

Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğretmen Adaylarının Matematiksel Düşünme Becerileri ve Matematik Okuryazarlığına Etkisi*

The Effect of Interdisciplinary Mathematical Modeling Activities on Pre-service Teachers' Mathematical Thinking Skills and Mathematical Literacy

Ali Özkaya¹  Sait Bulut²  Gizem Şahin³ 

¹ Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Antalya, Türkiye

² Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Antalya, Türkiye

³ Doktora Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya, Türkiye

Makale Bilgileri

Geliş Tarihi (Received Date)

09.06.2023

Kabul Tarihi (Accepted Date)

30.10.2023

*Sorumlu Yazar

Gizem Şahin

Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

gizemshahin242@gmail.com

Öz: Bu çalışmada, disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri ve matematik okuryazarlığına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. İlköğretim Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalında kayıtlı 3. sınıf öğretmen adayları (toplam 24 kişi) çalışma grubunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada karma araştırma desenlerinden iç-içe desen kullanılmıştır. Çalışmanın nicel kısmında tek grup öntest-sontest deseni kullanılmış, nitel kısmında ise durum çalışması gerçekleştirilmiştir. "Matematiksel Düşünme Ölçeği", "Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği", "Matematiksel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği" ve görüş formu verilerin toplanması amacıyla kullanılmıştır. Uygulamada çevre problemlerinin ele alındığı disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri 13 hafta boyunca teorik ve uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama süreci sonrasında matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri, matematik okuryazarlığı ve matematiksel modelleme özyeterlik puanlarında sontest lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca matematiksel modelleme sürecinde konu olarak incelenen çevre problemlerine yönelik olarak da çevreye yönelik bilinç/farkındalık kazanma, çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözebilme, çevre problemlerini çözmeye kolaylık sağlama yönünden de etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmanın sonucunda disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin matematiksel düşünme becerilerini (üst düzey düşünme eğilimi, akıl yürütme, problem çözme) ve matematik okuryazarlığını artırdığı, gerçekleştirilen uygulama süreciyle öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin de olumlu yönde etkilendiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, Disiplinler arası, STEM, Matematiksel düşünme becerisi, Matematik okuryazarlığı

Abstract: This study aimed to investigate the impact of interdisciplinary mathematical modeling activities on the mathematical thinking skills and mathematical literacy of third-grade pre-service mathematics teachers within the Department of Elementary Mathematics Education, totaling 24 participants. Employing an embedded mixed design, the study used a one-group pretest and posttest design for the quantitative part and conducted a case study for the qualitative section. Data were collected using the "Mathematical Thinking Scale," "Self-Efficacy Scale for Mathematics Literacy," "Self-Efficacy Scale for Mathematical Modeling Competencies," and a researchers-created opinion form. Over a 13-week period, interdisciplinary mathematical modeling activities addressing environmental issues were implemented theoretically and practically. Following the implementation, a significant improvement was observed in posttest scores for mathematical thinking skills, mathematical literacy, and self-efficacy for mathematical modeling among pre-service mathematics teachers. The qualitative data also revealed the effectiveness of the implementation in fostering environmental awareness, solving environmental problems through mathematical modeling, and enhancing problem-solving skills related to environmental issues. In conclusion, interdisciplinary mathematical modeling activities enhance mathematical thinking skills (higher-order thinking tendency, reasoning, problem solving) and mathematical literacy. It can be said that the mathematical modeling skills of pre-service teachers are also positively influenced by the implemented application process.

Keywords: Mathematical modeling, Interdisciplinary, STEM, Mathematical thinking skills, Mathematical literacy

Özkaya, A., Bulut, S. ve Şahin, G. (2023). Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri ve matematik okuryazarlığına etkisi. 25(4), 634-650. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.17556/erziefd.1312400>

Giriş

Günlük hayatta karşılaşılan problemlerin anlamlandırılmasında ve çözümünde matematiksel bilgi ve becerilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgi ve becerilerin etkili kullanılabilmesi için bireylerin matematik okuryazarlığına sahip olması beklenmektedir (Steen vd., 2007). Problem çözme, akıl yürütme, üst düzey düşünme gibi becerileri içeren matematiksel düşünmenin gerçekleştirilmesi (Berlin ve White, 1992) ile matematik okuryazarlığına zemin oluşturulabilmektedir. Bu doğrultuda, matematiği günlük

hayatta kullanabilen, farklı bakış açıları oluşturabilen ve matematiksel düşünme becerilerine sahip bireylerin yetiştirilmesi problemleri çözme sürecinde (Martin, 2007; Özgen ve Bindak, 2008) önem arz etmektedir. Bu süreçte matematik disiplininin akla gelmesi olağan bir durum olarak kabul edilebilir. Çünkü problem çözme sürecinde, öğrenciler matematiksel ifadelerle karşılaşmaktadırlar (Laterell, 2013). Ayrıca matematik disiplininin amaç ve en önemli araçlarından birinin problem çözme olduğu (Aylar, 2017) söylenebilir. Matematik ile günlük yaşantılar ilişkili olup matematik disiplininin temelini gerçek yaşam problemleri

* International Education Congress'de (EDUCongress) 17-19 Kasım 2022 tarihlerinde sunulan sözlü bildirinin genişletilmiş versiyonudur.

oluşturmaktadır. Gerçek yaşamın matematikselleştirilmesiyle formal matematik öğretimi ortaya çıkmıştır (Freudenthal, 1968). Matematik öğretiminde öğrenciler temel dört işlem problemleri ile karşılaşmakta (Laterell, 2013), öğrencilerin önceden oluşturulmuş formülleri benzer ve yeni problemlerin çözümünde kullanmaları sağlanmaktadır. Bu şekilde bir öğretim ile öğrencilerin standart çözüm yollarını kavramaları için yol gösterilmektedir (Bal, 2015). Matematik öğretim sürecinde çeşitli problemle karşılaşılma birlikte öğretmenlerin matematiğin bilgi boyutuna odaklanıp matematik ile günlük yaşam arasında ilişkilendirme yapmamaları (Güneş ve Gökçek, 2013) karşılaşılan sorunlardan biridir. Bu sebeple öğrenciler matematiğin günlük yaşam ile ilişkisini kavrayamamakta ve matematik derslerinden endişe duymaktadır. Ayrıca gerçek yaşam problemleri olarak ortaya çıkan ve standart çözüm yollarının yetersiz kaldığı problemlerin çözümünde, öğrenilen formül ya da kuralların ötesinde problemin içeriği ve gerçek yaşam deneyimleri doğrultusunda çözüm üretilmesinin beklenmesi (Bal, 2015) öğrencilerin endişelerini arttırmakta olup matematik ders başarısını da olumsuz etkilemekte ve öğrenmeyi engellemektedir (Richardson ve Suinn, 1972). Karşılaşılan olumsuz durumların uluslararası düzeyde en belirgin örneği Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından üç yılda bir gerçekleştirilen Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Sınavı (PISA) sonuçlarıdır. Katılımcı ülkelerin eğitim durumları hakkında bilgi veren ve ülkeler arası karşılaştırma yapan bu sınavda Türkiye'nin çoğu katılımcı ülkenin ve ortalama puanın altında puan alarak matematik okuryazarlığı yönünden diğer ülkelere kıyasla zayıf kaldığı gözlemlenmiştir (Kabael ve Barak, 2016). 3 Aralık 2019 tarihinde sonuçları açıklanan PISA 2018'e göre Türkiye'nin matematik okuryazarlığı performansında iyileşme görülse de (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2019) bu iyileşme sürecinin devamlılığı ve performansın artırılabilmesi için öğrencilerin okul ortamında öğrendikleri bilgi ve becerileri günlük hayatta kullanma becerisini yükseltmeleri gerekmektedir. Bunun için eğitim uygulamalarının, öğrencilerin matematiği günlük hayatla ilişkilendirebileceği şekilde dönüştürülmesi önemlidir.

STEM eğitimi bu bakış açısını benimseyen bir eğitim yaklaşımıdır (Shaughnessy, 2013). MEB İlköğretim Matematik Dersi Öğretim Programı (2018)'nda da matematiğin diğer disiplinlerle ilişkilendirilmesinin gerekliliğinden bahsedilmektedir (Güder ve Gürbüz, 2018). Bireyler karşılaştıkları problemlerin çözümünde matematiğin oynadığı rolü kavrayarak matematiksel olarak düşünebilmeleri sayesinde matematiği günlük yaşamla ilişkilendirebilir (OECD, 2006). Lakin literatürde yer alan çeşitli çalışmalara göz atıldığında; matematik ile günlük yaşam arasında ilişki kurmada ve problem çözmede bireylerin bilgi ve becerilerinin yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin; Kabael ve Barak (2016), yaptıkları çalışmada matematik öğretmen adaylarının karşılaştıkları problemleri matematiksel olarak ifade etmede sorun yaşadıkları ve matematik okuryazarlıklarının beklenen düzeyde olmadığına değinmişlerdir. Ayrıca Urhan ve Dost (2016), matematiksel modelleme sürecinden haberdar olmayan matematik öğretmenlerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Çeşitli çalışmalar da ülkemizdeki birçok öğrencinin matematiksel modellemeye yönelik bilgilerinin yeterli olmadığına değinilmiştir (Karataş ve Tuna, 2021). Bu durum matematik öğretmenlerinin de yeterli düzeyde bilgi ve becerilerinin olmadığını ifade edebilir. Bu çalışmanın, öğretmen adaylarının matematiksel modelleme

becerilerinin artırılarak matematiksel düşünme becerileri ve matematik okuryazarlığının geliştirilmesinde, matematiksel modelleme hakkında donanımlı öğretmenlerin sayısının artırılmasında ayrıca matematiği günlük yaşamla ilişkilendirebilen ve karşılaştığı problemlerle baş edebilen öğretmenler yetiştirilebilmesi bakımından önemli olabileceği öngörülmektedir. Bu çalışma kapsamında, disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri ve matematik okuryazarlığına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır:

1. Matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. Matematik öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığı öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
4. Matematik öğretmen adaylarının uygulama süreci ile ilgili görüşleri nelerdir?

