümkün değildir (Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013; Kaiser ve Sriraman, 2006). Alan yazın incelendiğinde matematiksel modelleme ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve çeşitli modelleme yaklaşımları ortaya konulmuştur (Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013; Erbaş vd., 2014). Maaß'a (2006) göre modelleme süreci (Şekil 1) şu beş aşamadan oluşmaktadır:

- i. Gerçek hayat problemi
- ii. Gerçek model (öğrencinin zihninde oluşan model)
- iii. Matematiksel model
- iv. Matematiksel çözüm
- v. Yorumlanan çözüm



Şekil 1. Matematiksel modelleme süreci [Maaß'dan (2006) uyarlanmıştır]

Şekil 1'deki modelleme sürecine göre öğrenci karşılaştığı gerçek hayat problemini kendine göre basitleştirerek (basitleştirme) zihninde bir model tasarlamaktadır. Daha sonra bu zihnindeki modeli matematik diline aktararak matematiksel bir modele (matematikselleştirme) dönüştürmeye çalışmakta, bulduğu matematiksel model ile problemi çözmeye uğraşarak (matematiksel olarak uğraşmak) matematiksel bir çözüme ulaşmaya çalışmaktadır. Ulaştığı matematiksel çözümü yorumlayarak (yorumlama) bulduğu bu çözümü doğrulama yoluna giderek bu şekilde yaptığı matematiksel modellemenin gerçek yaşam durumuna bir çözüm getirip getiremediğini ve benzer durumlar için de geçerli olup olamayacağını tartışmaktadır (doğrulama).

Borromeo Ferri'nin (2006) matematiksel modellemeyi açıklamaya yönelik çalışmasındaki süreçler de Maaß'ın (2006) çalışması ile benzerlik göstermektedir. Ancak Borromeo Ferri (2006) çalışmasında "Gerçek Hayat Durumu" ile "Gerçek Model"

Şekil 3'teki modelleme sürecinde araştırmacılar, sürecin olması gereken akış yönünü koyu ok işaretleri ile ifade etmekle birlikte her bir basamakta geri dönüşün de mümkün olabileceğini göstermek adına ters istikamette ince oklar da kullanmışlardır.

Matematiksel modelleme yaklaşımları incelendiğinde bu yaklaşımların hepsi matematiksel modellemenin döngüsel bir süreç olduğu konusunda hemfikirdir (Zbiek ve Conner, 2006). Ancak bu sürecin açıklanması ve yorumlanmasında araştırmacıların yoğunlaştıkları odak noktaları farklılık göstermektedir. Bu odak noktalarına göre de birbirinden farklı matematiksel modelleme yaklaşımları ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın odak noktası matematiksel modelleme olmadığı için bu yaklaşımların detaylarına girilmeyecek, genel yaklaşımlar ile yetinilecektir.

Kaiser ve Sriraman (2006) yaptıkları çalışmada matematiksel modelleme yaklaşımlarını Tablo 1'de görüldüğü gibi altı başlık altında toplamışlardır.

Tablo 1. Matematiksel modelleme yaklaşımları [Kaiser ve Sriraman'den (2006) uyarlanmıştır]

Modelleme Yaklaşımları	Temel Yaklaşımları
Gerçekçi veya uygulamalı modelleme	Gerçek dünya problemlerini anlamak, çözmek ve modelleme becerilerini geliştirmek.
Bağlamsal modelleme	Öğrencilerin matematik ve matematik öğretimine yönelik motivasyon ve tutumlarının artırılmasına ve geliştirilmesine yönelik yapaylıktan uzak gerçek hayat durumları verilerek bir bağlam çerçevesinde matematiksel kavramların öğretilmesi.
Eğitimsel Modelleme	Öğrenme süreçlerinin tanıtılıp yapılandırılarak kavramların oluşturulması ve geliştirilmesi
Sosyo-kritik Modelleme	Yaşanılan çevreyi ve kültürü eleştirebilecek ve katkı sağlayabilecek bir bakış açısı geliştirilmesi
Epistemolojik veya Teorik Modelleme	Matematiksel kavramlar arasındaki ilişkilerin fark ettirilerek teorinin geliştirilmesinin hedeflenmesi.
Bilişsel Modelleme	Modelleme süreçlerinde yer alan bilişsel süreçlerin analizi ve bu bilişsel süreçlerin anlaşılması ve matematiksel düşünme süreçlerinin teşvik edilmesi

Matematiksel modelleme matematik öğretim programının amaçlarından olan öğrencilerin matematik ile günlük hayat arasındaki ilişkiyi kurabilmelerine ve problem çözmeye becerilerine katkı sağlamaktadır (Kertil, 2008). Ancak matematiksel modelleme yaklaşımlarında, matematiksel bilgi yapılandırılırken çoğunlukla kâğıt kalem tabanlı etkinliklerin tercih edilmesinden dolayı öğrencilerin matematiksel bilgiyi yapılandırma süreçlerine, çoklu temsiller ve materyallerle (MEB, 2018, s. 11) katkı sunmada yetersiz kalmaktadır (Kertil ve Gürel, 2016). Matematiksel modellemenin öğrenme-öğretme süreçlerindeki etkinliği hakkında çok sayıda kanıt bulunmaktadır (Doruk ve Umay, 2011; Kertil, 2008; Korkmaz, 2010; Kertil vd., 2016; Lesh ve Doerr, 2003) Diğer yandan, STEM eğitim yaklaşımının disiplinlerarası bakış açısı göz önüne alındığında matematiksel modelleme yaklaşımının yalın olarak (kâğıt - kalem tabanlı) kullanıldığı çalışmalarda disiplinler arası ilişkilendirmelerin yeterli ölçüde yapılamadığı ve çözümlerin matematiğin soyut döngüsü içinde kaldığı gözlenmektedir (Derin, 2017). Araştırmacılar bu çalışmada disiplinlerarası bakış açısından bakarak ve yalnızca o açıdan matematiksel modellemenin sınıf içinde nasıl daha etkin hale getirilebileceğini araştırmışlardır.

Matematiksel modellemenin, STEM eğitim yaklaşımı bakış açısından, bu ve buna benzer sınırlılıkları düşünüldüğünde bunları aşabilmek için yeni çalışmalara ve yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçlar göz önüne alındığında son yıllarda yeni bir paradigma olarak ortaya çıkan STEM eğitimi yaklaşımı uygulamaya yönelik bu tür problemlere çözüm üretmeye aday bir yaklaşım olarak görülebilir (Derin, 2017; Kertil and Gürel, 2016). Nitekim matematiksel modellemenin de STEM eğitiminin öğretim programımıza entegre edilebilmesi için köprü görevi görebileceği de alan yazında ifade edilmiştir (Kertil and Gürel, 2016).

STEM Eğitimi

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi yeni bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır (Breiner, Johnson, Harkness ve Koehler, 2012). Bu paradigma fen ve matematik eğitimine yoğunlaşsa da teknoloji ve mühendislik boyutunu da içine almaktadır (Bybee, 2010b). Her ne kadar STEM eğitimi ile ilgili bir kavramsallaştırmaya ulaşılamamışsa da genel anlamda STEM eğitimi fikri, gerçek dünya problemlerini çözmeye çeşitli disiplinleri anlamlı şekilde bütünleştirmiş bir yaklaşım olarak tarif edilebilmektedir (Breiner vd., 2012). STEM eğitimi yaklaşımı bireylere, karşılaştıkları problemlere disiplinler arası bir yaklaşımla bakabilmeyi öğretmekte ve öğrencilerin kendilerini yenileyip kapasitelerini arttırabilecekleri sayısız disiplinler arası imkânlar sunmaktadır.

STEM eğitimi ile uygun etkinlikler ve programlar planlandığında bunların öğrencilerin matematik ve fen okuryazarlıklarına katkı sağladığı ortaya konulmuştur (Erdoğan vd., 2013). STEM etkinlikleri ile öğrencilerin, öğrenmeye ilgi gösteren, tartışmalara aktif katılan, sorgulayan öğrenciler olma yolunda önemli mesafe kaydettikleri ifade edilmiştir (Kovarik, vd., 2013). STEM eğitimi yaklaşımı ile birlikte okullarda bütünleşik eğitim modelini uygulamanın birçok yararlarından bahsedilmiştir. Örneğin; bütünleşik eğitim, öğrencilerin gerçek dünya problemleri ile ilişki kurabilme yeteneğini, düşünme yollarını, problem çözme ve akıl yürütme becerilerini, matematiksel kavramlar için fen ve teknolojiyi kullanabilme kabiliyetlerini geliştirmekte ve disiplinler arası bağlantılar ile daha iyi anlama gerçekleşmektedir (Berlin ve White, 2012). Bütünleşik eğitimin sınıf ortamlarında uygulanabilmesi için bu yaklaşımı uygulayabilecek yeterliğe sahip öğretmenler olması gerekmektedir. Bu durum bütünleşik eğitim yaklaşımlarına yönelik öğretmenlerin pedagojik bilgilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (Berlin ve White, 2012). Bir başka ifade ile öğretmenlerin, kendi alanlarına yeterince hâkim olmalarıyla birlikte ihtiyaç duydukları ikinci bir alandan da ihtiyaç duydukları kadarıyla haberdar olmaları gerektiğini ifade eden “bütünleşik öğretmenlik bilgileri” geliştirilmelidir (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014).

