



EDUCATIONE

Matematiksel Modelleme ile Yapılandırılmış STEM Eğitiminin Akıl Yürütme Becerisi, Matematiksel Yeterlik ve Kaygıya Etkisi

The Effect of STEM Education Constructed with Mathematical Modeling on Reasoning Skills, Mathematical Competence, and Anxiety



Yazar Bilgisi/ Author Information

Sait BULUT

Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Antalya/Türkiye, saitbulut@akdeniz.edu.tr

Ali ÖZKAYA

Doç. Dr.,
Akdeniz Üniversitesi,
Eğitim Fakültesi,
Antalya/Türkiye,
ozkaya42@gmail.com

Ayşegül ORKUN

Y.L. Öğrencisi,
Akdeniz Üniversitesi,
Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
Antalya/Türkiye,
aysegulorkn@outlook.com

Sevcan Sümeyye PARLADI

Y.L. Öğrencisi,
Akdeniz Üniversitesi,
Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
Antalya/Türkiye,
sevcanparladi7@gmail.com

Gizem ŞAHİN

Sorumlu Yazar, Doktora
Öğrencisi, Eğitim Bilimleri
Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi,
Antalya/Türkiye,
gizemsahin242@gmail.com

Büşra TEZ

Y.L. Öğrencisi,
Akdeniz Üniversitesi,
Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
Antalya/Türkiye,
tezbusra35@gmail.com

Aslıhan BÖLÜKBAŞIOĞLU

Y.L. Öğrencisi,
Akdeniz Üniversitesi,
Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
Antalya/Türkiye,
aslihanbolukbasioglu4@gmail.com

Makale Bilgisi/ Article Info

Makale Türü/ Article Type : Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi/ Received : 30.09.23

Kabul Tarihi /Accepted : 20.04.24

Yayın Tarihi/Published : 31.05.24

Atıf / Cite

Bulut, S., Özkaya, A., Şahin, G., Orkun, A., Tez, B., Parladi, S. S. & Bölükbaşıoğlu, A. (2024). Matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitiminin akıl yürütme becerisi, matematiksel yeterlik ve kaygıya etkisi. *EDUCATIONE*, 3(1), 1-32.

Özet

Bu araştırmada, matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri, matematiksel yeterlik ve matematik kaygısına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde yer alan bir devlet üniversitesinde fen bilgisi eğitimi ana bilim dalında kayıtlı 3. sınıf öğretmen adayları (toplam 38 kişi) çalışma grubunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada iç içe karma desen kullanılmıştır. Verilerin toplanması için "Hipotetik Yaratıcı Akıl Yürütme Becerileri Envanteri", "Matematiksel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği", "Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği", "İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği" ve araştırmacılar tarafından oluşturulan görüş formu kullanılmıştır. Nicel verilerin analizinde bağımlı örneklemeler t-testi, nitel verilerin analizinde ise betimsel analiz ve içerik analizi yapılmıştır. Uygulama sürecinde matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM etkinlikleri 12 hafta boyunca teorik ve uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama süreci sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri, matematiksel modelleme öz yeterliği, matematik okuryazarlığı ve matematik kaygısı puanlarında son-test lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM etkinliklerinin gerçek yaşam problemlerinin çözümünde bilimsel tahminlerden ve sayısal verilerden yola çıkılarak akıl yürütme becerilerinin gelişmesinde etkili olduğu, bu süreç ile birlikte matematiksel modelleme becerilerinin ve matematik okuryazarlığının arttığı ifade edilebilir. Bu doğrultuda matematiksel yeterliklerinde olumlu yönde değişim yaşandığı aynı zamanda matematik kaygılarının da azaldığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *STEM, Matematiksel modelleme, Akıl yürütme, Matematiksel yeterlik, Matematik kaygısı*