Kuramsal Çerçeve

Matematiksel Modelleme Süreci

Matematiksel modelleme süreci, matematik disiplininin günlük hayatla ilişkilendirildiği, karşılaşılan problemlerin açıklanıp yorumlandığı bir süreç olup (Bukova-Güzel vd., 2016) problemlerin çözümünde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda matematiksel modelleme, PISA'nın geleneksel olarak ele alınan rutin-standart problem ve çözüm yolları yerine günlük hayat problemlerine odaklanılması (Kaiser vd., 2002) gerekliliği ile de örtüşmektedir. Model denince, bir nesnenin fiziksel özelliklerinin küçültülerek temsil edildiği bir sürüm akla gelse de burada kast edilen matematiksel model ile gerçek hayattaki bir durumun yapısal ve işlevsel özelliklerinin daha basit ve anlaşılır olmasını sağlayan yapılar ve gösterimler kastedilmektedir (Doerr ve Lesh, 2011). Matematiksel modeller sadece bir eşitlik olabileceği gibi daha fazla matematiksel yapıdan da oluşabilir. Buradaki amacın gerçek yaşamdaki karmaşık görünen problem yapısını matematikten yararlanarak basitleştirmeye çalışmak ve çözülebilir forma dönüştürmektir. Bu amaç doğrultusunda atılan her adım, işlem, tanımlama ve benzeri uygulamalar bir matematiksel model olarak kabul edilebilir. Kişiyeye gerçek yaşamda karşılaşılabileceği problemleri çözmeye becerisi kazandırmayı amaçlayan matematiksel modelleme, gerçek hayat problemleriyle baş etme sürecidir (Bukova-Güzel vd., 2016). Literatüre bakıldığında, matematiksel modelleme sürecinin belirli, tek bir tanımı bulunmamaktadır. Örneğin Pollak (1997), modelleme sürecini sekiz aşama ile ifade etmiştir. Bunlar;

1. Gerçek dünya probleminin tanımlanması,
2. Odaklanılacak önemli faktörlerin belirlenmesi,
3. Kriter ve sınırlılıklar doğrultusunda göz önünde bulundurulacak faktörlerin belirlenmesi,
4. Gerçek dünya probleminin matematiksel bir problem haline çevrilmesi,
5. Gerekli matematiğin belirlenmesi,
6. Sonuçların belirlenmesi için matematiğin kullanımı,
7. Sonuçların gerçek dünyaya uyarlanması,

8. Sonuçların mantıklı olup olmadığını belirleyerek sürecin başarılı bir şekilde tamamlanması durumunda raporlaştırma veya işlemin tekrar edilmesi şeklindedir.

Matematiksel modellemenin aşamaları ve karşılaşılan sorunları çözmeye bir disiplinin bilgisinin yeterli olmadığı (Kim ve Lee, 2022) düşüncesi göz önünde bulundurulduğunda günlük yaşam problemlerini çözmeye süreci olan matematiksel modelleme sürecinde disiplinler arası bakış açısının önemli olduğu ifade edilebilir. Bu sebeple, günlük yaşam problemlerinin karmaşıklığı (Salado vd., 2018) ile baş edebilmek amacıyla farklı disiplinler arasında bağlantı kurmak önemlidir.

Yöntem

Araştırmanın Modeli

Araştırmada karma yöntem çeşitlerinden iç içe karma desen kullanılmıştır. Nicel ve nitel verilerin yer aldığı desende nitel veriler uygulama sürecinin başında, sürecin içinde veya süreç sonrasında toplanabilmektedir (Creswell, 2014, s. 367). Uygulama süreci sonrasında toplanan nitel veriler nicel verilerin betimlenip yorumlanması için elde edilebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 327). Araştırma deneysel bir süreci içermekte olup nicel kısmını tek grup öntest-sontest deseni oluşturmaktadır. Ulaşılabilen katılımcı sayısı az olduğundan dolayı tek gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Bu bağlamda matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri, matematik okuryazarlığı ve matematiksel modelleme öz yeterlikleri uygulama öncesi ve sonrasında ilgili ölçme araçları kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kontrol grubunun olmaması bir sınırlılık olarak ifade edilebilir. Süreç içerisinde uygulamaları destekleyen düz anlatım, soru-cevap, tartışma yöntemlerinden kaynaklı olabilecek manipülasyonların en aza indirilmesini sağlamak amacıyla öğretmen adaylarından matematiksel modelleme süreç basamakları göz önünde bulundurulmuş görüşlerini belirtmeleri istenmiştir. Hazırlanan görüş soruları ile nitel veriler toplanmıştır. Nitel veriler aracılığıyla hem nicel bulguların desteklenmesi (betimlenip nicel bulgularla örtüşüp örtüşmediğinin yorumlanması) hem de deneysel işlem haricinde sonucu manipüle edici etkenlerin etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Elde edilen nitel veriler durum çalışması kapsamında tek bir analiz birimi içeren bütüncül tek durum deseni (Yin, 2003, s. 39) olarak ele alınmıştır. Burada tek analiz birimi matematik öğretmen adayları olup bütüncül tek durum öğretmen adaylarının uygulama sürecine yönelik verdiği görüşlerdir. İncelenen bir olay veya durumun açıklanıp yorumlandığı çalışmalar durum çalışması olarak ifade edilmektedir (Büyüköztürk vd., 2018).

Çalışma Grubu

Bu araştırma, 2021-2022 eğitim öğretim yılı bahar döneminde, Akdeniz Bölgesindeki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunu İlköğretim Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalında kayıtlı 3. sınıf öğretmen adaylarından gönüllülük esası doğrultusunda katılan öğretmen adayları (N=24, 12 Kız, 12 Erkek) oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının seçiminde zaman, mekân, maliyet gibi sınırlılıklar dikkate alınarak kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemi (Büyüköztürk vd. 2018, s. 95) kullanılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Matematiksel Düşünme Ölçeği: Öğretmen adaylarının matematiksel düşünme düzeylerini ölçmek amacıyla Ersoy ve Başer (2013) tarafından geliştirilen 25 maddelik 5'li likert tipinde (1:Hiç Katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3:Kararsızım, 4:Katılıyorum, 5:Tamamen Katılıyorum) olumlu ve olumsuz madde ayırımının olduğu ölçek dört alt boyuta (üst düzey düşünme eğilimi, akıl yürütme, matematiksel düşünme becerisi, problem çözmeye) sahiptir. Faktör analizi için hesaplanan KMO değeri .75 ve Bartlett testi değeri ise $X^2=1425,254$; $p<0,05$ olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktörler toplam varyansın % 61.86'sını açıkladığı tespit edilmiştir. Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı ölçeğin tamamı için .78 olarak hesaplanmıştır (Ersoy ve Başer, 2013). Bu çalışmada elde edilen Cronbach Alpha değeri .83 iken alt boyutlar bazında sırasıyla .81, .80, .67, .65 bulunmuştur.

Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği: Öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığına ilişkin öz-yeterlik inancını ölçmek amacıyla Özgen ve Bindak (2008) tarafından geliştirilen 25 maddelik 5'li likert tipinde (1: Tamamen Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Tamamen Katılıyorum) olumlu ve olumsuz madde ayırımının olduğu tek boyutlu ölçektir. Faktör analizi için hesaplanan KMO değeri .92 ve Bartlett testi değeri ise $X^2=3260,50$, $p<0,01$ olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktör toplam varyansın % 42.85'ini açıkladığı tespit edilmiştir. Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı .94 olarak hesaplanmıştır (Özgen ve Bindak, 2008). Bu çalışmada Cronbach Alpha değeri .95 bulunmuştur.

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği: Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme öz-yeterliklerinin belirlemek amacıyla Koyuncu vd. (2016) tarafından geliştirilen 17 maddelik 5'li likert tipinde (1:Kesinlikle Katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3:Kararsızım, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum) tek boyutlu ölçektir. Faktör analizi için hesaplanan KMO değeri .91 ve Bartlett testi değeri ise $X^2=1058.85$, $p=0.000$ olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktör toplam varyansın % 44.47'sini açıkladığı tespit edilmiştir. McDonald's ω değeri .97 Cronbach Alpha güvenilirlik değeri .91 olarak hesaplanmıştır (Koyuncu vd., 2016). Bu çalışmada Cronbach Alpha değeri .96 bulunmuştur.

Görüş Soruları: Uygulama sonrası öğretmen adaylarının etkinlikler hakkındaki düşüncelerini toplamak amacıyla oluşturulan görüş formu ile çalışmanın amacını temsil edebileceği düşünülen iki açık uçlu soru öğretmen adaylarına yöneltilmiştir. Toplanan nitel veriler nicel verilerin yorumlanması için elde edilebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 327). Bu sorular aracılığıyla araştırmada var olan durumun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Deneysel süreci değerlendirmeye yönelik ele alınan nitel bulgular hem nicel bulguların desteklenmesi hem de deneysel işlem haricinde sonucu manipüle edici etkenlerin etkisinin azaltılması amacıyla uzman görüşlerine başvurularak çalışmaya dahil edilmiştir. Bu doğrultuda oluşturulan sorular; "Gerçekleştirilen eğitimde yapılan matematiksel modellemelerin olumlu ya da olumsuz ne gibi etkileri olduğunu düşünüyorsunuz?", "Çevre sorunlarına yönelik yapılan matematiksel modellemelerin herhangi bir etkisi/etkileri olduğunu düşünüyor musunuz?" şeklinde öğretmen adaylarına yöneltilmiştir.

Verilerin Toplanması

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Komisyonunda (Protokol

No. 2021/416) 30.11.2021 tarihli 15 sayılı toplantısında alınan onay kararı ile gerçekleştirilmiştir.