21. yüzyıl becerilerini kazandırma ile ilgili son yıllarda ülkemizde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Altıntaş, Özdemir ve Kerpiç, 2013; Göksün ve Kurt, 2017; Korkut, 2002). Bu becerileri kazandırabilecek önemli eğitim yaklaşımlarından biri de STEM eğitimi yaklaşımı olarak düşünülebilir. İstanbul Aydın Üniversitesi (Akgündüz ve diğerleri, 2015), MEB (2016) ve TÜSİAD (2017) gibi STEM’in paydaşlarını oluşturan önemli kuruluşların yayınladığı raporlar ülkemizde de STEM eğitimine olan ihtiyacı gözler önüne sermektedir. STEM eğitiminin en önemli paydaşlarından biri de bu eğitimi okullarında uygulaması beklenen öğretmenlerdir. Öğretmenlerin, ülkemizde henüz yeni

olan bu eğitim yaklaşımına karşı tutumlarını belirlemeye yönelik çeşitli ölçek çalışmaları da yapılmıştır (Buyruk ve Korkmaz, 2016; Derin, Aydın ve Kırkıç, 2017; Hacıömeroğlu ve Bulut, 2016; Yılmaz, Yiğit Koyunkaya, Güler ve Güzey, 2017). Ayrıca yapılan bazı araştırmalar öğretmenlerimizin STEM eğitiminin temeli olan disiplinler arası ilişkilendirmeyi yapamadıklarını, bu konuda desteğe ihtiyaç duyduklarını ortaya koymuştur (Aydın ve Delice, 2007; Çorlu ve Çorlu, 2012; Çorlu ve Aydın, 2016). Bu çalışmada araştırmacılar matematik öğretmenlerine, disiplinler arası ilişkilendirmede duydukları desteği sağlayabilmek için STEM – matematiksel modelleme birlikteliğini incelemişlerdir.

STEM eğitiminin nasıl uygulanabileceği ile ilgili alan yazında içerik bütünleştirilmesi ve bağlam bütünleştirilmesi şeklinde iki farklı yaklaşım ön plana çıkmaktadır (Roehrig, Moore, Wang ve Park, 2012). İçerik bütünleştirilmesi, ilgili alanların tek bir alan şeklinde organize edilip bütüncül bir şekilde müfredat hazırlanmasını öngörürken bağlam bütünleştirilmesinde ise bir disiplin merkeze alınır ve bu disiplinin daha iyi öğretilmesi için diğer disiplinlerden faydalanılır. Ülkemizin mevcut eğitim sistemi, öğretim programları ve alt yapısı düşünüldüğünde bağlam bütünleştirilmesinin çalışmaya daha uygun olacağı düşünülmüş ve çalışma bağlam bütünleştirilmesi çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada araştırmacılar bağlam bütünleştirilmesi çerçevesinde STEM eğitiminin matematik eğitiminde kullanılabilmesi için matematiksel modellemenin faydalı olup olamayacağını araştırmışlardır.

Çalışmanın Amacı

Ortaöğretim matematik öğretim programının amaçlarına bakıldığında, problem çözebilen, matematiksel modelleme yapabilen, matematiksel bilgiyi güncel hayat problemlerine uygulayabilen, disiplinler arası ilişkiler kurabilen ve matematiksel bilgiyi materyallerle destekleyebilen öğrenciler yetiştirmeyi içermektedir (MEB, 2017). Bu öğrencilerin yetiştirilmesinde hiç şüphesiz en büyük paylardan birisi de öğretmenlere aittir. Bu çalışmanın amacı, öğretim programımızın amaçlarına ulaşmasına katkı sağlamak için STEM eğitim modelinin öğretmen eğitimi sistemimize entegre edilebilmesine katkı sağlamak ve bu modelin, öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine ve disiplinler arası ilişki kurma düzeylerine katkısını incelemek için matematiksel modellemeden yararlanmaktır. Bunun için de içerisinde kuramsal ve uygulamalı çözümün, materyal geliştirme veya geliştirilmiş uygun materyalin kullanımı süreçlerinin yer aldığı günlük hayat problemi içeren etkinlik örneği ve uygulamalarını içeren bir modül tasarlanmıştır.

Bu bağlamda şu sorulara cevap aranacaktır: Öğretmen adaylarının, STEM – Matematiksel Modelleme birlikteliği ile işlenen bir ders sürecinde,

1. Günlük hayat problemi çözme yeterlikleri nasıl değişir?
2. Matematiksel modelleme aşamalarındaki yeterlikleri sergileme düzeyleri nasıl değişir?

Yöntem

Araştırmalar nicel ve nitel olmak üzere ikiye ayrılrsa da son yıllarda araştırmanın amacına ve yapısına göre her iki yöntemin bir arada kullanıldığı karma yöntemler de görülmektedir (Johnson ve Onwuegbuzie, 2004). Karma yöntem, çevremizdeki olayların karmaşık ve çok boyutlu olması araştırmaların da çok boyutlu olmasını gerektirdiği tezine dayandırılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Karma yönteme göre bir olayın hem nitel hem de nicel yönü vardır. Dolayısıyla olayları daha iyi anlamak için her iki yöntemden de yararlanmak gerekir. Karma yöntem her iki yöntemle elde edilen verilerle birbirini teyit etmekte ve çalışmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmaktadır.

Bu çalışma ortaöğretim matematik öğretmen eğitimi programına STEM bütünleştirilmesi için yapılan, tasarım tabanlı, üç ayrı döngüsel süreçten oluşan daha büyük bir çalışmanın (Bkz. Tablo 2) bir parçasıdır. Bu tasarım çalışmasında STEM eğitimi öğretmen yetiştirme programına entegre edebilmek için matematiksel modellemenin kullanılacağı 360 dakikalık (9 ders saati) bir ders modülü tasarlanmıştır. Bunun için ilk önce öğretmen adaylarının problem çözme becerileri matematiksel modelleme testi ile test edilip analiz edilmiştir. Bu nicel verinin ardından matematiksel modelleme etkinlikleri, STEM bağlamında en verimli olabilecek şekilde ardıl uygulamalar ile gerçekleştirilerek nitel veriler elde edilmiştir. Gerçekleştirilen bu ardıl uygulamalar sonucunda problem çözme becerileri tekrar test edilerek toplanan ve analiz edilen veriler çerçevesinde STEM–matematiksel modelleme birlikteliğinin en uygun olduğu tasarım elde edilmeye çalışılmıştır. Araştırmacılar, bu amaçları gerçekleştirebilmek için ortaya atılan matematiksel modelleme ve STEM eğitim yaklaşımlarının ortaklaşa kullanılıp kullanılmayacağını, birinin eksik kaldığı yönlerin diğeri tarafından tamamlanıp tamamlanamayacağını ortaya koymaya çalışmışlardır. Mevcut makalede her biri müstakil ardıl uygulamalardan oluşan bu döngüsel süreçlerden birincisinden elde edilen bulgular tartışılacaktır.

Tablo 2. Araştırma süreci

1. Aşama	Modelleme 1 testinin çözdürülmesi Problem 1'in kuramsal olarak çözdürülmesi Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi Modelleme 2 testinin çözdürülmesi Mülakatlar
2. Aşama	Modelleme 1 testinin çözdürülmesi Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi Problem 1'in kuramsal olarak çözdürülmesi Modelleme 2 testinin çözdürülmesi Mülakatlar
3. Aşama	Modelleme 1 testinin çözdürülmesi Problem 1'in kuramsal olarak çözdürülmesi Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi Problem 2'nin kuramsal olarak çözdürülmesi Problem 2'nin uygulamalı olarak çözdürülmesi Modelleme 2 testinin çözdürülmesi Mülakatlar

Araştırmada Gözetilen Etik İlkeler

Araştırmacılar çalışma grubuna çalışma hakkında bilgi vermiş ve katılımcılara çalışmadan elde edilecek verilerin sadece araştırmacılar tarafından, isimleri saklı tutularak sadece araştırma içerisinde kullanılacağını beyan etmiştir. Ayrıca katılımcılara çalışmaya katılımın gönüllülük esasına dayalı olduğu ve araştırmadan istedikleri zaman ayrılacakları da ifade edilmiştir. Bilgilendirmeler sözel olarak yapılmakla beraber katılımcılardan onam formları da alınmıştır.

Katılımcılar

Araştırmanın çalışma grubu olarak, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi'ne formasyon eğitimini almak için başvuran çeşitli üniversitelerin matematik bölümlerinden mezun 22 kişilik bir grup seçilmiştir. Yapılan çalışma matematik temelli olduğu için katılımcıların tamamı matematik bölümü mezunları arasından seçilmiştir. Çalışma 2016 yaz dönemi formasyon grubu Özel Öğretim Yöntem ve Teknikleri dersi içerisinde gerçekleştirildiğinden bu dersi alan öğrencilerden rastgele belirlenen 22 kişi (dersi alan diğer öğrenciler diğer aşamalarda katılımcı olmuşlardır) çalışma grubunu oluşturmuştur. Çalışma grubunun rastgele seçilmesinin nedeni dersi alan tüm öğrencilerin benzer özelliklere (katılımcıların tamamının matematik bölümlerinden mezun olmaları, yeni mezun olmaları vb.) sahip olduklarının düşünülmesidir. Bu 22 kişilik grup daha önce matematiksel modelleme veya STEM eğitimi ile ilgili herhangi bir eğitim almadıklarını beyan etmişlerdir.

Veri Toplama

Matematiksel modelleme testleri. Matematiksel modellemenin ölçme ve değerlendirilmesinde mikro ve makro olmak üzere iki farklı yaklaşımdan söz edilmektedir (Houston, 2007; Frejd, 2013). Makro yaklaşımda matematiksel modelleme yeterlikleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınırken; mikro yaklaşımda ise matematiksel modelleme yeterliklerinin her bir alt yeterliğinin ayrı ayrı ölçülmesi ve değerlendirilmesi görüşü hâkimdir (Kertil vd., 2016). Bu çalışmada STEM eğitimi bağlamında hazırlanan modülün matematiksel modelleme yeterliklerinde bir değişim meydana getirip getirmediği merak edildiği için mikro yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşıma sahip olan Izard ve arkadaşları yaptıkları çalışmalar sonucunda ölçülmesi ve değerlendirilmesi gereken matematiksel modelleme becerilerini Tablo 3'teki gibi sıralamışlardır (Izard, Haines, Crouch, Houston ve Neil, 2003). Ayrıca aynı araştırmacılar (Haines ve Crouch, 2001; Izard vd., 2003) matematiksel modelleme yeterliklerini ölçmek için çoktan seçmeli bir test geliştirmişler ve Kertil (2008) yaptığı çalışma ile bu testi Türkçe'ye uyarlamıştır.