Abstract

In this study, it was aimed to examine the effect of STEM education structured with mathematical modeling on the reasoning skills, mathematical competence and mathematics anxiety of pre-service science teachers. A group of 38 third-year pre-service science teachers enrolled in the Science Education Department of a state university in the Mediterranean region of Turkey constitute the study group. This study used an embedded mixed design. "Hypothetico-Creative Reasoning Skills Inventory," "Self-Efficacy Scale for Mathematical Modeling Competencies," "Self-Efficacy Scale for Mathematics Literacy," "Bidimensional Mathematics Anxiety Scale," and the opinion form created by the researchers were used to collect the data. Quantitative data was analyzed using a dependent samples t-test, while qualitative data was analyzed using descriptive analysis and content analysis. During the implementation process, STEM activities structured with mathematical modeling were carried out theoretically and practically for 12 weeks. After the implementation process, a significant difference was detected in favor of the posttest in the reasoning skills, mathematical modeling self-efficacy, mathematical literacy, and mathematics anxiety scores of the pre-service science teachers. As a result of the research, STEM activities structured with mathematical modeling effectively develop reasoning skills based on scientific predictions and numerical data in solving real-life problems. With this process, it can be said that mathematical modeling skills and mathematical literacy have increased, and accordingly, there has been a positive change in their mathematical competencies. At the same time, their mathematics anxiety has decreased.

Keywords: *STEM, Mathematical modeling, Reasoning skills, Mathematical competencies, Mathematics anxiety*

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

This study can be an example of how mathematical knowledge and skills can be increased by reducing the fear of numerical data and mathematical calculations in creating a logical thinking structure based on scientific predictions and numerical data in solving real-life problems. With an interdisciplinary perspective to create STEM activities to solve everyday problems, it becomes crucial for individuals to recognize the role of mathematics in everyday life. In this context, understanding the mathematical modelling process that can be used in integrating the discipline of mathematics while conducting STEM activities may become a necessity for individuals. In addition, this study considers that generating solutions to environmental problems, identified as problem situations in the context of mathematical modelling applications, can provide ideas for activities to address environmental issues. This study aimed to examine the effect of STEM education structured with mathematical modelling on pre-service science teachers' reasoning skills, mathematical competence, and mathematics anxiety. Within the scope of the research, answers to the following sub-problems were sought:

1. Is there a significant difference between the pretest-posttest scores of pre-service science teachers' reasoning skills?
2. Is there a significant difference between the pretest-posttest scores of pre-service science teachers' mathematical modelling self-efficacy?
3. Is there a significant difference between pre-test and post-test scores of pre-service science teachers' mathematical literacy self-efficacy?
4. Is there a significant difference between pre-service science teachers' mathematics anxiety pretest-posttest scores?
5. What are the opinions of pre-service science teachers about the education process?

Method

This study used an embedded mixed design. The research questions were largely related to quantitative data. The quantitative part of the research consisted of a single-group pretest-posttest experimental design. The qualitative method was linked to the quantitative study and included in the research at the end of the experimental process to support and interpret the quantitative data. A group of 38 third-year pre-service science teachers enrolled in the Science Education Department of a state university in the Mediterranean region of Turkey constitute the study group. "Hypothetico-Creative Reasoning Skills Inventory," "Self-Efficacy Scale for Mathematical Modeling Competencies", "Self-Efficacy Scale for Mathematics Literacy", "Bidimensional Mathematics Anxiety Scale", and the opinion form created by the researchers were used to collect the data. The quantitative data was analyzed using dependent samples t-test, while qualitative data was analyzed using descriptive analysis and content analysis. In the selection of the subject scope for mathematical modelling applications (Doğan et al., 2018), which enable the search for solutions to real-life problems (Doğan et al., 2018), 5 mathematical modelling activities were planned to be carried out in the application process, taking into account the search for solutions to the problems caused by human-induced environmental problems in ecosystems (Dandotiya & Sharma, 2022). In the activities, the topics of excessive energy use, climate change, forest destruction, waste, and drought were addressed. It was determined that the data showed normal distribution and dependent samples t-test was used in pre-test-post-test comparisons. Descriptive analysis and content analysis were used to analyze the qualitative data.