Uygulama Süreci

Matematik öğretmen adaylarının günlük yaşam problemlerini ele alan ve disiplinler arası entegrasyonu ele alan STEM yaklaşımını matematiksel modellemeler aralığıyla benimseyebilmesi, hayatın içinden belirlenen bir veya daha fazla fen konusunu matematik disipliniyle birleştirilmesi, aynı zamanda matematiksel düşünme becerilerini ve matematiksel okuryazarlıklarını irdeleyebilmeleri açısından araştırmanın kapsamı doğrultusunda belirlenen veri toplama araçları uygulanmıştır. Matematiksel modelleme süreci günlük yaşam problemlerine çözüm arayan bir uygulama süreci olarak ele alındığında konu-kapsam seçiminde son yıllarda endüstriyel üretim vb. insan faaliyetlerinin etkileri doğrultusunda artış gösteren çevre sorunları (Yadav vd., 2021) göz önünde bulundurularak karşılaşılan çevre problemlerine çözüm önerme sürecinde beş matematiksel modelleme etkinliği yapılması planlanmıştır. Literatürde öğretmen adaylarıyla çevre eğitimi ve çevre sorunlarına yönelik yapılan çalışmalarda öğretim programında çevre konu ve kazanımlarını içeren bölümlere (fen bilgisi öğretmen adayları, sosyal bilgiler öğretmen adayları, sınıf öğretmen adayları, okul öncesi öğretmen adayları) ağırlık verildiği gözlemlenmiştir. Bu bölümler haricindeki bölümleri de içeren çalışmaların literatürde yer aldığı lakin tarama çalışması olarak sınırlı kaldığı düşünülmektedir. Örneklem çevre sorunlarına yönelik tutum, duyarlılık vb. değişkenlere ait puanlar bakımından karşılaştırıldığında Matematik öğretmen adaylarının fen bilgisi, sosyal bilgiler öğretmen adaylarına nazaran daha az puana sahip olduğu (Kahyaoğlu ve Özgen, 2012; Yıldırım vd., 2012) sonucuna ulaşan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Tespit edilen bu sonuçlar matematiksel modelleme sürecinin temelini oluşturan problemi anlama, belirleme aşamasında yol göstermiştir. Eğitim süreci toplam 13 hafta sürmüştür. Eğitim süreci için öncelikle STEM ve matematiksel modellemeye yönelik ders dokümanları, yönergeler oluşturulmuş ve öğretmen adaylarına konuyla ilgili bilgiler verilmiştir. Uygun örnekleme yoluyla belirlenen öğretmen adayları uygulama sürecinde ikiye-üçer kişilik gruplara ayrılmış olup öğretmen adaylarına verilen talimatlar doğrultusunda (belirtilen matematiksel modelleme kriterleri doğrultusunda gereksiz enerji kullanımı, iklim değişikliği, orman tahribatı, çevreyi kirleten atıklar, kuraklık sorunlarına çözüm üretmek amacıyla matematiksel modellemelerin yapılması ve sunulması) deneysel işlem gerçekleştirilmiştir. Matematiksel modelleme sürecinde “1. Problemi anlama, 2. Değişkenleri seçme ve varsayımları kurma, 3. Matematikselleştirme, 4. Matematiksel modelleri kurma ve birleştirme, 5. Matematiksel çözümü gerçekleştirme, 6. Çözümleri yorumlama, 7. Modeli doğrulama” veya “1. Gerçek dünya probleminin tanımlanması, 2. Odaklanılacak önemli faktörlerin belirlenmesi, 3. Kriter ve sınırlılıklar doğrultusunda göz önünde bulundurulacak faktörlerin belirlenmesi, 4. Gerçek dünya probleminin matematiksel bir problem haline çevrilmesi, 5. Gerekli matematiğin belirlenmesi, 6. Sonuçların belirlenmesi için matematiğin kullanımı, 7. Sonuçların gerçek dünyaya uyarlanması, 8. Sonuçların mantıklı olup olmadığını belirleyerek sürecin başarılı bir şekilde tamamlanması durumunda raporlaştırma veya işlemin tekrar edilmesi”

kriterleri (Borromeo-Ferri, 2006; Hıdıroğlu vd., 2014; Pollak, 1997) dikkate alınarak öğretmen adaylarının çevre sorunlarına yönelik çözüm üretmeleri istenmiştir. Öğretmen adayları tarafından hazırlanmış matematiksel modelleme örneğine ve uygulama sürecinden örnek görsellere “Ek” kısmında yer verilmiştir. Öğretmen adayları ele alınan kriterler doğrultusunda uygulama süreci içerisinde gözlemlenmiştir. Bu süreçte disiplinler arası bağlantının kurulması amacıyla da STEM yaklaşımı benimsenmiş olup problemi anlama ile matematikselleştirme aşamaları arasında (Doğan vd., 2018) ele alınmıştır. Ayrıca deneysel süreçte matematiksel modelleme etkinliklerine ana disiplinlerin (fen ve matematik) haricinde önemli olan teknoloji ve mühendislik disiplinlerini somut örneklerle dahil edebilmek ve gerçeğinin simülasyonunu oluşturabilmek için öğretmen adaylarına STEM entegrasyonunda kullanılabilirliği yönünden fikir vermek amacıyla öğretmen adaylarının oluşturduğu modeller doğrultusunda robotik ve kodlama etkinlikleri de dahil edilmiştir. Bu sayede, matematiksel modelleme sürecinde vurgulanan disiplinler arası bakış açısı ve yapılan matematiksel modellemelerin hayata geçirilmesi konusunda örnek olması amaçlanmıştır. Ayrıca uygulama süreci içerisinde düz anlatım, soru-cevap, tartışma yöntemlerinden yararlanılmış olup öğretmen adaylarının matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını ele alarak uygulama süreci sonunda görüşlerini belirtmeleri istenmiştir. Bu sayede elde edilen bulgular, deneysel işlemi manipüle edebilecek diğer uygulamaların etkilerinden arındırılmaya çalışılmıştır. Bir dönem boyunca uygulanan matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitim programı aşağıdaki gibidir:

Tablo 1. Uygulama sürecinde yapılan etkinlikler

Haftalar	Yapılan Etkinlikler
1, 2, 3, 4, 5, 6. Hafta	Uygulama süreci ile ilgili genel bilgilendirme, matematiksel modelleme ve STEM kavramı ile ilgili bilgilendirme (matematiksel modelleme nedir, geleneksel matematik problemlerinden farkı nedir, modellemede tek bir çözüm yöntemi olmadığı, sonuçtan ziyade sürece odaklanmaları gerektiği, matematiksel modelleme örneklerinin sunularak öğrencilerin sürece aşına olmaları)
7 ve 8. Hafta	Elektrik faturası tutarının, enerji kullanımının azaltılmasına yönelik çözüm üretme etkinliği
9. Hafta	İklim değişikliğine çözüm üretme etkinliği
10. Hafta	Orman tahribatına çözüm üretme etkinliği
11. Hafta	Çevreyi kirleten atıklara çözüm üretme etkinliği
12. Hafta	Kuraklığa çözüm üretme etkinliği
13. Hafta	Gerçeğinin simülasyonu (Öğretmen adaylarının sundukları modelleme etkinliklerinden yola çıkılarak yapılan örnek etkinlikler – Örnek: Kuraklığın önlenmesi amacıyla belirlenen su seviyelerinden uyarı veren elektronik devre elemanlarından oluşturulmuş devre modeli (Kullanılan malzemeler: Arduino UNO kiti)

Verilerin Analizi

Nicel verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit etmek için normallik varsayım testlerinden Shapiro-Wilk testi sonuçları incelenmiştir. 35’den az örneklem büyüklüğüne sahip durumlarda tercih edilen Shapiro-Wilk testinin (Shapiro ve Wilk, 1965) yanı sıra çarpıklık, basıklık değerleri ve Q-Q

plot grafiği sonuçları dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre verilerde normal dağılımlar tespit edilse de normal dağılım için önkoşul olarak örneklem büyüklüğünün 30 ve üzerinde olması gerekliliği (Demir vd., 2016) göz önünde bulundurularak katılımcı sayısının istatistiksel olarak bu kritere göre az olması (24 kişi) ve alınan uzman görüşleri doğrultusunda verilerin analizinde parametrik olmayan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır. Nitel verilerin betimlemesi ve yorumlanması amacıyla betimsel analiz ve içerik analizi gerçekleştirilmiştir. Daha önceden belirlenmiş olan yapıların tespitinde betimsel analiz yapılırken belirgin olmayan yapıların tespitinde içerik analizi gerçekleştirilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 239). Katılımcılar kodlama işlemi sırasında numaralandırılmıştır (Ö1, Ö2, ...). Katılımcıların uygulama sürecinin etkilerinin değerlendirilmesi bakımından verdikleri cevaplar doğrultusunda genel olarak olumlu ve olumsuz etki temaları altında kodlar incelenmiştir. Ortaya çıkan verilerde inandırıcılık ilkesine uyulması bakımından (Guba ve Lincoln, 1982) yöntem (nicel ve nitel verilerin bir arada ele alınması) ve gözlemci üçgenleme (uygulamayı gerçekleştiren araştırmacı haricinde ortamda bulunan gözlemcinin uygulamayı gerçekleştiren araştırmacıdan kaynaklanabilecek, uygulama dışı herhangi bir manipülatif etkisinin gözlemlemesi ve analiz sürecini takip etmesi), doğrudan alıntılar yapılmış ve uzman görüşüne (verilerin tema ve kodlara altında ifade edilmesi) başvurulmuştur. Temalar altında ortaya çıkan kodların uygunluğunun sağlanması amacıyla görüş birliği kriteri (Miles ve Huberman, 1994) dikkate alınmıştır. Kodlamada ortaya çıkan uyumsuzluk problem çözme ile ilgili genellemede bulunan bir öğretmen adayının ifadesi ile ortaya çıkmış olup problem çözme becerisine odaklandığı gözlemlenirken problem çözme ile ilgili görüş belirten diğer öğretmen adaylarının ise uygulamanın çevreye etkisine daha çok odaklandığı gözlemlenmiştir. “Çevre problemlerini çözmeye kolaylık sağlama” ve “problem çözmeye kolaylık sağlama” kodlarının “çevreye etki” ve “öğretmen adayına etki” temaları altına yerleştirilmesiyle uzlaşma sağlanmıştır. Uyum güvenirliliği Güvenirlilik = Görüş Birliği / (Görüş Birliği

+ Görüş Ayrılığı) x 100 formülü ile % 98,44 olarak hesaplanmıştır.

Bulgular

Araştırmannın Birinci Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmada, “Matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?” sorusuna yanıt aranmıştır. Birinci alt probleme ilişkin bulgular Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2 incelendiğinde matematik öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrası toplam matematiksel düşünme puanları karşılaştırıldığında pozitif sıralar yani son test puanları lehine (\bar{X} =104.67, S.O.=12.80) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir (Z =-2.661, p =.008). Alt boyutlar bazında ele alındığında tüm alt boyutlarda da son test puanları lehine (\bar{X} =26.42, S.O.=10.53; \bar{X} =18.00, S.O.=11.33; \bar{X} =32.75, S.O.=13.00; \bar{X} =28.70, S.O.=15.19) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir (Z = -2.548, p =.011; Z = -2.235, p =.025; Z =-2.229, p =.026; Z =-2.666, p =.008).

Araştırmannın İkinci Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmada, “Matematik öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığı öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?” sorusuna yanıt aranmıştır. İkinci alt probleme ilişkin bulgular Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3 incelendiğinde Matematik öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrası matematik okuryazarlığı öz yeterlik puanları karşılaştırıldığında pozitif sıralar yani son test puanları lehine (\bar{X} =100.54, S.O. =13.00) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir (Z = -2.225 , p =.026).