Tablo 3. Izard vd.'nin (2003) belirlediği matematiksel modelleme sürecindeki beceriler

Matematiksel Modelleme Sürecindeki Beceriler	
1.	Verilenleri belirleme ve sadeleştirme.
2.	Hedefi belirginleştirme.
3.	Problemi formülleştirme.
4.	Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme.
5.	Matematiksel ifadeleri formülleştirme.
6.	Bir matematiksel model seçme.
7.	Grafik gösterimleri kullanma.
8.	Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme.

Bu çalışmada kullanılan, Izard vd.'nin (2003) geliştirdikleri, modelleme testleri her bir aşamayı (Bkz. Tablo 3) ölçen en az ikişer soru olmak üzere toplam 22 sorudan oluşmaktadır. Bu 22 soru, karşılaştırmanın ve yorumlamanın daha rahat ve daha doğru yapılabilmesi için paralel iki test olacak şekilde 11'er soruluk iki bölüm halinde uygulanmıştır. Modelleme testleri katılımcılara dersin birinci aşamasının başında ve sonunda uygulandığından (Bkz. Tablo 2) ölçmenin daha doğru olabilmesi için aynı sorular değil birbirinin paraleli olan ayrı sorular kullanılmıştır. Her iki testteki soruların Tablo 3'deki hangi aşamayı ölçmeyi hedefledikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Katılımcılar daha önceden matematiksel modelleme eğitimi almadıklarını ifade ettikleri için çalışmaya başlamadan önce matematiksel modelleme hakkında alanda uzman bir eğitimci tarafından eğitim verilmiş ve matematiksel modelleme örnekleri öğrencilere gösterilmiştir. Ardından modelleme testleri katılımcıların, Tablo 3'de ifade edilen aşamaları hangi ölçüde gerçekleştirebildiklerini ölçmek için uygulanmıştır.

Tablo 4. Modelleme 1 ve modelleme 2 testlerinin ölçmeyi hedefledikleri yeterliklere göre soru dağılımları

Modelleme Sürecindeki Beceriler/Yeterlikler/Aşamalar	Modelleme 1 Testindeki Soru Numarası	Modelleme 2 Testindeki Soru Numarası
Verilenleri belirleme ve sadeleştirme	1. soru	1. ve 2. sorular
Hedefi belirginleştirme	2. ve 3. sorular	3. soru
Problemi formülleştirme	4. soru	4. ve 5. sorular
Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme	5. ve 6. sorular	6. soru
Matematiksel ifadeleri formülleştirme	7. soru	7. ve 8. sorular
Bir matematiksel model seçme	8. ve 9. sorular	9. soru
Grafik gösterimleri kullanma	10. soru	10. soru
Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme	11. soru	11. soru

STEM bağlamında matematiksel modelleme etkinliği. Araştırmacılar alanda daha önce yapılan çalışmalar ışığında matematiksel modelleme basamaklarını ve özellikle görülme sıklığı az olan basamakları geliştirmeye yönelik bir etkinlik planlamaya karar vermişlerdir. Bu etkinlikte araştırmacılar, çalışma grubundaki katılımcıları isteklerine göre 3'erli veya 4'erli gruplara ayırarak Şekil 4'teki problem durumunu dağıtıp

çözmelerini istemişlerdir. Bu matematiksel modelleme sorusu Erbaş vd. (2016) kitabından uyarlanmıştır. Araştırmacılar matematiksel modelleme sorusunun çözümünde kuramsal gösterimin yanı sıra çözümlerin uygulamalı olarak, gerekli materyaller kullanılarak doğrulanmasını istemişlerdir. STEM eğitimi yaklaşımının alan yazındaki ayırt edici vasfı fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının en az ikisinin bütünlük bir biçimde matematik veya fen alanlarındaki ilgili kazanımların öğretiminde kullanılmasıdır (Çorlu, Capraro ve Capraro, 2014). Bu süreç matematiksel modellemeden daha fazlasını gerektirdiği ve işin içine uygulama ve ortaya somut bir ürün çıkarma (doğru kutunun tespit edilmesi ve tasarlanıp oluşturulması bir mühendislik süreci örneğidir) süreçleri girdiği; kısaca çalışmanın içine bütünlük bir yaklaşım girdiği için araştırmacılar bu kısma “STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Etkinliği” başlığını vermiştir.

Yukarıda daha önce ifade edildiği gibi bu çalışma daha büyük ve üç aşamalı bir çalışmanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu çalışmadaki katılımcıların matematik bölümü lisans mezunu oldukları ve daha önce matematiksel modelleme eğitimi almadıkları için gerçek hayat problemleri ile karşılaşmadıkları veya çok az karşılaşmış olabilecekleri düşünülmüştür (katılımcıların görüşleri bu durumu doğrulamıştır). Bundan dolayı katılımcıların sürece alıştırmaları gayesi de güdülerek ilk problem durumu, Şekil 4’te de görüldüğü gibi matematik ağırlıklı bir problem olarak seçilmiş ve katılımcıların matematiksel problem çözmeleri yanı sıra problemi gerçek hayata aktarmaları istenerek bütünlük uygulamalara giriş bağlamında bir etkinlik ortaya konmuştur.

Nasıl Depolayalım?		
Mum üretimi yapan bir firma, ürettiği silindirik şeklindeki mumları otellere satmaktadır. Üretilen mumların çapları 3,6 cm ve yükseklikleri yaklaşık 1cm’dir. Firma bu mumları 45’er adet sığabilecek özel kutularla depolayıp satmaktadır. Firmaya depolama için üç kutu çeşidi önerilmektedir. Bu kutuların yükseklikleri 1cm’dir ve maliyetleri taban kenarlarının ölçülerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.		
Genişlik (Cm)	Uzunluk (Cm)	Maliyet (TL)
20	20	50
20	30	75
20	40	100
1. Firma sahibi, bir matematikçi olarak sizden yardım istemektedir. Sizce firma sahibi hangi boyutlardaki kutuyu seçmelidir?		
2. Seçiminizi firma sahibinin anlayabileceği şekilde nedenleri ile açıklayınız.		

Şekil 4. Matematiksel modelleme problemi

Araştırmacılar etkinliği uyarlarken sorunun uygulanabilir olması ve uygun materyaller kullanılarak çözümün kontrol edilebilirliğini sağlamak için günlük hayattan gerçek ürünleri dikkate akarak uyarlamışlardır. Etkinlikte verilen mumların çapları ve yükseklikleri gerçek değerleridir. Araştırmacılar böylelikle katılımcıların uygun materyalleri, çalışmalarını destekleyecek ve doğrulayacak şekilde kullanıp kullanmadıklarını yani çözümlerini doğrulayıp doğrulamadıklarını gözlemlemişlerdir.

Bu etkinlikte katılımcıların verilen kutulardan en uygun olanı bulmaları istenmektedir. Araştırmacılar soruyu uyarlarken doğru kutunun ölçülerini, öğrencilerin ilk akıllarına gelmesi muhtemel olan Resim 1’deki dizilim ile sığmayacak fakat farklı bir dizilim ile sığabilecek şekilde vermişlerdir. Araştırmacılar böylelikle katılımcıların

alternatif çözümler üretip üretemeyeceğini veya ilk akıllarına gelen çözümde takılıp takılmayacaklarını gözlemlemişlerdir.



Resim 1. Problemin çözümünde ilk akla gelen (rutin) dizilim şekli

Bu grup çalışmasında öğrencilerden bir kutuya karar vermeleri ve karar verdikleri kutunun doğru kutu olduğuna şirket sahiplerini ikna etmeleri ve bunu yazılı olarak raporlamaları istenmiştir. Yani matematiksel modelleme basamaklarından en az görülen doğrulama basamağını (Kertil, 2008) uygulamaları istenmiştir.

Bir sonraki haftada araştırmacılar aynı problem metnini gruplara dağıtmış ve yeterli sayıda mum, cetvel, bant, mukavva, pergel ve maket bıçağı gibi materyalleri gruplara dağıtarak yaptıkları çözümün doğruluğunu uygulamalı olarak göstermelerini ve bu şekilde çözümlerinde bir hata olduğunu düşünüyorlarsa yeniden çözüm yapıp raporlamalarını istemişlerdir.

Görüşme. Araştırmacılar çalışmadaki tüm katılımcılardan gönüllülük esasına dayanarak e-posta adreslerini talep etmiş ve e-posta yoluyla onlardan çalışmayı değerlendirebilecekleri aşağıdaki 5 soruya yanıt vermelerini istemişlerdir. Yüz yüze görüşmelerden önce bu şekilde veri toplanarak katılımcılardan daha uzun süre düşünüp sorulara daha rahat cevap vermeleri beklenmiştir.

1. Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?
2. Verilen problemi kuramsal olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?
3. Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?
4. Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?
5. Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce kuramsal çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra kuramsal çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?

Yukarıdaki sorulara e-posta yolu ile verilen cevapları inceleyen araştırmacılar, bu verileri de dikkate alarak gruplardan rastgele üç katılımcı belirleyerek belirlenen katılımcılarla yukarıdaki sorular ve yapılan tüm çalışmalar çerçevesinde yüz yüze görüşmeler yapmışlardır.

Verilerin Analizi

Araştırmacılar bu bölümde her bir veri toplama aracı ile topladıkları verilerin nasıl analiz edildiğini ayrı ayrı açıklamışlardır.