Findings

A significant difference was detected in favor of the posttest in the reasoning skills ($\bar{X}_1=84.34$; $\bar{X}_2=92.53$), mathematical modeling self-efficacy ($\bar{X}_1=60.00$; $\bar{X}_2=67.95$), mathematical literacy ($\bar{X}_1=88.34$; $\bar{X}_2=96.05$) and mathematics anxiety ($\bar{X}_1=42.63$; $\bar{X}_2=34.24$) scores of the pre-service science teachers. In addition, according to the views of the participants, there were positive effects in terms of associating mathematics with daily life, providing ease in understanding the problem, concretization, igniting interest, gaining information about modelling, linking different disciplines, looking at life from a different perspective, giving ease in solving the problem, mathematical thinking, detailed, systematic thinking, learning without memorizing. Conversely, it was also stated that it had a negative effect in terms of being thorough, challenging, time-consuming, and boring. In terms of environmental problems, it is thought to affect the subject basis in terms of concretizing ecological problems and solutions with data, guiding in solving environmental issues, raising awareness about ecological concerns, and creating a permanent effect on people.

Results and Discussion

As a result of the research, STEM activities structured with mathematical modeling effectively develop reasoning skills based on scientific predictions and numerical data in solving real-life problems. With this process, mathematical modeling skills and mathematical literacy have increased, and accordingly, there has been a positive change in their mathematical competencies. At the same time, their mathematics anxiety has decreased. Positive qualitative findings support a positive view of mathematics as a discipline. It can be argued that reducing individuals' negative perceptions of mathematics, increasing their knowledge and skills in mathematics, and simultaneously decreasing mathematics anxiety can be achieved by making mathematics functional in everyday life (Kaiser et al., 2002) and associating mathematics with real-life problems (Yiğit-Koyunkaya et al., 2018). Furthermore, considering that reasoning skills are involved in processing information and drawing conclusions based on the available information (Lawson, 2004), it can be stated that teacher candidates' ability to relate mathematics to daily life, to understand and solve problems based on the knowledge gained in the modelling process, and the positive perception of thinking skills contribute to the development of reasoning skills. Considering the ease of the mathematical modelling process in understanding and solving the identified problem, it can be expressed as an expected outcome that the modelling process supports the solution of environmental problems considered real issues. STEM education, which has recently gained prominence in educational settings, is based on an interdisciplinary approach (İnci & Kaya, 2022). In innovative environmental education activities, a multidisciplinary approach is crucial, and it is essential to plan ecological education with a contemporary perspective that aims to instill environmental awareness in individuals (Köseoğlu & Erten, 2022). The advanced problem-solving process of mathematical modelling, integrated with STEM education, can be considered a guide for solving environmental problems.

GİRİŞ

Bireyler, günlük yaşantılarında birçok problemle karşılaşmaktadır. Bireylerin karşılaşabileceği problemler bulaşıcı hastalıklar, küresel ısınma gibi sosyal ve doğal olguları içerebildikleri için standart çözüm yolları üretmek yeterli gelmemektedir (Kim ve Lee, 2022). Bu gibi karmaşık problemlerin çözümüne yönelik olarak bireylere eğitim sürecinde yol gösterilmesi önemlidir. Bu sebeple, karşılaşılan problemlerin karmaşıklığı standart çözüm yolları haricindeki seçenekleri de gerekli hale getirmektedir (Ütkür-Güllühan, 2021). Problem çözme denildiğinde, hedef ve en önemli bileşenlerinden birinin problem çözme olduğu matematik disiplini (Anderson, 2009) doğrudan akla gelebilir. Çünkü problem çözme, matematik öğretiminde merkezi bir öneme sahiptir (The National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Günlük yaşam ile matematiğin ilişkilendirilmesi için bireylerin, karşılaştığı problemlerin çözümünde matematiğin oynadığı rolü kavraması ve matematiksel olarak düşünebilmesi önemlidir (The Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2006).