Araştırmannın Üçüncü Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmada, “Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?” sorusuna yanıt aranmıştır. Üçüncü alt probleme ilişkin bulgular Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 2. Matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme ölçeği öntest-sontest puanlarına ait Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları

Alt Boyut	Son test-Ön test	N	\bar{X}	Sıra Ort.	Sıra Top.	Z	p
Üst düzey düşünme eğilimi	Negatif Sıra	4	24.67	8.00	32.00	-2.548	.011*
	Pozitif Sıra	15	26.42	10.53	158.00		
	Eşit	5					
Akıl yürütme	Negatif Sıra	6	16.71	5.83	35.00	-2.235	.025*
	Pozitif Sıra	12	18.00	11.33	136.00		
	Eşit	6					
Matematiksel düşünme becerisi	Negatif Sıra	7	29.88	8.29	58.00	-2.229	.026*
	Pozitif Sıra	15	32.75	13.00	195.00		
	Eşit	2					
Problem çözme	Negatif Sıra	8	25.79	7.13	57.00	-2.666	.008*
	Pozitif Sıra	16	28.70	15.19	243.00		
	Eşit	0					
Toplam	Negatif Sıra	6	97.63	6.50	39.00	-2.661	.008*
	Pozitif Sıra	15	104.67	12.80	192.00		
	Eşit	3					

* p <.05

Tablo 3. Matematik öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığı öz yeterlik ölçeği öntest-sontest puanlarına ait wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları

Son test-Ön test	N	\bar{X}	Sıra Ort.	Sıra Top.	Z	p
Negatif Sıra	7	92.67	8.29	58.00	-2.225	.026*
Pozitif Sıra	15	100.54	13.00	195.00		

Eşit 2

*p<.05

Tablo 4. Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterlikleri için öz yeterlik ölçeği öntest-sontest puanlarına ait Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları

Son test-Ön test	N	\bar{X}	Sıra Ort.	Sıra Top.	Z	p
Negatif Sıra	6	64.63	8.42	50.50	-2.845	.004*
Pozitif Sıra	18	72.54	13.86	249.50		
Eşit	0					

*p<.05

Tablo 4 incelendiğinde Matematik öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrası matematiksel modelleme yeterlik puanları karşılaştırıldığında pozitif sıralar yani son test puanları lehine ($\bar{X}=72.54$; S.O.=13.86) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($Z= -2.845$, $p=.004$).

Araştırmannın Dördüncü Alt Problemine İlişkin Bulgular

Araştırmada, “Matematik öğretmen adaylarının uygulama süreci ile ilgili görüşleri nelerdir?” sorusuna yanıt aranmıştır. Dördüncü alt probleme ilişkin bulgular Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 5. Matematik öğretmen adaylarının uygulama sürecini değerlendirmeye yönelik görüşlerine ait bulgular

Tema	Kodlar	Örnek Alıntı İfade	Öğrenci	f
Öğretmen adayına etki / olumlu	Konuları öğrenmede kolaylık sağlama / zihinde canlandırma	Ö8: “.....Gerekli ve öğrenmeyi kolaylaştırıcı etkileri olduğunu düşünüyorum.....” Ö10: “.....Öğrenmeyi kolaylaştırmak için önemlidir.....” Ö14: “.....Öğrenmeyi kolaylaştırdı.....”	(Ö2, Ö4, Ö7, Ö8, Ö10, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23)	14
	İlgi çekici / şaşırtıcı	Ö11: “.....Çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözmek ilgimi çekti normalde bağdaştıramıyordum ikisini.....” Ö19: “.....Eğitimde matematiksel model geliştirerek öğrencilerin ilgisinin derse daha çok çekildiğini ve anlamının kolaylaştığını düşünüyorum.....”	(Ö9, Ö11, Ö14, Ö15, Ö19, Ö20)	6
	Gerçek hayatta matematiği kullanma	Ö5: “.....Gerçek hayatta matematiği kullanarak matematik yapmayı geliştirir.....” Ö14: “Matematiğin günlük hayata entegre edilmesiyle modelleme kullanılabilir.....”	(Ö1, Ö5, Ö8, Ö14, Ö19)	5
	Matematiksel modelleme hakkında bilgi edinme / farkındalık kazanma	Ö6: “.....Modellemeler farkındalığımı arttırdı.....” Ö15: “.....Matematiksel modellemeyi dersin öncesinde sadece birkaç tablo, grafik vb. olarak düşünüyordum. Dönemin sonuna geldiğimizde ise modellemenin önemli aşama ve yöntemleri olduğunu öğrendim. Bu durum ilgimi çekti.....”	(Ö3, Ö6, Ö13, Ö15)	4
	Yaratıcılık ve hayal gücü geliştirme	Ö17: “.....Öğrenci açısından konuyu kavramada oldukça etkili olmasının yanında bir öğretmenin de yaratıcılığını ve hayal gücünü geliştirebileceğini düşünüyorum.....” Ö18: “.....Ufkumu açtı.....”	(Ö17, Ö18)	2
	Problem çözmede kolaylık sağlama	Ö9: “.....Model oluşturmak problemin çözümünü daha kolay yapmamıza yardımcı olur.....”	(Ö9)	1
	Akıl yürütme	Ö1: “.....Matematiksel modeller ile günlük hayatımızdaki birçok probleme çözüm oluşturabiliyoruz bu açıdan çok etkilidir. Aynı zamanda problem çözme, akıl yürütme, çoklu temsil kullanma vb. birçok matematiksel becerinin gelişimi için de etkilidir.....”	(Ö1)	1
	Bilimsel bilgi ve olayları analiz etme ve yorumlama	Ö20: “.....Modelleme bana göre bilimsel bilginin yeni fikir ve teorilerle değişebileceği ve modellemelerin basitleştirilmiş ve şematik şekilleri olduğunu bu modellerin bilimsel olayları zihinde canlandırmada açıklayıcı bir araç olarak görüyorum bu yüzden benim açımdan matematiksel modelleme oluşturmanın büyük önemi vardır.....”	(Ö20)	1

Tablo 5. Matematik öğretmen adaylarının uygulama sürecini değerlendirmeye yönelik görüşlerine ait bulgular (Devamı)

	Çok yönlü düşünme	Ö1: “.....Birçok problem durumlarına çok yönlü bakabilmeyi sağladığımı fark ettim. Olayları yorumlamada beni geliştirdiğini düşünüyorum.....”	(Ö1)	1
	Öğretim tekniklerine zenginlik katma	Ö13: “.....Öğretim tekniklerine zenginlik kattığını düşünüyorum.....”	(Ö13)	1
Öğretmen adayına etki / olumsuz	Kurgulaması zor	Ö1: “.....Olumsuz olarak gördüğüm aşama kurgu sürecinin zor olması ve her konu için yeterince elverişli olmaması.....”	(Ö1)	1
Uygulamada olumsuz etki	Sınıfta kargaşa oluşturma	Ö4: “..... Her zaman matematiksel modeller kullanarak ders anlatmak sınıfta kargaşaya sebep olabilir.....”	(Ö4)	1
	Çevreye yönelik bilinç / farkındalık kazanma	Ö4: “.....Örneğin kuraklığı ele alalım. Kuralık konusu ile ilgili matematiksel modellemelerden (infografik poster) yararlanarak ülkemizin su kaynaklarını anlatmak dikkat çekecektir. İnsanları az da olsa su tasarrufu yapmaya yönlendirebiliriz.....” Ö9: “.....Bilinçlendirici modellemeler oluşturuldu.....” Ö11: “.....Öncelikle bu sorunları fark etmiş olduk. Azalması için gerekli önlemleri almamız gerekiyor ve bana düşeni yapmak için uğraşıyorum.....”	(Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö13, Ö14, Ö19, Ö20, Ö22)	14
Çevreye etkisi var / olumlu etki	Çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözebilme / çevre sorunlarını matematiksel verilerle gözlemlenme	Ö1: “.....Bizim için küçük olan şeylerin doğa için ne kadar büyük bir tehlike yarattığını matematiksel verilerle görebiliyoruz.....” Ö16: “.....Daha anlaşılır olmasını sağlar.....” Ö19: “.....Matematiksel modelleme yardımıyla insanlar bütün bilgi ve verileri aynı anda görebiliyor ve bu sayede bilinçlenebilir.....”	(Ö1, Ö3, Ö8, Ö11, Ö14, Ö15, Ö16, Ö19)	8
	Çevre problemlerini çözmede kolaylık sağlama	Ö5: “.....Problemi çözmeye kolaylık sağladı.....” Ö21: “.....Daha somut bir şekil ortaya konduğu için problemlere çözüm bulmak kolaylaşacaktır. Örneğin şehir planlamaları için yapılan modellemeler.....”	(Ö1, Ö5, Ö6, Ö9, Ö21)	5
Çevreye etkisi yok	Etkisi yok	Ö18: “.....Düşünmüyorum maalesef çünkü ülkemizde uygulanmaz.....”	(Ö18)	1

Tablo 5 incelendiğinde çalışmanın amacı doğrultusunda yöneltilen sorulara Matematik öğretmen adaylarının uygulama sürecini değerlendirmeye yönelik verdikleri görüşler yorumlandığında “öğretmen adayına etki”, “uygulamada etki” ve “çevreye etki” olmak üzere iki ana tema oluşturulmuştur.