Modelleme Testlerinin Değerlendirilmesi. Çoktan seçmeli sorulardan oluşan modelleme testlerinde en doğru seçenek 2 puan, doğruya yakın seçenek 1 puan ve diğerleri 0 puan olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde her bir sorudan elde edilen puanlar elektronik ortama aktarılarak betimsel istatistik yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz edilen Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen bulgular tablolar halinde sunularak karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Etkinliğinin Değerlendirilmesi. Bu bölümde süreç boyunca katılımcılarla yürütülen etkinliğin analizinde izlenen yollar aktarılacaktır. Araştırmacılar etkinliğin değerlendirilmesinde iki aşamalı bir yol tercih etmişlerdir. İlk önce grupların etkinliğin içindeki problemi nasıl çözdüklerini anlamaya yönelik genel bir değerlendirme yapılmış, ardından bu çözüm süreçleri Tablo 3'teki matematiksel modelleme aşamalarına göre detaylı analiz edilmiştir.

İlk olarak katılımcılara dağıtılan problemin değerlendirilmesinde katılımcıların çözümleri incelenmiş ve çözümler “doğru”, “yanlış” veya “kısmen doğru” kategorilerine göre genel olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular betimsel analiz yardımıyla tablolar halinde okuyuculara sunulmuş ve yorumlanmıştır.

Alan yazınında pek çok nitel veri analizi yaklaşımından bahsedilse de temelde nitel veri analizi iki başlık altında toplanmaktadır: betimsel analiz ve içerik analizi (Strauss ve Corbin, 1990). Betimsel analiz, içerik analizine göre daha yüzeyseldir ve daha çok araştırmanın kavramsal çerçevesinin ve temalarının bilindiği araştırmalarda kullanılır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). İçerik analizi ise toplanan verilerin derinlemesine analiz edilmesini gerektirir ve önceden bilinmeyen temaların ve boyutların ortaya çıkarılmasını sağlar (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmada etkinliğin içindeki problemlerin değerlendirileceği temalar (Matematiksel modelleme sürecindeki beceriler. Bkz. Tablo 3.) belli olduğu için betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır.

Etkinliğin içindeki problemin çözüm sürecinin değerlendirilmesinde Tablo 3'teki matematiksel modelleme aşamaları değerlendirme sürecinin temaları olarak belirlenmiştir. Sekiz aşamadan oluşan bu değerlendirme ölçeği Kertil (2008) tarafından uzman görüşü de alınarak “Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma.” yeterliği ayrı bir yeterlik olarak eklenerek dokuz aşamaya çıkartılmıştır. Eklenen bu aşama ile öğrencilerin çözümlerini karşısındakilere aktarabilme ve yaşadıkları süreci ifade edebilme yeterliği de ölçülmüştür. Bu çalışmada da Kertil'in (2008) düzenlediği sınıflandırması kullanılmıştır (Bkz. Tablo 5). Bu aşamalara göre katılımcıların problem çözümleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve aşamaların çözümlerde görülme yüzdeleri tablolar yardımıyla sunulmuştur. Aşamaların çözümlerde gösterilip gösterilmediğini belirlemek için Kertil' in (2008) çalışmasında kullandığı Tablo 6'daki değerlendirme formatı kullanılmıştır.

Tablo 6'da bulunan “Yok” ifadesi ilgili aşamanın problemin çözüm sürecinde hiç gözlemlenmediğini ifade etmektedir. “Doğru” ifadesi, ilgili aşamanın çözüm sürecinde tam ve eksiksiz bir şekilde gözlemlendiğini ifade etmektedir. “Eksik” ifadesi

ise ilgili aşamanın çözüm sürecinde eksik veya hatalı bir şekilde gözlemlendiğini ifade etmektedir.

Tablo 5. Problem sürecinin değerlendirilmesindeki aşamalar

A: Problemi tanımlama
A ₁ : Verilenleri belirleme ve sadeleştirme
A ₂ : Hedefi belirginleştirme
A ₃ : Problemi formülleştirme
B: Problem durumlarını matematiksel formül ve denklemlerle ifade etme ve çözme
B ₁ : Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme
B ₂ : Matematiksel ifadeleri formülleştirme
B ₃ : Bir matematiksel model seçme ve uygulama
C: Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma
D: Çözümü açıklamak için grafik ve diagram gösterimlerinden yararlanma
E: Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme

Tablo 6. Aşamaları değerlendirme formatı

	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C	D	E
Problem 1	Yok								
	Doğru								
	Eksik								

Görüşmelerin Değerlendirilmesi. Nitel araştırmalarda standart bir analiz yönteminden bahsetmek oldukça zordur. Bu çalışmada yapılan görüşme kapsamında elde edilen verilerin analizi için, İrez'in (2006) çalışmasında kullandığı nitel veri analiz yöntemi esas alınmıştır. Veri analizine öncelikle ses kayıt cihazına kaydedilen konuşmaların yazı diline aktarılmasıyla başlanmıştır. Devam edilen analiz sürecinde ilk olarak veriler kodlanmıştır. Kodlama, verilerdeki sorulara ve bu sorulara katılımcıların verdiği cevaplara numara verilerek gerçekleştirilmiştir. Örneğin 1. soruya 5 numaralı katılımcının verdiği cevap (1.5) şeklinde kodlanmıştır. İlk önce katılımcıların aynı soruya verdikleri cevaplar bir araya getirilip kodlanmıştır. İkinci olarak kodlanan bu veriler incelenerek öğrencilerin söylediği benzer düşünceler gruplandırılmıştır. Gruplandırılan bu yoğun veriler toplanarak soruların mülakat soruları bağlamında özetlenmiş ve bu analiz sonucunda elde edilen verilerle araştırma desteklenerek bulgular kısmı okuyuculara aktarılmıştır.

Bulgular

Bu bölümde katılımcılardan elde edilen bulgular üç aşamalı olarak sunulacaktır. İlk önce "Modelleme 1" ve "Modelleme 2" testlerinden elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak incelenecektir. İkinci olarak "Nasıl Depolayalım?" problemine grupların getirdikleri çözümler iki aşamalı olarak sunulacaktır. Son olarak katılımcıların e-posta ve görüşme verilerinden elde edilen bulgular da paylaşılacaktır. Araştırmacılar, katılımcılardan

verilen problemi ilk önce kuramsal olarak çözmelerini, ardından belirli bir süre sonra kuramsal olarak ulaştıkları çözümü uygulamalı olarak doğrulamalarını istemişlerdir.

Modelleme Testleri

Bu testlerdeki her bir sorunun doğru cevabına “2”, doğruya yakın cevabına “1” ve yanlış cevabına “0” puanları verilerek ölçüm yapılmıştır. Testler toplamda 22 puan üzerinden değerlendirilmiş ve bulgular detaylı bir şekilde tablolar yardımıyla rapor edilmiştir.

Katılımcıların Modelleme 1 testine verdikleri cevapların ortalamaları Tablo 7’de görülmektedir. Teste 22 öğrenci katılmıştır. Bu 22 öğrencinin puan ortalaması 22 puan üzerinden 10,45 olmuştur. Bu gruptaki öğrencilerden en yüksek puan alan 17 ve en düşük puan alan öğrenci ise 4 puan almıştır. Sorulardan en düşük ortalamaya sahip olan soru 0,55 ortalama ile 2. soru; en yüksek ortalamaya sahip sorular ise 1,32 ortalama ile 6. ve 7. sorular olmuştur.

Katılımcıların Modelleme 1 testinde en düşük yaptıkları 2. sorunun ölçmeyi hedeflediği yeterliğe bakıldığında “Hedefi belirginleştirme” yeterliği olduğu görülmektedir. Ortalaması en yüksek olan 6. ve 7. soruların ölçmek istediği yeterliklere bakıldığında ise “Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme” ve “Matematiksel ifadeleri formülleştirme” yeterlikleri olduğu görülmektedir.

Modelleme 2 testinde ortalamanın 22 puan üzerinden 14,05’e yükseldiği görülmektedir. Bu testte en yüksek puan alan öğrenci 19 puan; en düşük alan öğrenci ise 9 puan almıştır. Testin ortalaması en yüksek olan soruları 1,64 ortalama ile 8. ve 10. soruları olmuştur. Testin ortalaması en düşük sorusu ise 0,73 ortalama ile 3. soru olmuştur.

Öğrencilerin bu testteki en başarılı oldukları yeterlikler 8. ve 10. sorular için sırasıyla “Matematiksel ifadeleri formülleştirme” ve “Grafik gösterimleri kullanma” yeterlikleri olmuştur. Öğrencilerin en başarısız olduğu yeterlik ise yine “Hedefi belirginleştirme” yeterliği olmuştur.

Tablo 7. Modelleme 1 ve 2 testlerine ait betimsel istatistikler

Soru Numarası	Modelleme 1 Testi		Modelleme 2 Testi	
	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	0,86	0,83	1,05	0,65
Soru 2	0,55	0,6	0,95	0,79
Soru 3	0,82	0,73	0,73	0,83
Soru 4	1,23	0,81	1,27	0,77
Soru 5	1,23	0,87	1,32	0,78
Soru 6	1,32	0,89	1,59	0,73
Soru 7	1,32	0,65	1,36	0,73
Soru 8	0,82	0,73	1,64	0,66
Soru 9	0,68	0,84	1	0,69
Soru 10	0,73	0,88	1,64	0,73
Soru 11	0,91	0,87	1,5	0,67
Toplam	10,45	3,08	14,05	2,38

Araştırmacılar, Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen Tablo 7’deki toplam puanlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını Wilcoxon İşaret Testi ile incelemiş ve sonucu Tablo 8’de sunmuşlardır. Araştırmacıların bu testi kullanmasının sebebi verilerin normal dağılımı varsaymamasından ve grupların bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü yapılan uygulamalar aynı çalışma grubuna yapılmış ve bir fark olup olmadığı ölçülmeye çalışılmıştır. Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen toplam puanlar arasında ikinci test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu Wilcoxon İşaret Testi ile gösterilmiştir ($Z=-3.383$; $p<0.0001$).