Analiz etme, akıl yürütme, yorum yapma, tahmin etme, değerlendirme ve yansıtma gibi aşamaları içeren önemli bir yaşam becerisi olarak kabul edilen problem çözme sürecinde (Stacey, 2005) matematik disiplinine ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda, matematiğin günlük hayatla ilişkilendirilmesi sürecinde ve problem çözme basamaklarında ortaya çıkabilecek herhangi bir olumsuzluğun, karşılaşılan problemlerin çözümünün gerçekleştirilememesine sebebiyet verebileceği düşünülebilir. Yiğit-Koyunkaya ve diğerleri (2018), öğretmen adaylarının matematiği günlük yaşamla ilişkilendirme hakkındaki düşüncelerini ele aldıkları çalışmalarında öğretmen adaylarının yapmış oldukları etkinliklere matematiği entegre etme konusunda zorlandıklarını tespit etmiş, günlük yaşam ile matematiğin ilişkilendirilmesinin gerekli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aylar (2017), öğretmen yetiştirme sürecinde problem çözmeyi ele aldığı çalışmasında teorik bilgi ve pratik arasında kurulan bağın zayıf olması ile öğretmen adaylarının problem çözme konusunda zorluklar yaşadığı ve problem çözme aşamalarına yeterince önem vermedikleri sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca Işık ve diğerleri (2008), yapılan uygulamalarda matematiğine yönelik kaygının oluşabileceğini, eğitimin mümkün olduğunca matematik kaygısına sebebiyet verilmeden gerçekleştirilmesinin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Kaygı, bireyin tehlike olarak gördüğü durumlardan korkma hali (Şahin, 2019) olarak ifade edilebilir. Karşılaşılan problemlerin çözüm sürecinde ise meydana gelen matematik kaygısı, matematik disiplinini kullanmaya yönelik oluşan gerginliği ifade etmekte olup öğrenmeyi engelleyen bir faktördür

(Miller ve Mitchell, 1994). Örneğin İşleyen ve Altun (2017), sosyal bilimler alanında öğrenim gören lisans öğrencileri üzerinde yaptıkları çalışmalarında öğrencilerin matematik disiplinine yönelik karamsar bir tutum ve kaygıya sahip oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Matematik kaygısına sebep olan bilişsel ve duyuşsal birçok faktör bulunmaktadır (Bekdemir vd., 2004). Bu faktörlere; bireylerin sahip olduğu farklı kişilik tipleri, matematik altyapısı (Hembree, 1990; Sloan vd., 2002), güven eksikliği, matematik dersinde gösterdiği başarı düzeyi (Sloan vd., 2002; Stuart, 2000), olumsuz okul deneyimleri (Jackson ve Leffingwell, 1999; Trujillo ve Hadfield, 1999), öğretmen davranışları (Jackson ve Leffingwell, 1999) vb. unsurlar örnek verilebilir. Matematik kaygısını oluşturan unsurlara göz atıldığında okuldaki matematik öğretimi ve öğretmenlerin tepkisinin ön plana daha çok çıktığı söylenebilir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda, bireylerde matematiğe yönelik olumsuz algıların oluşmasına mümkün olduğunca izin vermeyecek şekilde eğitimin düzenlenmesi gerektiği fikri ön plana çıkmaktadır. Burada dikkat edilecek önemli bir husus matematiksel bilgi ve becerilerin sadece okul matematik öğretim programı içerisinde uygulanabilirliği değil, aynı zamanda günlük hayatta da işlevsel hale getirilmesidir (Kaiser vd., 2002). Bu sayede bireyler, matematiğin temelinde gerçek yaşam problemlerinin var olduğunu (Yiğit-Koyunkaya vd., 2018) fark ederek ve matematiğe yönelik bilgi ve becerilerini kullanarak matematik okuryazarı bireyler haline gelebilecektir.

Matematik okuryazarlığını arttırmaya yönelik uluslararası alanda yapılan çalışmalarda OECD ve NCTM gibi kuruluşların değerlendirmeleri önemli rol oynamaktadır. Örneğin OECD'nin geliştirdiği PISA (Programme for International Student Assessment) uygulamasına göre matematik okuryazarlığı ile bireylerde problem çözme becerileri, muhakeme becerileri, çözüm üretme sürecinde farklı alanların bilgilerini kullanabilme gibi becerilerin ön plana çıktığı gözlemlenmektedir (Kaiser vd., 2002; Özgen ve Bindak, 2008). Literatürde çeşitli tanımlar bulunmakla birlikte matematik okuryazarlığı, matematiğe yönelik üst düzey düşünme becerilerine, problem çözme, muhakeme yapma ve matematiksel modelleme gibi matematiksel yeterliklere sahip olma durumudur (Kramarski ve Mizrachi, 2004; Meaney, 2007; Niss ve Højgaard, 2011).