“Gerçekleştirilen eğitimde yapılan matematiksel modellemelerin olumlu ya da olumsuz ne gibi etkileri olduğunu düşünüyorsunuz?” sorusuna yönelik uygulamanın sonrasında matematik öğretmen adaylarının tamamının süreci olumlu olarak değerlendirdiği tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarından 14’ü “konuları öğrenmede kolaylık sağlama / zihinde canlandırma”, altısı “ilgi çekici / şaşırtıcı”, beşi “gerçek hayatta matematiği kullanma”, dördü “matematiksel modelleme hakkında bilgi edinme / farkındalık kazanma”, ikisi “yaratıcılık ve hayal gücü geliştirme”, biri “problem çözmede kolaylık sağlama”, biri “akıl yürütme”, biri “bilimsel bilgi ve olayları analiz etme ve yorumlama”, biri “çok yönlü düşünme”, biri “öğretim tekniklerine zenginlik katma” kodları altında olumlu görüşlerini belirtmişlerdir. Lakin bir öğretmen adayı (Ö1) “kurgulaması zor” kodu altında olumsuz görüş belirtirken bir diğer öğretmen adayı da (Ö4) “sınıfta kargaşa oluşturma” kodu altında olumsuz görüş belirtmiştir. “Çevre sorunlarına yönelik yapılan matematiksel modellemelerin

herhangi bir etkisi/etkileri olduğunu düşünüyor musunuz? Etkisi olduğunu düşünüyorsanız açıklayabilir misiniz?” sorusuna yönelik uygulama sonrası öğretmen adaylarının genelinin süreci olumlu olarak değerlendirdiği gözlemlenirken etkisi olmadığına dair görüş belirten bir öğretmen adayının olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple “çevreye etkisi var / olumlu etki” ve “çevreye etkisi yok” olmak üzere iki alt temaya ayrılmıştır. Öğretmen adaylarından 14’ü “çevreye yönelik bilinç / farkındalık kazanma”, sekizi “Çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözebilme / çevre sorunlarını matematiksel verilerle gözlemlenme”, beşi “çevre problemlerini çözmede kolaylık sağlama” kodları altında olumlu olarak; biri “etkisi yok” kodu altında etkisinin olmadığına dair görüşlerini belirtmişlerdir. Ayrıca beş öğretmen adayının (Ö10, Ö12, Ö14, Ö23, Ö24) uygulamanın olumlu etkisi olduğuna dair görüş belirttiği, diğer öğretmen adaylarına nazaran ayrıntılı olarak açıklama yapmadıkları gözlemlenmiştir. Uygulamanın etkisi olmadığına dair fikir belirten öğretmen adayının (Ö18) yorumu incelendiğinde yapılan modellemelerin gerçek hayatta uygulanabilirliğine yönelik olumsuz bir algısının olduğu tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Gerçekleştirilen eğitim doğrultusunda matematik öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerilerinde hem alt boyutlar (üst düzey düşünme eğilimi, akıl yürütme, matematiksel düşünme becerisi, problem çözme) hem de toplam puan bazında sınıfta lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin bireylerin matematiği kullanarak mantığa dayalı olarak karşılaştıkları problemi çözebileceği şeklinde yorumlanabilir (Kandemir, 2011; Santos vd., 2015). Aynı zamanda matematiksel modelleme etkinlikleri bağlamında oluşturulması ve STEM entegrasyonunun desteklenmesinde çeşitli çalışmalarda iyi bir örnek olarak ifade edilmektedir (English vd., 2013; Moore ve Hjalmarson, 2010; Roehrig vd., 2012). Bu süreçte gerçekleştirilen zihinsel işlemlerin matematiksel düşünme becerilerinin gelişimine katkı sağlayabileceği söylenebilir (Kaiser, 2005; Tutak ve Güder, 2014). Benzer sonuçları elde eden çalışmalarda da (Cheng, 2001; English ve Watters, 2004; Özdemir ve Işık, 2015) bireylerin akıl yürütme, üst düzey düşünme, problem çözme becerilerinde gelişme olduğu ifade edilmiştir. Matematik okuryazarlıkları incelendiğinde son test lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda gerçekleştirilen uygulamaların bireylerin matematiğe yönelik bilgi ve becerilerini kullanarak matematik okuryazarlığını arttırabileceği ifade edilebilir. Matematik okuryazarlığını geliştirme sürecinin bireylerin dikkatini çeken, yaşadıkları dünyayı temsil edebilecek problem ve etkinlikleri içermesi bakımından önemli olup bireyler öğrendikleri ile günlük yaşam arasında bağlantı kurabildikleri için matematik okuryazarlığında gelişme görüldüğü düşünülebilir (Erol, 2015; Maaß, 2005; Swan vd., 2006). Matematiksel modelleme özyeterlikleri incelendiğinde sınıfta lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda gerçekleştirilen uygulamaların bireylerin matematiksel modelleme özyeterliklerini geliştirebileceği söylenebilir. Bu sebeple, bireylerin öğrendikleri bilgileri kullanabilmesi ve karşılaştıkları problemleri çözme konusunda gösterdikleri çaba ile bireylerin matematiksel modelleme yeterliklerinde olumlu etkiler gözlemlendiği düşünülebilir (Ata-Baran, 2019). Bireylerin özyeterlik düzeyleri ile harcadıkları çaba arasında olumlu yönde bir ilişki bulunmaktadır (Bandura, 1997).

Nitel veriler yorumlandığında konuları öğrenmede kolaylık sağlama, gerçek hayatta matematiği kullanma, problem çözmede kolaylık sağlama, matematiksel modelleme hakkında bilgi kazanma, yaratıcılık ve hayal gücünü geliştirme, akıl yürütme, bilimsel bilgi ve olayları analiz etme, çok yönlü düşünme, öğretim tekniklerine zenginlik katma yönünden ifade edilen olumlu etkilerinin öğretmen adaylarının matematiğe yönelik bilgi ve deneyimlerini arttırarak matematiği kullanabilme yetisini sağladığı ve matematiksel düşünme ortamını desteklediği sonucuna ulaşılabilir. Problem çözme, akıl yürütme gibi ifade edilen olumlu etkilerin matematiksel düşünme sürecinde kullanılması beklenen beceriler olduğu (Berlin ve White, 1992) göz önünde bulundurulduğunda gerçekleştirilen uygulamanın matematiksel düşünme beceri puanlarındaki artışı desteklediği söylenebilir. Ayrıca matematiksel düşünmeyi sağlayan bu becerilerin yanı sıra öğretmen adaylarının matematiği kullandıkları ve matematiksel modelleme süreci hakkında bilgi edindiklerine yönelik ifadeleriyle de matematik okuryazarlığı puanlarındaki artışın desteklediği düşünülebilir. Ayrıca olayları analiz etme, çok yönlü düşünme gibi ifadeler problem çözme, akıl yürütme ve düşünme becerilerini geliştirmede destek olabilir. Bu durum matematiksel

modellemenin geleneksel problem çözme sürecinin ötesinde farklı ve geniş bir bakış açısını desteklemesi ile açıklanabilir (Greer, 1997). Matematiksel modelleme sürecinde konu olarak incelenen çevre problemlerine yönelik olarak da çevreye yönelik bilinç/farkındalık kazanma, çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözebilme, çevre problemlerini çözmeye kolaylık sağlama yönünden de etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan uygulamanın çevreye etkisinin olmayacağından bahseden bir öğretmen adayının görüşü ise matematiksel modelleme sürecinin eğitim sürecinde kullanılabilirliği konusunda tereddüt yaşadığı yönünde yorumlanabilir. Bu durum matematiksel modelleme aşamalarının kurgusunun zor olduğunu ifade eden öğretmen adayı ile sürekli matematiksel modelleme yapmanın sınıfta kargaşaya sebep olabileceği düşüncesine sahip olan bir öğretmen adayının görüşü açıklanabilir. Bu doğrultuda planlanmasında zorluk yaşanması ile sınıfta öğrencilerin dikkatini dağıtarak ders sürecinin olumsuz etkilenmesi sebebiyle öğretmenlerin bu uygulamayı tercih etmeyebileceği düşünülebilir. Bireyler zorlayıcı bir problemle karşılaştıklarında çözüme ulaşamama gibi bir durumun onların matematiğe olan bakış açısında olumsuz algılar oluşmasına yol açabileceği düşünüldüğünde (Ata-Baran, 2019) süreç içerisinde karşılaştıkları her bir zorluğun bu durumu daha da arttırabileceği söylenebilir. Aksine karmaşık ve zor olarak nitelendirilebilecek modelleme etkinliklerinin çözülebildiğine yönelik sonuçlar (Kaiser ve Schwarz, 2006) da elde edilmiştir. Bu sebeple, bu gibi durumlarda öğretmenin rehberliği önemlidir. Biyolojik evsel atıksu arıtma tesisinin matematiksel modellemesi ve enerji tasarrufuna yönelik gerçekleştirilebilecek olası çözüm yollarının incelenmesi (Gülhan vd., 2018) gibi matematiksel modellemeye yönelik yapılan çeşitli çalışmalar örnek gösterilerek problem çözme ve diğer becerilerin gelişmesindeki önemi vurgulanabilir.

Sonuç olarak, matematiksel modelleme sürecinde konu olarak incelenen çevre problemlerine yönelik olarak da çevreye yönelik bilinç/farkındalık kazanma, çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile çözebilme, çevre problemlerini çözmeye kolaylık sağlama yönünden de etkili olduğu, öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerilerini (üst düzey düşünme eğilimi, akıl yürütme, problem çözme) ve matematik okuryazarlığını arttırdığı, gerçekleştirilen uygulama süreciyle öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin de olumlu yönde etkilendiği söylenebilir. Matematiksel modelleme etkinliklerinin yer aldığı eğitimlerin düzenlenmesi ve uygulamaların yaygınlaştırılması yetiştirilen matematik öğretmenlerin arttırılması açısından önemlidir. Bu çalışma elde edilen sonuçlar ile matematik öğretmen adaylarının matematiği günlük yaşamla ilişkilendirebilmeleri, matematiksel modelleme süreci ile ilgili bilgi ve becerilerini arttırabilmeleri açısından gelecekte yapılacak çalışmaları teşvik etmek niteliğindedir. Ayrıca matematiksel modelleme sürecinde ele alınan problem durumu gün geçtikçe artan çevre sorunlarına yönelik çözüm arayışını destekleyen bir ortam oluşturulması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Öneriler

1. Gerçekleştirilecek matematiksel modelleme sürecinin sonucunda elde edilen bulguların genellelenebilirliğinin arttırılması amacıyla katılımcı sayısı arttırılarak uygulama süreci tekrar test edilebilir. Bu doğrultuda deneysel işlem dışında

oluşabilecek manipülasyonların kontrol edilmesi amacıyla kontrol gruplu bir süreç geliştirilebilir.

2. Eğitim ortamlarında farklı konularda matematiksel modelleme etkinlikleri gerçekleştirilerek etkileri gözlemlenebilir.
3. Matematiksel düşünmeyi arttırmaya yönelik eğitimlerde matematiksel modelleme etkinlikleri tercih edilebilir.
4. PISA gibi uluslararası sınavlarda ya da diğer çalışmalarda ülkemizdeki bireylerin matematik okuryazarlığını etkili bir şekilde kullanabilmesi amacıyla okullarda matematiksel modelleme uygulamaları yaygınlaştırılabilir.
5. Matematik eğitiminde standart problem çözümünden ziyade gerçek yaşam problemlerinin de ele alınması amacıyla matematiksel modelleme ile zenginleştirilmiş STEM entegrasyon yaklaşımı kullanılabilir. Bu sayede matematiğin diğer disiplinlerle bağlantısına vurgu yapılabilir.
6. Çevreye yönelik çalışmalarda matematiksel modelleme etkinlikleri artırılarak çevre sorunlarının etkileri ya da ne boyutta oldukları konusunda birçok bölümde/alanda daha bilinçli bireyler yetiştirilebilir.