Tablo 8. Modelleme 1 ve modelleme 2 testlerinden elde edilen toplam puanlar

		Ortalama	Kişi Sayısı	S. Sapma	S. Hata
Veri	M1Toplam	10,4545	22	3,08186	,65705
Çifti	M2Toplam	14,0455	22	2,38002	,50742

STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Problemi Bulguları

Çalışma grubuna sorulan Şekil 1’deki “Nasıl Depolayalım?” sorusuna grupların verdikleri cevaplar iki aşamalı olarak analiz edilmiştir. İlk önce öğrencilerin kuramsal ve uygulamalı çözümleri “doğru”, “yanlış” veya “kısmen doğru” şeklinde Tablo 9’da görüldüğü gibi karşılaştırmalı olarak yüzdeleri ile birlikte sunulmuştur.

Tablo 9. Problemin kuramsal ve uygulamalı çözümünün karşılaştırmalı genel değerlendirilmesi

	Kuramsal Çözüm			Uygulamalı Çözüm		
	Doğru 20%	K. Doğru 40%	Yanlış 40%	Doğru 100%	K. Doğru 0%	Yanlış 0%
Grup 1			✓	✓		
Grup 2	✓			✓		
Grup 3			✓	✓		
Grup 4		✓		✓		
Grup 5		✓		✓		

Tablo 9’a bakıldığında kuramsal çözümde gruplardan sadece birinin başarılı olduğu (%20) diğer grupların ise ya yanlış ya da kısmen doğru çözdüğü görülmektedir. Katılımcılara gerekli materyallerin verilmesi ile istenen uygulamalı çözümde ise tüm grupların doğru çözüme ulaştıkları görülmektedir. Yani probleme uygulama boyutu katıldığında tüm grupların doğru sonuca ulaştıkları gözlemlenmiştir.

Araştırmacılar grupların probleme getirdikleri kuramsal çözümleri genel olarak değerlendirdikten sonra ikinci olarak Tablo 3’teki matematiksel modelleme aşamalarına göre incelemişlerdir. Problemden öğrencilerden istenilen sayıda mumun sığdırılabileceği en uygun kutuyu seçmeleri istenmektedir (Bkz. Şekil 4). Araştırmacılar soruyu uyarlarken doğru kutunun ölçülerini, katılımcıların ilk akıllarına gelmesi muhtemel olan mumların Resim 1’deki gibi düz bir şekilde dizilimi ile sığmayacağı fakat farklı bir dizilim ile sığabileceği şekilde vermişlerdir. Böylece araştırmacılar öğrencilerin günlük hayatta

karşılaşılabilecekleri problemler karşısında rutin düşünme becerilerinin dışına çıkıp çıkamadıklarını ve alternatif çözümler üretip üretmediklerini gözlemlemeye çalışmışlardır.

Grupların Matematiksel Modelleme Aşamalarına Göre Çözüm Analizleri

Bütün grupların çözümleri Tablo 10’da verilen açıklamalara göre ayrı ayrı analiz edilmiş ve Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 10. Modelleme Becerileri ve Açıklamaları (Kertil, 2008’den Alınmıştır)

Kodlama	Modelleme Becerilerinin İsimleri ve Açıklamaları
A1	<i>Verilenleri belirleme ve sadeleştirme</i> Bir problem çözme sürecinde göz önüne alınabilecek bütün varsayımlardan çözüm sürecinde göz önünde bulundurulacak olan en önemlilerini belirleme ve çözüm sürecine katkıda bulunmayacak olan varsayımları göz ardı etme. Problem durumunu sadeleştirerek (şema vs. kullanarak) daha anlaşılır hale getirme.
A2	<i>Hedefi belirginleştirme</i> Bir problem durumu için düşünülebilecek birçok varsayımdan problem durumunun çözümü hedeflenen kısmı ile ilgili olan varsayımı seçerek hedefi belirginleştirme.
A3	<i>Problemi formüleleştirme</i> Bir probleme çözüm üretmek için problemi alt problemlere ayırma veya probleme farklı açılardan yaklaşım getirilebilecek şekilde problemle ilgili farklı alt problemler oluşturma.
B1	<i>Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme</i> Bir gerçek hayat durumunun matematiksel modelini çıkarmak veya bu probleme bir çözüm bulmak için göz önüne alınması gereken değişkenleri, sabitleri ve parametreleri belirleme
B2	<i>Matematiksel ifadeleri formüleleştirme</i> Problem durumu içerisinde sözel olarak belirtilen matematiksel ifadelerin cebirsel olarak ifade edilmesi ve cebirsel hesaplamaların yapılması. Örneğin “her birinde n tane ürün olan m müşteri için” ifadesinde toplam ürün sayısını veren nxm cebirsel ifadesini yazma ve sonucu bulma.
B3	<i>Bir matematiksel model seçme ve uygulama</i> Değişkenler, parametreler ve sabitler belirlendikten sonra üzerinde çalışılan problem durumunu ifade edebilecek en uygun matematiksel ifadeyi, fonksiyonu seçme ve bu ifade ile problemin çözümüne ulaşma.
C	<i>Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma</i> Problem durumunu anlama ve çözüm sürecinde matematiksel ifadelerin yanı sıra sözel açıklamalardan yararlanma
D	<i>Çözümü açıklamak için grafik ve diagram gösterimlerinden yararlanma</i> Problemin çözümünde grafik ve diagram gösterimlerden yararlanma
E	<i>Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme</i> Bulunan çözümün doğruluğunu, yanlışlığını ya da en uygun olup olmadığını gerçek hayat durumu üzerinde test etme ve bunun sonucunda çözüm sürecini tekrar gözden geçirme.

Tablo 11. Grupların çözümlerinde görülen matematiksel modelleme aşamaları

	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C	D	E
Grup 1	Yok	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Doğru								
	Eksik	✓				✓			
Grup 2	Yok		✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓		✓	✓	
	Eksik					✓	✓		
Grup 3	Yok		✓	✓	✓		✓	✓	✓
	Doğru	✓							
	Eksik					✓		✓	
Grup 4	Yok		✓						✓
	Doğru	✓				✓	✓	✓	
	Eksik		✓		✓		✓		
Grup 5	Yok		✓						✓
	Doğru	✓				✓	✓	✓	
	Eksik		✓		✓		✓		

Tablo 11'deki verilerin rahat anlaşılması için Tablo 12'teki gibi sayısallaştırılmıştır. Tabloda “Y” harfi “Yok”, “D” harfi “Doğru” ve “E” harfi ise “Eksik” kelimelerini temsil etmektedir.

Tablo 12. Matematiksel modelleme aşamalarının görülme sıklıkları

Aşamalar	A ₁			A ₂			A ₃			B ₁			B ₂			B ₃			C			D			E		
	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E	Y	D	E
Görülme Sıklıkları	0	4	1	2	1	2	5	0	0	2	1	2	0	2	3	2	0	3	2	3	0	1	3	1	5	0	0

Tablo 12'ye bakıldığında A₃ ve E aşamalarının hiçbir grupta görülmediği gözlemlenmiştir. “Problemi formüleştirme (A₃)” aşaması “Nasıl Depolayalım” probleminin çözümünde görülmemesine rağmen Modelleme 1 ve 2 testlerinde yüksek düzeyde görülmesi bir çelişki gibi dursa da öğretmen adaylarının bu yeterliğe sahip oldukları halde problem çözümünde sergileme ihtiyacı hissetmedikleri şeklinde yorumlanmıştır. Bunun sebebi olarak da katılımcıların alışmış oldukları çoktan seçmeli test usulleri gösterilebilir. Öğrenciler rutin olmayan problemlere alışık olmadıkları ve matematiksel modelleme yeterlikleri konusunda yeterince bilgiye sahip olmadıkları için mevcut yeterliklerini sergileyememiş olabilirler.

Tablo 12'ye göre hiçbir grupta görülmeyen "Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme (E)" yeterliğine gelince bu yeterlik alan yazına bakıldığında da matematiksel modellemenin en az görülen aşamasıdır (Derin, 2017; Kertil, 2008). Bu yeterlik Modelleme 1 testinde de (Bkz. Tablo 7) alan yazında olduğu gibi düşük seviyede gözlemlenmesine rağmen uygulama sonucunda yapılan Modelleme 2 testinde (Bkz. Tablo 7) bu yeterliğin önemli ölçüde gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir.

Görüşme Bulguları

Bu kısımda toplanan veriler iki aşamalı olarak sunulmuştur. Araştırmacılar ilk önce e-posta yolu ile elde ettiği verileri, ardından da bu gruptan rastgele seçilerek yüz yüze görüşme yapılan üç katılımcının mülakat verilerinden elde edilen verileri analiz ederek okuyuculara sunmuşlardır.