Matematiksel modelleme, 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir araç olarak (NCTM, 2000) yaşantımızda karşılaştığımız problemlerin matematik yardımıyla çözüldüğü, açıklandığı ve yorumlandığı bir süreç olarak tanımlanabilir (Bukova-Güzel vd., 2016). Aynı zamanda problem çözme, matematiksel düşünme,

muhakeme yapma becerileri gibi matematiksel modelleme de matematiksel okuryazarlığın temelini oluşturmaktadır (OECD, 2006). Literatüre bakıldığında, matematiksel modelleme sürecini ifade eden çeşitli açıklamalar bulunmakta olup (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013; Pollak, 1997; Stillman vd., 2007) genel olarak; gerçek dünya probleminin tanımlanması, problem ile ilgili faktörlerin/değişkenlerin belirlenmesi, gerçek dünya probleminin matematiksel bir problem olarak ele alınması, gerekli matematiksel ifadelerin belirlenmesi ve kullanımı, ortaya çıkan sonuçların gerçek dünyaya uyarlanması, sonuçların doğruluğunun değerlendirilmesi aşamalarını içermektedir. Matematiksel modelleme problem çözmede, bireylere farklı bakış açısı kazandırmada önemli olup problem çözme ile ilgili uygulama güçlüklerinin olduğu durumlarda tahminlerle, öngörü ve modellerle problemi çözmeyi sağlamaktadır. Bu sebeple matematiksel modelleme sadece matematik alanında değil mühendislik, teknoloji, ekonomi ve diğer alanlarda kullanılmaktadır (Tutak ve Güder, 2014). Bireylerin bu süreçte akıl yürütme becerilerini de kullandığı söylenebilir. Bilginin ele alınması ve eldeki bilgiler doğrultusunda sonuç çıkarmak için kullanılan zihinsel yaklaşımlar ortaya koyma sürecinin akıl yürütme becerilerini temsil ettiği (Lawson, 2004) gibi matematiksel modelleme sürecini de temsil ettiğini düşünmek yanlış olmayacaktır. Çünkü matematiksel modelleme sürecinde öğrenciler gerçek yaşamda kullanabilecekleri zihinsel modeller oluşturmaktadır (English, 2008). Alan yazında akıl yürütme becerilerini ele alan çalışmalarda genel olarak değişkenlerin kontrolü, hipotetik tümdengelsel akıl yürütme, tümevarımsal akıl yürütme, nedensel ve ilişkisel akıl yürütme ve olasılıksal akıl yürütme süreçleri ele alınmaktadır (Lawson, 1978; Zimmerman, 2007). Matematiksel modelleme ile yapılan birçok çalışmaya bakıldığında (Bliss vd., 2014; Edwards ve Hamson, 2007; Güder ve Gürbüz, 2018), tek bir doğru cevabı olmayan gerçek yaşam problemlerinin ele alındığı, gerçek yaşam durumlarının açıklanmasında ve problemlerin çözümünde tahmin etme, karar verme, yaratıcı düşünme gibi becerilere ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmektedir. Akıl yürütme becerilerine göz atıldığında hipotetik-yaratıcı akıl yürütme becerisinin özellikleri ile matematiksel modelleme sürecinin benzerlik gösterdiği söylenebilir. Lawson (1995)'in hipotetiksel tümdengelsel akıl yürütme becerisi veya Piaget'in soyut işlemler döneminde yer alan mantıksal muhakeme becerileri, yaratıcı ve özgün düşünme becerisini ele alan, varsayımlara dayalı tahminleri içeren, yaratıcı düşünmeyi ele alabilen, soyut işlemlerin yer aldığı bir akıl yürütmedir (Duran, 2014). Bu sebeple, akıl yürütme becerileri varsayımlara dayalı tahminlerden sonuca ulaşma, yaratıcı düşünme, soyut işlemleri gerçekleştirebilme yönünden (Duran, 2014) matematiksel modelleme sürecinin ilerleyişi için önemlidir.