Yazar Katkı Oranları

Tüm yazarlar makalenin tüm süreçlerinde eşit oranda rol almışlardır. Tüm yazarlar çalışmanın son halini okumuş ve onaylamıştır.

Etik Kurul Beyanı

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Komisyonunda (Protokol No. 2021/416) 30.11.2021 tarihli 15 sayılı toplantısında alınan onay kararı ile gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Ata-Baran, A. (2019). *Matematiksel modellemeye dayalı bir öğretim deneyinde sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel iletişim becerilerinin, matematik okuryazarlıklarının ve duyuşsal özelliklerinin incelenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Aylar, E. (2017). Sınıf öğretmeni yetiştirme sürecinde problem çözmeye dair pedagojik alan bilgisine ilişkin çıkarımlar. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 744-759. <http://dx.doi.org/10.17860/mersinefd.312232>
- Bal, A. P. (2015). Sınıf öğretmeni adaylarının rutin ve gerçek yaşam problemlerine yönelik başarı düzeylerinin ve görüşlerinin incelenmesi. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 5(3), 273-290. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2015.015>
- Berlin, D. & White, A. (1992). Report from the NSF/SSMA Wingspread Conference: A network integretad science and mathematics teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 92(6), 340-342.
- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*. 38(2), 86-95.

- Bukova-Güzel, E., Tekin-Dede, A., Hıdıroğlu, Ç. N., Kula-Ünver, S. & Özaltun-Çelik, A. (2016). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme*. Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2018). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (24. Baskı). Pegem Akademi.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman.
- Cheng, A. K. (2001). Teaching mathematical modelling in Singapore school. *The Mathematics Educator*, 6(1), 63-75.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approach*. Sage Publications.
- Demir, E., Saatçioğlu, Ö. & İmrol, F. (2016). Uluslararası dergilerde yayımlanan eğitim araştırmalarının normallik varsayımları açısından incelenmesi. *Current Research in Education*, 2(3), 130-148.
- Doerr, H. M. & Lesh, R. (2011). Models and modelling perspectives on teaching and learning mathematics in the twenty-first century. *Trends in teaching and learning of mathematical modelling*, 247-268.
- Doğan, M.F., Şahin, S., Çavuş-Erdem, Z. ve Gürbüz, R. (2018). Investigation of teachers' awareness of interdisciplinary mathematical modeling problem. *International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME-2018)*, Ordu University, 27-29 June 2018, Ordu.
- English, L. D., Hudson, P. & Dawes, L. (2013). Engineering-based problem solving in the middle school: Design and construction with simple machines. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(2), 43-55.
- English, L. D. & Watters, J. (2004). Mathematical modelling with young children. *28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 335-342.
- Erol, M. (2015). *Modelleme etkinliklerinin 9.sınıf öğrencilerinin matematiksel okuryazarlıkları ve inançları üzerine etkisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Ersoy, E. & Başer, N. (2013). Matematiksel düşünme ölçeğinin geliştirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(4), 1471-1486.
- Freudenthal, H. (1968). Why to teach mathematics so as to be useful. *Educational Studies in Mathematics*, 1(1/2), 3-8.
- Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms: the case of word problems. *Learning and Instruction*, 7(4), 293-307.
- Guba, E. G. & Lincoln, Y. S. (1982). Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry. *ECTJ*, 30(4), 233-252.
- Güder, Y. & Gürbüz, R. (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak disiplinler arası matematiksel modelleme oluşturma etkinlikleri: öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(Özel Sayı), 170-198. <https://doi.org/10.17984/adyuebd.457626>
- Gülhan, H., Erşahin, M. E., Dereli, R. K., Özgün, H., Erkan, F. D., Özdemir, Ö. & Öztürk, İ. (2018). Tam ölçekli bir ileri biyolojik evsel atık su arıtma tesisinin matematiksel modellemesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 213-224. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.525246>
- Güneş, G. & Gökçek, T. (2013). Öğretmen adaylarının matematik okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi. *Dicle*

- Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(2013), 70-79.
- Hidroğlu, Ç. N., Tekin-Dede, A., Kula, S. & Bukova-Güzel, E. (2014). Öğrencilerin kuyruklu yıldız problemi'ne ilişkin çözüm yaklaşımlarının matematiksel modelleme süreci çerçevesinde incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 1-17.
- Kabael, T. & Barak, B. (2016). Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının matematik okuryazarlık becerilerinin PISA soruları üzerinden incelenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 7(2), 321-349. <https://doi.org/10.16949/turcomat.73360>
- Kahyaoglu, M. & Özgen, N. (2012). Öğretmen adaylarının çevre sorunlarına yönelik tutumlarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 5(2), 171-185.
- Kaiser, G., (2005). Introduction to the working group "Applications and Modelling". *CERME4 Proceedings*, 1611-1622.
- Kaiser, G., Leung, F. K. S., Romberg, T. & Yaschenko, I. (2002). International comparisons in mathematics education: An overview. *Proceedings of the ICM, Beijing*, 1, 631—646. <https://doi.org/10.48550/arXiv.math/0212416>
- Kaiser G. & Schwarz B. (2006). Mathematical modelling as bridge between school and university. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 196-208.
- Kandemir M.A. (2011). *Modelleme etkinliklerinin öğrencilerin duyuşsal özelliklerine problem çözme ve teknolojiye ilişkin düşüncelerine etkisinin incelenmesi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Karataş, E. & Tuna, A. (2021). Sınıf içi matematiksel modelleme etkinliklerinden yansımalar. *The Journal of International Education Science*, 8(29), 274-296. <https://doi.org/10.29228/INESJOURNAL.52461>
- Kim, S.W. & Lee, Y. (2022). Developing students' attitudes toward convergence and creative problem solving through multidisciplinary education in Korea. *Sustainability*, 14, 9929, 1-19. <https://doi.org/10.3390/su14169929>
- Koyuncu, I., Guzeller, C. O. & Akyuz, D. (2016). The development of a self-efficacy scale for mathematical modeling competencies. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 4(1), 19-36. <https://doi.org/10.21449/ijate.256552>
- Laterell, C. M. (2013). What is problem-solving ability. *LATM Journal*, 1(1), 1-12. https://www.lamath.org/journal/Vol1/What_IS_P_S_Ability.pdf
- Maaß, K. (2005). Barriers and opportunities for the integration of modelling in mathematic classes-results of an empirical study. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 2(3), 1-16.
- Martin, H. (2007). Mathematical literacy. *Principal leadership*, 7(5), 28-31.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *An expanded sourcebook qualitative data analysis* (Second edition). SAGE Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *İlköğretim matematik dersi öğretim programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2019). <https://www.meb.gov.tr/pisa-2018-sonuclarina-gore-turkiye-her-3-alanda-performansini-artiran-tek->
- Moore, T.J. & Hjalmarson, M.A. (2010). Developing measures of roughness: Problem solving as a method to document student thinking in engineering. *International Journal of Engineering Education*, 26(4), 820- 830.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy, A Framework for PISA 2006*, <https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Özdemir, G. & Işık, A. (2015). Katı cisimlerin alan ve hacimlerinin matematiksel model ve matematiksel modelleme yöntemiyle öğretimine yönelik öğretmen görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1251-1276.
- Özgen, K. & Bindak, R. (2008). Matematik okuryazarlığı öz-yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(2), 517-528.
- Pollak, H. O. (1997). Solving problems in the real World. In L. A. Steen (Ed.) *Why numbers count: quantitative literacy for tomorrow's America* (91-105). College Board.
- Richardson, F. C. & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551—554. <https://doi.org/10.1037/h0033456>
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H. & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: Investigating the Impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM Integration. *School science and mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Salado, A., Chowdhury, A. H. & Norton, A. (2018). Systems thinking and mathematical problem solving. *School Science and Mathematics*, 119(1), 49-58. <https://doi.org/10.1111/ssm.12312>
- Santos M.L.K.P., Diaz R.V. & Belecina R.R. (2015). Mathematical modelling: Effects on problem solving performance and math anxiety of students. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 65, 103-115. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILSHS.65.103>
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.18.6.0324>
- Swan, M., Turner, R. & Yoon, C. (2006). The roles of modelling in learning mathematics. (eds: W. Blum, P. Galbraith, H.-W. Henn ve M. Niss), *Modelling and Applications in Mathematics Education The 14. ICMI Study* (s. 275- 284). Springer.
- Tutak, T. & Güder, Y. (2014). Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(1), 173-190.
- Steen, L. A., Turner, R. & Burkhardt, H. (2007). *Developing mathematical literacy*. In W. Blum, P.L. Galbraith, H.W. Henn and M. Niss (Eds), *Modelling and Applications in Mathematics Education* (pp. 285-294). Springer.
- Urhan, S. & Dost, Ş. (2016). Matematiksel modelleme etkinliklerinin derslerde kullanımı: Öğretmen görüşleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(59), 1279-1295. <https://doi.org/10.17755/esosder.263231>
- Yadav, P., Singh, J., Srivastava, D. K. & Mishra, V. (2021). Environmental pollution and sustainability. *Environmental Sustainability and Economy*, 111-120, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822188-4.00015-4>

- Yıldırım, C., Bacanak, A. & Özsoy, S. (2012). Öğretmen adaylarının çevre sorunlarına karşı duyarlılıkları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 20(1), 121-134.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods*. Sage publications.

Extended Summary

Introduction

In the process of mathematics instruction, teachers often encounter various problems, one of which is their tendency to focus on the knowledge dimension of mathematics without making connections between mathematics and daily life (Güneş & Gökçek, 2013). As a result, students may fail to grasp the relationship between mathematics and daily life and develop anxiety about math classes. Moreover, in solving problems that arise as real-life issues and for which standard solution methods fall short, students are expected to go beyond learned formulas or rules and generate solutions based on the content of the problem and real-life experiences (Bal, 2015). This can increase students' anxieties, negatively impact their math class performance, and hinder their learning (Richardson & Suinn, 1972). One of the most prominent international examples of such negative situations is the results of the Programme for International Student Assessment (PISA), which is conducted every three years by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). In this assessment, which provides information about the education status of participating countries and allows for cross-country comparisons, Turkey has been observed to perform below the average scores of most participating countries in terms of mathematical literacy when compared to other countries (Kabael & Barak, 2016). According to the PISA 2018 results announced on December 3, 2019, although there was an improvement in Turkey's mathematical literacy performance (Ministry of National Education [MoNE], 2019), the sustainability of this improvement process and the ability to further enhance performance depend on students' ability to use the knowledge and skills they acquire in school in their daily lives. For this purpose, it is important to transform educational practices in a way that enables students to relate mathematics to their daily lives.