Araştırmacılar ilk önce katılımcıların aynı sorulara verdikleri cevapları bir araya getirip numaralandırarak kodlamışlardır. İkinci olarak kodlanan bu veriler incelenerek katılımcıların söylediği benzer düşünceler gruplandırılmıştır. Ardından gruplandırılan bu düşüncelerden bazıları seçilerek aktarılmıştır. Cevapların önünde bulunan numaralar sırasıyla sorunun ve katılımcının numarasını ifade etmektedir. Örneğin, (1.5) kodunun anlamı 1. soru için 5 numaralı katılımcının kurduğu cümlelerdir. Aşağıda e-posta yolu ile elde edilen verilerden birkaç örnek sunulmuştur:

Yapılan uygulama bize teori ile uygulama arasındaki farkı daha net bir şekilde görmemize neden oldu. Bu zamana kadar ya teorigi ya da uygulamayı tek yapıyorduk bu da bazı durumları tam göremememize neden oluyordu. Bu açıdan yapılan uygulama merakımı gidermesi açısından etkili oldu. (1.5)

Uygulama yaparken eldeki malzemeyi her anlamda hesap ediyorsun. Malzemenin boyutunu, kartonun sınırlarını, bazen eldeki malzemenin artısını eksisini vs. vs. Teoride böyle bir durum olmuyor. Örneğin biz hesaplama yaparken ufak işlem hataları yaptığımızın farkında olmadan doğru bulduğumuzu düşündük. Yanlış yaptığımız sonucunu da uygulama yaptıktan sonra görebildik. O nedenle teoride yapılan işlemlerin soyut dünyadan ileri gitme şansı yok ve bu da gerçek hayatta yapacağın işlemlerde eksiklik ortaya çıkartabiliyor. (2.1)

Araştırmacılar katılımcılardan rastgele seçtiği üç katılımcı ile yine aynı sorular üzerinden yaptığı yüz yüze görüşmeler sonucu elde ettiği verileri analiz ettiğinde katılımcıların e-posta ile verdikleri cevapları teyit ettiklerini, mülakatlarda da benzer cevaplar verdiklerini görmüşlerdir. Katılımcılar mülakatlarda biraz daha uzun cümleler kurmuş e-posta yolu ile verdikleri cevapları biraz daha detaylı açıklamışlardır. Örneğin 3 numaralı katılımcının 5. soruya e-posta yolu ile verdiği cevap ile yüz yüze görüşmede verdiği cevap karşılaştırıldığında yüz yüze görüşmede verdiği cevap biraz daha uzun ve açıklayıcı olmuştur.

3 numaralı katılımcının 5. soruya e-posta yolu ile verdiği cevap:

Bence ilk olarak kuramsal çözülmeye çalışılmalı. Sonra uygulamalı yapıldığında teoride çözemeyen öğrencilerin ön yargılarını kırmak için daha yararlı olur. (5.3)

3 numaralı katılımcının 5. soruya görüşme yolu ile verdiği cevap:

Bir kere bana göre önce kuramsal çözüm yapılmalı ve öğrenciler soruyu yapmaya uğraşmalı, zihinlerini biraz yormalılar. Yapamazlarsa da önemli değil. Sonuçta uygulama yapıldığında aslında ne kadar kolay olduğunu göreceğiz ve nerelerde hatalar yaptığının daha iyi farkına varacaklar. Böylece sonradan karşısına çıkan bu tarz problemlerde daha motive olmuş olacak, kendine daha çok güvenecek ve daha çok gayret gösterecektir. En azından ön yargıları kırılmış olacak ki bu da biz öğretmenler için oldukça önemli. Ayrıca matematiğin aslının teori olduğunu da unutmamak gerekir. Her şeyin uygulamasını yapmaya çalışırsak hem başarılı olamayız hem de teori geri planda kalmış olur ki bunu da istemeyiz. (5.3)

3 numaralı katılımcı 5. soruya, ana fikri aynı olacak şekilde e-postada iki satır cümle ile cevap vermişken yüz yüze görüşmede uzunca bir paragraf boyunca savunduğu fikri açıklamıştır.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Yapılan çalışmada araştırmanın birinci sorusuna cevap bulabilmek için ön test ve son test şeklinde öğretmen adaylarının modelleme testleri ile rutin olmayan problem çözme becerileri ölçülmüştür. Araştırmanın ikinci sorusuna cevap bulabilmek için STEM bağlamında matematiksel modelleme etkinliği uygulanmıştır. Bu bölümde elde edilen sonuçlar ayrı ayrı alan yazına dayalı olarak tartışılmıştır.

Bu çalışma ortaöğretim matematik öğretmen eğitimi programına STEM bütünleştirilmesi için yapılan, tasarım tabanlı, üç ayrı döngüsel süreçten oluşan daha büyük bir çalışmanın bir parçasıdır. Bu makalede birinci tasarımdan (teoriden uygulamaya) elde edilen sonuçlar üç ana başlık altında tartışılacaktır. İlk önce modelleme testlerinden elde edilen sonuçlar, ardından modelleme problemlerine verilen cevaplardan elde edilen sonuçlar ve son olarak da birinci tasarımda öne çıkan temalar alan yazın ışığında tartışılacaktır.

Modelleme Testlerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci çalışma grubundaki 22 katılımcının rutin olmayan problem çözme becerilerinin hangi düzeyde olduğunu anlamak için yani araştırmanın birinci sorusuna cevap bulabilmek için matematiksel modelleme testleri uygulanmış ve elde edilen veriler analiz edildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modellemede yetersiz oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmen adaylarının rutin olmayan matematiksel modelleme sorularını çözerken hedefi belirginleştirmede zorlandıkları görülmüştür. Bunun nedeni olarak Fen Edebiyat Fakültesi mezunu olan öğretmen adaylarının bu tarzdaki uzun soru metnine ve günlük hayattan soru çeşitlerine alışık olmamaları gerekçe olarak gösterilebilir (Korkmaz, 2010). Öğretmen adaylarının verilenleri belirlemede ve cebirsel işlemleri yapmada başarılı oldukları görülmüştür. Katılımcıların bu yeterliklerde başarılı olmalarının muhtemel nedeni hâlihazırda eğitim sistemimizde rutin olan işlemsel sorularda öğrencilerin bu yeterliklere alışık olmalarıdır. Problem çözme basamaklarından biri olan problemi anlama basamağına (Polya, 1973) yönelik olarak sorularda verilenleri ve istenenleri bir kenara yazıp gerekli cebirsel işlemleri yaparak sonuca ulaşmaya çalışmak

katılımcıların ilkokuldan beri alışık oldukları bir problem çözme yöntemi olduğu için (Yazgan ve Bintaş, 2005) bu yeterliklerde başarılı oldukları düşünülmüştür. Birinci modelleme testinden elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ile problem çözme yeterliklerinin gelişmediği gözlemlenmiştir (Kertil, 2008).

Uygulamalı problem çözme etkinliğinden sonra yapılan ikinci modelleme testinden elde edilen bulgular incelendiğinde katılımcıların matematiksel modelleme ile problem çözme becerilerinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Ayrıca katılımcıların sorulardan aldıkları ortalama puanlarda da önemli ölçüde artışın meydana geldiği görülmüştür. Katılımcıların birinci modelleme testinde düşük olan, başarısız oldukları yeterliklerde gelişme gösterdikleri gözlemlenmiştir. Modelleme 2 testinden elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde çalışmanın kısa sayılabilecek bir uygulama olmasına rağmen öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ve bu bağlamda problem çözme becerilerinde gelişme sağladığı gözlemlenmiştir.

STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Etkinliğinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Öğrencilerin problem çözme performanslarını ve matematiksel modelleme yeterliklerindeki düzeylerini gözlemleyebilmek için sorulan “Nasıl Depolayalım?” sorusundan elde edilen bulgular analiz edilmiştir. Katılımcıların çözümleri genel olarak değerlendirildiğinde beş gruptan sadece bir tanesi soruyu doğru çözmüştür. Diğer gruplar ya kısmen çözebilmiş ya da çözememiştir. Bu durum Modelleme 1 testinden elde edilen bulgularla da örtüşmektedir. Katılımcıların soruyu çözememelerinin sebebi olarak bu soru tarzına alışık olmamaları düşünülmüştür. Bu bulgu “didaktik anlaşma kuramı” (Brousseau, 1998) çerçevesinde değerlendirilebilir. Nitekim katılımcılar soruyu anlamakta ve ne yapacaklarına, hangi cebirsel işlemleri kullanacaklarına karar vermede zorlandıklarını ifade etmişlerdir.

Kuramsal çözümler tek tek incelendiğinde çözüme ulaşamayan grupların çözüm esnasında genellikle mumları ilk akıllarına geldiği gibi dizmeye çalıştıkları, alternatif dizilimleri düşünmedikleri gözlemlenmiştir. Alternatif dizilimleri düşünen grupların ise doğru olduğunu düşündükleri kutuya mumların sığıdığını varsayarak işlemleri yaptıkları görülmüştür. Yani mumların iç-dış diziliminde kaç cm içe girdiklerini bulmak yerine ezberci bir yaklaşımla (Ardahan ve Aksoy, 2002) mumların kendi dizilimlerine göre kutuya sığması için kaç cm iç içe geçmeleri gerektiğini bulmuşlar, dolayısıyla doğru çözüme ulaşamamışlardır. Nitekim bu gruplar kendilerine gerekli materyaller verildiğinde kuramsal çözümde buldukları şekilde mumları kutuya yerleştirememişlerdir. Bu da onların ezberci bir yaklaşımla problemi çözdüklerini göstermektedir. Bu durum öğrencilik hayatı boyunca alınan eğitim ile ilişkilendirilmiştir (Gedikoğlu, 2005).

Kuramsal çözümün ardından tüm gruplara gerekli materyaller dağıtılarak sorunun tekrar çözümü istendiğinde grupların tamamı doğru dizilimi ve doğru kutuyu bulmuşlardır. Ancak uygulamalı çözümde gruplar doğru dizilimi ve kutuyu bulmalarına rağmen grupların tamamı çözümü cebirsel olarak ifade edememişlerdir. Bazı gruplar çözümü cebirsel olarak değil de sözel olarak açıklama yolunu tercih etmişlerdir. Bunun nedeni araştırıldığında ise bu grupların bazıları çözümü buldukları halde cebirsel olarak yazma ihtiyacı hissetmediklerini, bazıları ise ders süresinin bittiği ve vaktin geç olduğu

için çözümü yapamadıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin Fen Edebiyat Fakültesi mezunu olmalarına, yani cebirsel yönlerinin kuvvetli olmasının beklenmesine rağmen bu problemde cebirsel çözümde zorlanmalarının sebebi soru metninin çözümde yapılması gereken cebirsel ifadelerle yönelik herhangi bir açık ipucu içermemesi şeklinde yorumlanmıştır (Olkun, Şahin, Akkurt, Dikkartin ve Gülbağcı, 2009). Bu durum öğrencilerin üniversite öğrenim hayatlarında çoğunlukla kuramsal eğitim almaları ve yeterince uygulama yapmamaları ile açıklanabilir (Kösterelioğlu ve Bayar, 2014).