STEM education is an approach that embraces this perspective (Shaughnessy, 2013). The Ministry of National Education [MoNE] Primary Mathematics Curriculum (2018) also emphasizes the necessity of associating mathematics with other disciplines (Güder & Gürbüz, 2018). Individuals can relate mathematics to daily life by understanding the role of mathematics in solving the problems they encounter (OECD, 2006). However, when various studies in the literature are examined, it is concluded that individuals do not have sufficient knowledge and skills to establish a relationship between mathematics and daily life and to solve problems. For example, in their study, Kabael and Barak (2016) mentioned that mathematics teacher candidates had difficulty expressing the problems they encountered mathematically and that their mathematical literacy was not at the expected level. In addition, Urhan and Dost (2016) found that there were mathematics teachers who were not aware of the mathematical modeling process. Various studies have also pointed out that many students in our country do not have sufficient knowledge

about mathematical modeling (Karataş & Tuna, 2021). This situation may also indicate that mathematics teachers do not have a sufficient level of knowledge and skills. This study is expected to be important in increasing the number of well-equipped teachers about mathematical modeling, improving mathematical thinking skills, and mathematical literacy by enhancing the mathematical modeling skills of prospective teachers and in training teachers who can relate mathematics to daily life and cope with the problems they encounter. Within the scope of this study, the effect of interdisciplinary mathematical modeling activities on the mathematical thinking skills and mathematical literacy self-efficacy of pre-service mathematics teachers was investigated. The following sub-problems were addressed in the research:

1. Is there a significant difference between pretest and posttest scores of pre-service mathematics teachers' mathematical thinking skills?
2. Is there a significant difference between pretest and posttest scores of pre-service mathematics teachers' mathematics literacy self-efficacy?
3. Is there a significant difference between pretest and posttest scores of pre-service mathematics teachers' mathematical modeling self-efficacy?
4. What are the opinions of pre-service mathematics teachers about the application process?

Method

In the research, embedded mixed design, which is one of the mixed method types, was used. A one group pretest and posttest design was used in the quantitative part of the study, and a case study was carried out in the qualitative part. "Mathematical Thinking Scale", "Self-Efficacy Scale for Mathematics Literacy", "Self-Efficacy Scale for Mathematical Modeling Competencies" and an opinion form were used to collect data. In practice, interdisciplinary mathematical modeling activities, in which environmental problems were handled, were carried out theoretically and practically for 13 weeks. The mathematical modeling process is considered an application process that seeks solutions to daily life problems. In the selection of the subject scope, in recent years, environmental problems that increase in line with the effects of human activities, such as industrial production (Yadav et al., 2021) are taken into consideration. In the process of proposing solutions to the environmental problems encountered, five mathematical modeling activities were planned. For the implementation process, first of all, course documents and instructions for STEM and mathematical modeling were created and information about the subject was given to the pre-service teachers. The pre-service teachers determined by appropriate sampling were divided into groups of two-three during the implementation process, and in line with the instructions given to the pre-service teachers (in line with the specified mathematical modeling criteria, mathematical modeling was carried out in order to find solutions to the problems of unnecessary energy use, climate change, forest destruction, polluting waste, drought and presentation) an experimental procedure was performed. In the mathematical modeling process, pre-service teachers were asked to generate solutions considering environmental problems. The solution process involved these steps; "1. Understanding the problem, 2. Selecting variables and establishing assumptions, 3. Mathematizing, 4. Building and combining mathematical models, 5. Realizing the mathematical solution, 6. Interpreting the solutions, 7. Verifying the model" or "1. Identifying a real-

world problem, 2. Identifying important factors to focus on, 3. Identifying factors to be considered in line with criteria and limitations, 4. Transform a real-world problem into a mathematical problem, 5. Identifying the required mathematics, 6. Using mathematics to determine results, 7. Adapting the results to the real world, 8. Determining whether the results are logical, reporting or repeating the process in case of successful completion of the process (Borromeo-Ferri, 2006; Hıdıroğlu et al., 2014; Pollak, 1997). The mathematical modeling sample prepared by the pre-service teachers and the sample visuals from the application process are given in the "Appendix". Pre-service teachers were observed during the implementation process in line with the criteria discussed. In this process, the STEM approach has been adopted in order to establish interdisciplinary connections, and the stages between understanding the problem and mathematizing (Doğan et al., 2018) are discussed. In addition, robotics and coding activities were also included in the experimental process in line with the models created by the pre-service teachers in order to include the technology and engineering disciplines, which are important apart from the main disciplines (science and mathematics), with concrete examples and to give the pre-service teachers an idea about their usability in STEM integration. In this way, it is aimed at setting an example for the interdisciplinary perspective emphasized in the mathematical modeling process and the implementation of the mathematical modeling. The STEM activity program structured with mathematical modeling applied throughout a semester is given in Table 1. Non-parametric Wilcoxon Signed Rank Test was used in the analysis of the data. In the analysis of qualitative data, descriptive analysis and content analysis were carried out.

Results

After the implementation process, a significant difference was found in favor of the posttest in the mathematical thinking skills and mathematical literacy scores of pre-service mathematics teachers. When qualitative data are interpreted, it has a positive effect in terms of facilitating learning, using mathematics in real life, providing convenience in problem solving, gaining knowledge about mathematical modeling, developing creativity and imagination, reasoning, analyzing scientific information and events, multidimensional thinking, and enriching teaching techniques. In addition, it has been revealed by the opinions of pre-service teachers that it has a positive effect on environmental problems, which are examined as a subject in the mathematical modeling process, in terms of raising consciousness / awareness of the environment, solving environmental problems with mathematical modeling, and facilitating solving environmental problems. In addition to these findings, a pre-service teacher was identified who stated that the practice would not have an impact on the environment.

Conclusion

When the findings are interpreted, it can be concluded that interdisciplinary mathematical modeling activities can solve the problems that individuals face based on logic by using mathematics (Kandemir, 2011; Santos et al., 2015). At the same time, mathematical modeling activities are expressed as a good example in various studies in creating context and supporting STEM integration (English et al., 2013; Moore & Hjalmarson, 2010; Roehrig et al., 2012). It can be said that the mental operations performed in this process can contribute to

the development of mathematical thinking skills (Kaiser, 2005; Tutak & Güder, 2014). In the studies that obtained similar results (Cheng, 2001; English & Watters, 2004; Özdemir & Işık, 2015), it was stated that individuals' reasoning, higher-order thinking, and problem-solving skills improved. It is important that the process of developing mathematical literacy includes problems and activities that attract the attention of individuals and that can represent the world they live in. For this reason, it can be thought that there is an improvement in mathematical literacy as individuals can make connections between what they learn and their daily lives (Erol, 2015; Maaß, 2005; Swan et al., 2006). It can be thought that positive effects are observed on the mathematical modeling competencies of individuals with the effort they show to use the information they have learned and to solve the problems they encounter (Ata-Baran, 2019). There is a positive relationship between the self-efficacy levels of individuals and the effort they spend (Bandura, 1997). When qualitative data are interpreted, it can be concluded that the positive effects expressed in terms of facilitating learning in various aspects, such as using mathematics in real-life situations, problem-solving, gaining knowledge about mathematical modeling, enhancing creativity and imagination, reasoning, analyzing scientific knowledge and events, multidimensional thinking, and enriching teaching techniques, contribute to increasing the mathematical knowledge and experiences of prospective teachers, enabling them to use mathematics effectively and supporting the mathematical thinking environment. Considering that the positive effects expressed, such as problem-solving and reasoning, are skills expected to be used in the mathematical thinking process (Berlin & White, 1992), it can be said that the implemented practice supports the increase in mathematical thinking skill scores. Furthermore, the increase in mathematical literacy scores can be supported by prospective teachers' expressions of using mathematics and gaining knowledge about the mathematical modeling process. Additionally, expressions related to analyzing events, thinking multidimensionally, etc., can support the development of problem-solving, reasoning, and thinking skills. This can be explained by the fact that mathematical modeling goes beyond the traditional problem-solving process and supports a different and broader perspective (Greer, 1997).

As a result, it can be said that the mathematical modeling process, when examined in the context of environmental issues, is also effective in raising awareness about the environment, being able to solve environmental problems through mathematical modeling, and facilitating the resolution of environmental problems. The practice process increased prospective teachers' mathematical thinking skills (higher-order thinking tendency, reasoning, problem-solving) and mathematical literacy. It can be stated that the application positively influenced the prospective teachers' mathematical modeling skills as well. Organizing education with mathematical modeling activities and expanding such practices is important for increasing the number of trained mathematics teachers. This study, with its obtained results, serves as an encouragement for future research to help prospective mathematics teachers relate mathematics to daily life and enhance their knowledge and skills related to the mathematical modeling process. Furthermore, it is considered important in creating an environment supporting the search for solutions to increasing environmental issues, as the problem

situation addressed in the mathematical modeling process aligns with the growing environmental problems.

Suggestions

1. By increasing the number of participants in order to enhance the generalizability of the findings obtained at the end of the mathematical modeling process, the implementation process can be retested. In this direction, a controlled process with a control group can be developed to control any manipulations that may occur outside of the experimental procedure.
2. The effects can be observed by performing mathematical modeling activities on different subjects in educational environments.
3. Mathematical modeling activities can be preferred in trainings aimed at increasing mathematical thinking.
4. Mathematical modeling practices can be expanded in schools so that individuals in our country can use their mathematical literacy effectively in international exams such as PISA or in other studies.
5. In mathematics education, a STEM integration approach enriched with mathematical modeling can be used to address real-life problems rather than standard problem solving. In this way, the connection

of mathematics with other disciplines can be emphasized.

6. By increasing the mathematical modeling activities in environmental studies, more conscious individuals can be raised in many departments/fields about the effects or extent of environmental problems.

Author Contributions

All authors contributed equally to all processes of the article. All authors have read and approved the final version of the study.

Ethical Declaration

The purposes and procedure of the current study were granted approval from the ethical committee of the Akdeniz University (Protocol Number; 2021-416). Ethics Committee's Decision Date: 12.01.2021, Ethics Committee Approval Issue Numbers: 2021/15.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest with any institution or person within the scope of the study.

Ek Öğretmen Adayları Tarafından Hazırlanmış Matematiksel Modelleme Örnekleri Haftalık Yönerge

Problem Durumu: Orman tahribatına çözüm olabilecek uygulamaları matematiksel modelleme kullanarak açıklayınız.