Grupların kuramsal çözümleri genel olarak değerlendirildikten sonra matematiksel modelleme yeterliklerine ve aşamalarına göre de detaylı olarak analiz edilmiştir. Buradan elde edilen bulgularla modelleme testlerinden elde edilen bulgular genellikle örtüşmüştür. Testlerde başarılı veya başarısız olunan yeterlikler kuramsal çözümlerde de kendisini göstermiştir. Ancak hem Modelleme 1 testinde hem de Modelleme 2 testinde yüksek ortalamaya sahip olan “Problemi formülleştirme (A3)” yeterliği kuramsal çözümlerde hiçbir grup tarafından sergilenememiştir. Problemi alt problemlere ayırma veya problemlerle ilgili alt problemler oluşturma anlamına gelen bu yeterliğin testlerde bu kadar yüksek çıkmasına rağmen kuramsal çözümlerde neden hiç gözlemlenmediği öğrencilerin problemle karşılaştıklarında zihinlerinde problemi basitleştirme veya alt problemlere ayırma gibi üstbilişsel süreçleri gerçekleştirdikleri fakat bunu kâğıda yansıtmadıkları veya bu basamağı yapabildikleri halde yapma ihtiyacı hissetmedikleri şeklinde yorumlanmıştır (Aşık, 2015). Modelleme testlerinde öğrencilerin önlerine problemi basitleştirmeye veya alt problemlere ayırmaya yönelik seçenekler sunulduğunda doğru yapabilmeleri bu yeterliğin öğrencilerde aslında var olduğunu göstermektedir. Ayrıca testlerde başarılı olmaları alışık oldukları yöntem (çoktan seçmeli) olması ile açıklanabilir. Yine aynı şekilde öğrencilerin testlerde gelişim gösterdiği “Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme” yeterliği de kuramsal çözümlerde hiçbir grup tarafından sergilenememiştir. Bu yeterliğin de testlerde gözlemlenemesine rağmen kuramsal çözümlerde gözlemlenememesi yani öğrencilerin önlerine seçenek bulunduğunda doğru seçeneği işaretleyebildikleri halde kendi çözümlerinde bu yeterliği sergileyememeleri aslında öğrencilerde yeteneğin olduğunu fakat geliştirilmeye ve öğrencilerin buna alıştırmaları gerektiğine işaret etmektedir (Eraslan, 2011).

Tasarım 1’de (Teoriden uygulamaya) Öne Çıkan Temalarla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci tasarımdan elde edilen bulgulara göre matematiksel modelleme veya problem çözümlerinde uygulamalar yapılması zaman alıcı olarak değerlendirilmiştir (Deniz ve Akgün, 2017a). Bu durum öğretmen adaylarının öğretim programı yetiştirme kaygıları taşıdığını ve öğretim programının yoğun olduğunu düşündüklerini ortaya koymaktadır (İpek, Yılmaz Turgut ve Tunga, 2016; Özgün-Koca ve Şen, 2002). Öğretmen adaylarının henüz öğretmenliğe başlamadıkları halde öğretim programı yetiştirme kaygısı taşımaları, katılımcıların kendi öğrencilik yıllarındaki yaşanmışlıklarından veya öğretmenlik staj uygulamaları sırasındaki gözlemlerinden kaynaklanmış olabilir.

Araştırmadaki bulgulardan elde edilen sonuçlara göre matematiksel modelleme ile rutin olmayan problem çözümünde STEM bağlamında uygulamalar yapılması, öğrencilerin kuramsal çözümlerindeki hatalarını görmelerine, bütünlüğe düşünmelerine (Aslan-

Tutak, Akaygün ve Tezsezen, 2017), yaparak yaşayarak öğrenmenin ne demek olduğunu yine yaparak yaşayarak anlamalarına ve daha iyi öğrenmelerine yardımcı olmuştur (Bozkurt ve Akalın, 2010). Ayrıca STEM bağlamında yapılan uygulamalar öğrencilerin kendilerini mühendis gibi hissetmelerine ve problemlerin çözümünde probleme mühendis bakış açısıyla yaklaşmalarına ve mühendislik yönlerinin gelişmesine yardımcı olmuştur (Akgündüz ve diğerleri, 2015; Aslan-Tutak vd., 2017).

Problem çözme sürecinde grup çalışması yapmanın öğrencilerin iletişim, ortak karar verebilme, birlikte çalışabilme ve birbirlerinden öğrenebilme (akran öğrenmesi) gibi sosyal becerilerinin gelişmesine yardımcı olduğu görülmüştür (Blatford, Kutnick, Baines ve Galton, 2003; Korkmaz, 2010).

Rutin olmayan günlük hayat problemlerin çözümlerinde öğrencilerin alışık oldukları gibi bir tek doğru yolun olmamasının öğrencileri zorladığı tespit edilmiştir (Soylu ve Soylu, 2006). Öğrencilerin problemlerin kuramsal çözümünde ne yapacaklarına ve nereden başlayacaklarına karar vermede zorlandıkları görülmüştür.

Matematik ile ilgili öğrencilerin en çok dile getirdiği problemlerden biri olan “Bu konular günlük hayatta ne işimize yarayacak?” sorusuna karşı matematiksel modelleme ve STEM uygulamaları sayesinde anlamlı ve anlaşılır cevaplar verilebileceği ve bu uygulamalarla matematiğin hayatın ne kadar içinde olduğunun öğrencilere fark ettirilebileceği vurgulanmıştır (Deniz, 2014; Doruk ve Umay, 2011; Erturan, 2007; Kertil, 2008).

Birinci tasarımın bulguları genel olarak değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinde yeterli olmadıkları, matematiği gerçek hayata aktarmada zorlandıkları (Deniz ve Akgün, 2017b), yani matematiksel modellemeye yabancı oldukları (Yu ve Chang, 2011) ancak yapılan çalışmalarla ve materyallerle desteklenen uygulamalarla gelişim gösterdikleri ortaya konmuştur (Bozkurt ve Akalın, 2010).

Kaynaklar

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* İstanbul Aydın Üniversitesi, STEM Merkezi ve Eğitim Fakültesi. Erişim adresi <http://www.aydin.edu.tr/belgeler/IAU-STEM-Egitimi-Turkiye-Raporu-2015.pdf>.
- Altıntaş, E., Özdemir A. Ş. ve Kerpiç, A. (2013). The effect of teaching based on the Purdue model on creative thinking skills of students. *Kalem Uluslararası Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 3, 187-214.
- Ardahan, H. ve Aksoy, Y. (2002). TI – 92 destekli matematik öğretimi – II: Matematik öğretmen adaylarının görüşleri. Erişim adresi http://infobank.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Matematik/MiniSempozyum/t198DA.pdf (19.09.2017)
- Aslan-Tutak, F., Akaygün, S. ve Tezsezen, S. (2017) İşbirlikli STEM (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) eğitimi uygulaması: Kimya ve matematik öğretmen adaylarının STEM farkındalıklarının incelenmesi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)* 32(4), 794-816, doi: 10.16986/HUJE.2017027115

- Association for Career and Technical Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills. (2010). *Up to the challenge: The role of career and technical education and 21st century skills in college and career readiness*. Erişim adresi http://www.p21.org/storage/documents/CTE_Oct2010.pdf
- Aşık, G. (2015). *Üstbiliş odaklı problem çözme destek programı tasarımı çalışması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, E. ve Delice, A. (2007). Experiences of mathematics student teachers in a series of science experiments. 6. WSEAS International Conference on Education and Educational Technology'de sunulan bildiri, Bologna, İtalya.
- Berlin, F. D. ve White, A. L. (2012) A longitudinal look at attitudes and perceptions related to the integration of mathematics, science, and technology education. *School Science and Mathematics*, 112 (1).
- Blatford, P., Kutnick, P., Baines, E. ve Galton, M. (2003). Toward a social pedagogy of classroom group work. *International Journal of Educational Research*, 39, 153-172.
- Bozkurt, A. ve Akalın, S. (2010). Matematik öğretiminde materyal geliştirmenin ve kullanımının yeri, önemi ve bu konuda öğretmenin rolü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27, 47-56.
- Breiner, M. J., Johnson, C. C., Harkness, S. S. ve Koehler, C. M. (2012) What Is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112 (1)
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and Empirical Differentiations of Phases in the Modelling Process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38(2), 86-95.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques: Didactique des mathématiques, 1970-1990*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Buyruk, B. ve Korkmaz, Ö. (2016). FeTeMM farkındalık ölçeği (FFÖ): Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 13(2), 61-76, doi: 10.12973/tused.10179a
- Bybee, R. W. (2010a). *The teaching of science: 21st century perspectives*. Arlington, Virginia: NSTA Press.
- Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education. *Science*, 329, 996. doi: 10.1126/science.1194998
- Coffey, A. ve Atkinson, P. (1996). *Making sense of qualitative data: Complementary research strategies*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Çorlu, M. ve Aydın, E. (2016). Evaluation of learning gains through integrated STEM projects. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 20-29.
- Çorlu, M. S., Capraro, R. M. ve Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Çorlu, M. A. ve Çorlu, M. S. (2012). Scientific inquiry based professional development models in teacher education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(1), 514-521.

- Deniz, D. (2014). *Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemine uygun etkinlik oluşturabilme ve uygulayabilme yeterlikleri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Deniz, D. ve Akgün, L. (2017a). Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin tasarladıkları model oluşturma etkinliklerinin sınıflarda uygulanabilme süreçlerinin incelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(1). 166-183, doi: 10.17556/erziefd.308679
- Deniz, D. ve Akgün, L. (2017b). Ortaöğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemi ve uygulamalarına yönelik görüşleri. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 95-117, doi: 10.18506/anemon.272677
- Derin, G. (2017). *Ortaöğretim matematik öğretmen eğitimi programına STEM entegrasyonu: Bir ders örneği* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Derin, G., Aydın, E. ve Kırkç, K.A. (2017). STEM (fen-teknoloji-mühendislik-matematik) eğitimi tutum ölçeği. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(3), 547-559.
- Doorman, L. M. ve Gravemeijer, K. (2009). Emerging modeling: Discrete graphs to support the understanding of change and velocity. *ZDM Mathematics Education*, 41,199–211 doi: 10.1007/s11858-008-0130-z
- Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Doruk, B. K. ve Umay, A. (2011). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41,124-135.
- Eraslan, A. (2011). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinlikleri ve bunların matematik öğrenimine etkisi hakkındaki görüşleri. *Elementary Education Online*, 10(1), 364-377.
- Erbaş, A. K., Çetinkaya, B., Alacacı, C., Çakıroğlu, E., Aydoğan-Yenmez, A., Şen-Zeytun, A., Korkmaz, H., Kertil, M., Gözde-Didiş, M., Baş, S. ve Şahin, Z. (2016) *Lise Matematik konuları için günlük hayattan modelleme soruları*. Ankara: TÜBA.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1607-1627, doi: 10.12738/estp.2014.4.2039
- Erdoğan, N., Çorlu, M. S. ve Capraro, R. M. (2013) Defining innovation literacy: Do robotics programs help students develop innovation literacy skills?. *International Online Journal of Educational Sciences*, 5(1), 1-9.
- Erturan, D. (2007). *7. sınıf öğrencilerinin sınıf içindeki matematik başarıları ile günlük hayatta matematiği fark edebilmeleri arasındaki ilişki* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı, Ankara.

- Frejd, P. (2013). Modes of modelling assessment: A literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 84, 413–438.
- Galbraith, P. ve Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 143-162.
- Gedikoğlu, T. (2005). Avrupa Birliği sürecinde Türk eğitim sistemi: Sorunlar ve çözüm önerileri. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 66-80.
- Göksun, D. O. ve Kurt, A. A. (2017). Öğretmen adaylarının 21. yy. öğrenen becerileri kullanımları ve 21. yy. öğreten becerileri kullanımları arasındaki ilişki. *Eğitim ve Bilim*, 42(190), 107-130.
- Hacıömeroğlu, G. ve Bulut, A.S. (2016). Entegre FeTeMM öğretimi yönelim ölçeği Türkçe formunun geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 12(3), 654-669.
- Haines, C. ve Crouch, R. (2001). Recognizing constructs within mathematical modeling. *Teaching Mathematics and its Applications*, 20(3), 129-138.
- Haines, C. ve Crouch, R. (2007). Mathematical modeling and applications: Ability and competence frameworks. W. Blum, P. L. Galbraith, H. Henn ve M. Niss (Haz.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (s. 417-424). New York, NY: Springer.
- Hidroğlu, Ç. N. ve Bukova Güzel, E. (2013). Matematiksel modelleme sürecini açıklayan farklı yaklaşımlar. *Bartın Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 127-145.
- Houston, K. (2007). Assessing the “phases” of mathematical modelling. W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn ve M. Niss (Haz.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (s. 249–256). New York, NY: Springer.
- Izard, J., Haines, C., Crouch, R., Houston, K. ve Neil, N. (2003). Assessing the impact of teachings mathematical modeling: Some implications. S. J. Lamon, W. A. Parker ve K. Houston (Haz.), *Mathematical modelling: A way of life* (s. 165-177). Chichester, UK: Horwood Publishing.
- İpek, J., Yılmaz Turgut, G. ve Tunga, Y. (2016). Matematik öğretmen adaylarının PISA ve TIMSS sınavları hakkındaki görüşleri. *International Journal of Innovative Research in Education*, 3(1), 32-41. Erişim adresi <http://sproc.org/ojs/index.php/IJIRE>.
- Johnson, R. B. ve Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed method research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14-26.
- Kaiser, G. ve Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM–The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302-310.
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kertil, M. ve Gürel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics Science And Technology*, 4, 44-55.
- Kertil, M., Çetinkaya, B., Erbaş, A. K. ve Çakıroğlu, E. (2016). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme. Bingölbali, E., Arslan, S. ve Zembat, İ. Ö. (Haz.),

- Matematik Eğitiminde Teoriler* (s. 539-563). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Korkmaz, E. (2010). *İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri* (Yayımlanmamış doktora tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Korkut, F. (2002). Lise öğrencilerinin problem çözme becerileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22, 177-184.
- Kovarik, D. N., Patterson, D. G., Cohen, C. Sanders, E. A., Peterson, K. A., Porter, S. G. ve Chowning, J. T. (2013) Bioinformatics education in high school: Implications for promoting science, technology, engineering, and mathematics careers. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 441–459.
- Kösterelioğlu, İ. ve Bayar, A. (2014). Türk eğitim sistemine ilişkin bir durum çalışması. *International Journal of Social Science*, 25(I), 177-187, doi: <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2279>
- Lesh, R. ve Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. R. Lesh ve H. M. Doerr (Haz.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (s. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lingefard, T. (2006). Faces of mathematical modeling. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 38(2), 96-112.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38(2), 113-142.
- MEB (2013). *Ortaöğretim matematik dersi öğretim programı*.
- MEB (2014). *Türkiye mesleki ve teknik eğitim strateji belgesi ve eylem planı (2014-2018)*.
- MEB (2016). *STEM eğitimi raporu*. Erişim adresi http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf
- MEB (2017). *Ortaöğretim matematik dersi öğretim programı*.
- MEB (2017). *Ortaöğretim temel düzey MATEMATİK 11. sınıf ders kitabı*. Ankara: MEB.
- Mevarech, Z. ve B. Kramarski (2014), *Critical Maths for Innovative Societies: The Role of Metaognitive Pedagogies*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264223561-en>
- Olkun, S., Şahin, Ö., Akkurt, Z., Dikkartin, F. T. ve Gülbağcı, H. (2009). Modelleme yoluyla problem çözme ve genelleme: İlköğretim öğrencileriyle bir çalışma. *Eğitim ve Bilim*, 34(151), 65-73.
- Özgün-Koca, S.A. ve Şen, A. İ. (2002). 3. Uluslararası matematik ve fen bilgisi çalışması – tekrar sonuçlarının Türkiye için değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 145-154.
- Polya, G. (1973). *How to solve it*. Princeton University Press, Princeton.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H. ve Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: Investigating the Impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM Integration. *School of Engineering Education Faculty Publications*. Paper 6. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Soylu, Y. ve Soylu, C. (2006). Matematik derslerinde başarıya giden yolda problem çözmenin rolü. *İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(11), 97-111.

- Sriraman, B. (2005). Conceptualizing the notion of model eliciting. 4. Congress of the European Society or Research in Mathematics Education'de sunulan bildiri, Sant Feliu de Guixols, İspanya.
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J. ve Edwards I. (2007). A framework for success in implementing mathematical modelling in the secondary classroom. *Mathematics: Essential Research, Essential Practice*, 2, 688-697.
- Strauss, A. L. ve Corbin, J. M. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Newbury Park, CA: Sage.
- The National Curriculum in England Key stages 3 and 4 framework document, (2013)
- TÜSİAD (2017). *2023'e doğru Türkiye'de STEM gereksinimi*. Erişim adresi <http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stem-gereksinimi>
- Wagner, T. (2008). Rigor redefined. *Educational Leadership*, 66(2), 20-24.
- Windschitl, M. (2009). *Cultivating 21st century skills in science learners: How systems of teacher preparation and professional development will have to evolve. Paper commissioned by National Academy of Science's Committee on The Development of 21st Century Skills*. Washington, DC.
- Yazgan, Y. ve Bintaş, J. (2005). İlköğretim dördüncü ve beşinci sınıf öğrencilerinin problem çözme stratejilerini kullanabilme düzeyleri: Bir öğretim deneyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 210-218.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, H., Yiğit Koyunkaya, M., Güler, F. ve Güzey, S. (2017). Fen, teknoloji, mühendislik, matematik (STEM) eğitimi tutum ölçeğinin Türkçe'ye uyarlanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(5), 1787-1800.
- Yu, S. Y. ve Chang, C. K. (2011). What did Taiwan mathematics teachers think of model-eliciting activities and modelling teaching?. G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri and G. Stillman (Haz.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA 14* (s. 147-156). Netherlands: Springer.
- Zbiek, R., M. ve Conner, A. (2006). Beyond motivation: Exploring mathematical modeling as a context for deepening students' understandings of curricular mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 69, 89-112.

The Influence of STEM - Mathematical Modeling Integration on Problem Solving and Modeling Skills in Mathematics Teacher Education

Abstract

Intensive studies have been carried out in the STEM Education approach nationwide and worldwide. Studies on how this pedagogical approach, which has not been fully conceptualized, can be integrated into the educational system of our country, continues with the calls from both the leading industrial organizations of the country and the Ministry of National Education. In this study, the researchers investigated the influence of a modelling activity used with a STEM education perspective, on the mathematical modeling competencies and problem solving skills of the participants in order to provide an example of how STEM education can be used in mathematics education. Twenty-two pre-service teachers participated in the study. As a result of the analyses, significant gains were seen in both mathematical modeling competencies and problem solving skills of prospective teachers compared to the first situation. Findings indicated that the use of a modelling activity with a STEM education perspective has positive consequences in problem solving and modeling skills for use in mathematics teacher education

Keywords: STEM education, mathematical modeling, problem solving, 21st century skills, teacher education