ORMAN TAHRİBATI

Yeryüzünde genel olarak bitki örtüsü sürekli tahrip edilmektedir. Bitki örtüsünün tahrip edilmesi en önemli etkisini kurak ve yarı kurak alanlarda gösterir. Çünkü bu alanlarda yağış yetersiz olduğu için tahrip edilen bitki örtüsünün tekrar yetiştirilmesi zor olmaktadır. Bu durum bu sahalarla rüzgâr erozyonunu artırmıştır. Bu ise çölleşmeye neden olmaktadır. Orman tahribini etkileyen bir başka etmen ise yangınlardır.



ÜLKEMİZDE SON YILLARDA OLAN ORMAN YANGINLARI

28 Temmuz 2021'de Antalya'nın Manavgat ilçesinde başlayan ve Türkiye'nin birçok şehrine yayılan orman yangınları... 12 Ağustos 2021 itibarıyla; çoğunluğu Akdeniz, Ege, Marmara, Batı Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde 53 ilde çıkan 299 orman yangınında 8 kişi hayatını kaybederken, önceki yıllara göre büyük artışla yüzbinlerce hektar orman ve yerleşim yeri küle döndü ve binlerce hayvan can verdi.

PROBLEM

- Antalya'da başlayan 40.000 hektarlık orman yangınları için belediye acil bir çözüm yolu aramaktadır. Bunun için Çevre ve Şehircilik Bakanlığında çalışan mühendisler alternatif çözüm yolları sunmaktadır.



HAFIF SINIF HELİKOPTER



1 er ton su taşımaktadırlar
Toplam bir turda 4 ton su taşımakta

AĞIR SINIF HELİKOPTER



8 er ton su taşımaktadırlar
Toplam bir turda 16 ton su taşımakta

KÜÇÜK SINIF HELİKOPTER



Her biri 3 ton su taşımaktadırlar. Toplam bir turda 9 ton su taşımaktadır.

HELİKOPTER TÜRÜ	AĞIR SINIF HELİKOPTER	KÜÇÜK TANKERLİ HELİKOPTER	HAFIF SINIF HELİKOPTER
1 ATIŞTA DÖKTÜĞÜ SU MİKTARI	8 TON	3 TON	1 TON
1 TURDA YAPTIĞI ATIŞ SAYISI	2	3	4
HER BİR TURDA KAÇ HEKTARLIK ALANA ETKİ EDİYOR?	10.000	8.000	5.000

- Verilen tabloya göre belediye yanan alanı **en hızlı** ve **en ekonomik** şekilde söndürmek için hangi helikopter çeşitlerini kaç adet kullanmalıdır?(en fazla 2 adet ağır sınıf,3 adet küçük sınıf ve 4 adet hafif sınıf helikopter kullanılabilir)

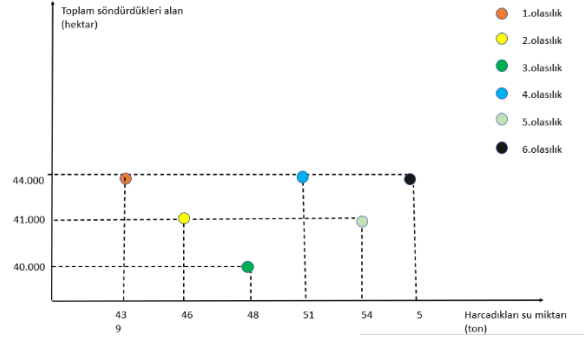
- Şimdi tüm olasılıklara bakalım:

- Eğer 2 ağır sınıf helikopter,2 küçük sınıf helikopter ve bir hafif sınıf helikopter (2x10.000+2x8.000+1x5.000=41.000 hektar arazi söner)
- 1 ağır sınıf helikopter,3 küçük sınıf helikopter ve 2 hafif sınıf helikopter
- 1 ağır sınıf helikopter,2 küçük sınıf helikopter ve 3 hafif sınıf helikopter
- 2 ağır sınıf helikopter,3 küçük sınıf helikopter
- 2 ağır sınıf helikopter ve 4 hafif sınıf helikopter
- 3 küçük sınıf helikopter ve 4 hafif sınıf helikopter

olaslıklar	Söndürdüğü alan[hektar]
1.olaslık	41.000
2.olaslık	44.000
3.olaslık	41.000
4.olaslık	44.000
5.olaslık	40.000
6.olaslık	44.000

- Şimdiye her bir olasılıktaki kullanılan toplam su miktarlarını hesaplayalım. Örneğin **1.olaslığa baktığımızda**
- 2 ağır sınıf helikopter her bir turda toplam 2 atış gerçekleştirdiği için her biri $2 \times 8 = 16$ ton su harcar bu durumda 2 ağır sınıf helikopter $16 \times 2 = 32$ ton su harcar
- 2 küçük sınıf helikopter her bir turda toplam 3 atış gerçekleştirdiği için $3 \times 3 = 9$ ton su harcar. Bu durumda 2 küçük sınıf helikopter $2 \times 9 = 18$ ton su harcar.
- 1 hafif sınıf helikopter her bir turda 4 atış gerçekleştirdiği için $1 \times 4 = 4$ ton su harcar. Bu durumda toplam harcanan su $32 + 18 + 4 = 54$ ton

olaslıklar	Toplam harcadıkları su miktarı (ton)
1.olaslık	54
2.olaslık	51
3.olaslık	46
4.olaslık	59
5.olaslık	48
6.olaslık	43



Tüm olaslıkları göz önüne aldığımızda su miktarını en az tutarak tüm bölgeyi söndürecek ihtimal 6.olaslıktır.tüm bölgeyi 43 ton kullanarak söndürebilir. Diğer olaslıklara baktığımızda 43 ton dan daha fazla su kullanmamız gerekir. Bu nedenle bu yangını en hızlı ve ekonomik şekilde 3 küçük sınıf helikopter ve 4 hafif sınıf helikopter kullanarak söndürebiliriz.

Haftalık Yönerge

Problem Durumu: Çevreyi kirleten atıklara çözüm olabilecek uygulamaları matematiksel modelleme yaparak açıklayınız.



Atık Nedir, Nasıl Sınıflandırılır?

- Atık ihtiyaç duymadığımız ve uzaklaştırmak istediğimiz her tür madde atık olarak tanımlanabilir.
- Çevre Mevzuatı'na göre ise:
 - Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal.
 - Atık Türleri
 - A- Tehlikesiz Atıklar
 - 1- Evsel Atıklar
 - 2- Evsel Nitelikli Endüstriyel Atıklar
 - 3- Ambalaj Atıkları
 - B- Tehlikeli Atıklar
 - C- Tıbbi Atıklar
 - D- İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

Gerİ Dönüşüm Nedir?



- Geri dönüşüm terim olarak, kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile ham madde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır.
- Tüketilen maddelerin yeniden geri dönüşüm halkası içine katılması ile öncelikle ham madde ihtiyacı azalır. Böylece insan nüfusunun artışı ile paralel olarak artan tüketimin doğal dengesi bozması ve doğaya verilen zarar engellenmiş olur. Bununla birlikte yeniden dönüştürülebilen maddelerin tekrar ham madde olarak kullanılması büyük miktarda enerji tasarrufunu mümkün kılar. Örneğin, yeniden kazanılabilir alüminyumun kullanılması alüminyumun sıfırdan imal edilmesine oranla %35'e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Gerideönüştürülebilir Maddeler:

Kağıt Cam Organik Plastik Metal

- Cam
- Kağıt
- Alüminyum
- Plastik
- Piller
- Beton
- Organik atıklar
- Elektronik atıklar
- Demir
- Tekstil
- Ahşap
- Metal
- Solvent Bazlı Atıklar

PROBLEM:
 Bir deterjan firması, iklim krizi ve çevre kirliliğinin en önemli sebepleri arasında yer alan çevresel atıkların yeniden döngüye dahil edilmesi adına gerideönüştürülebilir atıklardan çocuklar için oyun parkı yapma projesi olan "İyilik için Kirlenmek Güzeldir." kampanyasını başlatmıştır.
 Proje kapsamında belediyeleri iş birliğiyle bu ilçelerdeki ilk ve orta öğretim okullarının önüne "İyilik için Kirlenmek Güzeldir Gerideönüşüm Kutuları" yerleştiriliyor, bu kutularda biriken plastik atıklar ayrıştırılarak gerideönüşüme gönderiliyor.

Buna göre; 23,5 ton plastikten 22000 TL, 18 ton cam atıktan 31000 TL, 27 ton atık kağıttan 21200 TL, 10 ton metal atıktan 44400 TL kazanç elde edilmiştir. Bir oyun parkının maliyeti yaklaşık olarak 15000 TL olduğuna göre bu kampanyada atık çeşidi oyun parkının yapılması için daha fazla gelir sağlar? Hep birlikte bulalım!



Ton başına elde edilen gelirleri hesaplayalım:

• **Plastik için:**
 23,5 ton plastikten 22000 TL elde ediliyorsa

1 ton plastikten ?
 ? = 936,17 TL gelir elde edilir.

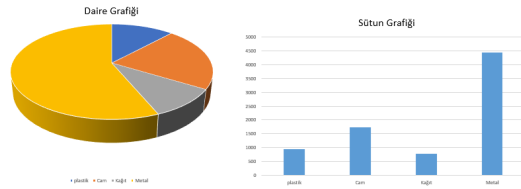
• **Cam için:**
 18 ton camdan 31000 TL gelir elde ediliyorsa

1 ton camdan ?
 ? = 1722,22 TL gelir elde edilir

• **Kağıt için:**
 27 ton kağıt atıktan 21200 TL gelir elde ediliyorsa
 1 ton kağıt atıktan ?
 ? = 785,18 TL gelir elde edilir.

• **Metal için:**
 10 ton metal atıktan 44400 TL gelir elde ediliyorsa
 1 ton metal için ?
 ? = 4440 TL gelir elde edilir.

• **Matematiksel Modellemeler:**



Bu verilere dayanarak gerideönüştürülebilir atıklar arasında kazanç sıralaması olarak sırasıyla en çok metal sonra cam daha sonra plastik ve en az kazanç sağlayan kağıttır.

Bu verilere göre 1 tondan elde edilen kazanç yüzdeleri;

Gerideönüştürülebilir Atıklar	%
Metal	%56
Plastik	%12
Cam	%22
Kağıt	%10

Metal $\frac{4440}{7883,57} = 0,56$
 Cam $\frac{1722,22}{7883,57} = 0,22$
 Plastik $\frac{936,17}{7883,57} = 0,12$
 Kağıt $\frac{785,18}{7883,57} = 0,10$

Uygulama Sürecinden Örnek Görseller