Bu süreçte ayrıca günlük yaşam problemlerinin karmaşıklığı ile baş edebilmek amacıyla farklı disiplinler arasında bağlantı kurmanın önemli olduğu söylenebilir. Bir disiplinin bilgisiyle problemlerin çözülebilirliği düşüncesi, geleneksel bakış açısını ortaya koymakta ve bu bakış açısı sorunları çözmede yeterli gelmemektedir (Kim ve Lee, 2022). Karşılaşılan problemlere STEM eğitiminde bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşmaktadır. Bu yönüyle matematiksel modellemenin STEM eğitimde rahatlıkla kullanılabileceğini söylemek mümkündür (Doğan vd., 2018).

Literatürde yer alan çeşitli çalışmaların sonuçlarına göz atıldığında; geleneksel-standart problem çözme sürecinin günümüzde bireylerin gereksinim duyduğu akıl yürütme, problem çözme, ilişkilendirme, matematiksel okuryazarlık gibi temel becerileri kazandırmaya yetmediği (Mousoulides vd., 2006, Zawojewski vd., 2003), soyut işlemleri içeren akıl yürütme sürecinde öğrencilerin değişkenleri belirleyememe, çözüm yolları ile çözüm süreci için gereken kavramları ilişkilendirememe, gerekli varsayımları oluşturamama, farklı durumlar için çözümler ortaya koyamama, durumlar arası karşılaştırma yapamama, mantıklı ve ilişkili fikirler ortaya koyamama durumlarıyla karşılaştığı (Erlina vd., 2018) ifade edilmiştir. Matematik disiplini günlük yaşam problemlerini çözme sürecinde önemli bir unsur (Işık vd., 2008) olarak kabul görse de güven eksikliği, matematik dersinde yaşanan başarısızlıklar (Sloan vd., 2002; Stuart, 2000) ve benzeri sebeplerle bireylerin matematiği kullanma konusunda tedirgin hissetme, matematik kaygısına sahip olma durumunun olduğu gözlemlenmiştir. Karşılaşılan bu gibi durumlar bireyin öğrenme faaliyetlerini engellemektedir (Miller ve Mitchell, 1994). Bu nedenle var olan olumsuz düşüncelerin devam etmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Disiplinler arası entegrasyon sürecinde matematik bilgi ve becerilerinin matematiğin gerçek yaşam ile ilişkilendirilmesine imkan tanıyacak şekilde ele alınması ve bu gibi uygulamaların gerçekleştirildiği öğrenme ortamlarının artırılması gerekliliği (Arslan ve İlkörücü, 2018) göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca Bekdemir (2007), matematik öğretmen adaylarının matematik kaygılarını incelediği çalışmasında öğretmen adaylarının az ya da çok miktarda kaygıya sahip olduklarını tespit etmiş olup bu durumun matematik alanı dışındaki öğretmen adaylarının da matematik kaygısına sahip olma olasılığını arttırabileceğini düşünmektedir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda; bu çalışmanın gerçek yaşam problemlerinin çözümünde bilimsel tahminlerden ve sayısal verilerden yola çıkılarak mantıklı düşünme yapısının oluşturulmasında, sayısal veriler ve matematiksel hesaplamalara karşı yaşanan korkunun azaltılarak, matematiksel bilgi ve becerilerin arttırılabileceğine yönelik yol göstermesi açısından örnek olabileceği öngörülmektedir. Disiplinler arası bakış açısı oluşturarak günlük yaşam

problemlerinin çözülmesini amaçlayan STEM etkinlikleri, bireylerin matematiğin günlük yaşamdaki yerini fark etmeleri bakımından önemlidir. Bu doğrultuda, STEM etkinliklerini gerçekleştirirken matematik disiplininin entegrasyonunda kullanılacak matematiksel modelleme süreci hakkında fikir sahibi olunması, bireyler için bir ihtiyaç haline gelebilir. Ayrıca bu çalışmada matematiksel modelleme uygulamaları kapsamında problem durumu olarak belirlenen çevre sorunlarına yönelik çözüm oluşturma sürecinin çevreye yönelik yapılacak etkinlikler için fikir verebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri, matematiksel yeterlik ve matematik kaygısına etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır:

1. Fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
2. Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
3. Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığı öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
4. Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematik kaygısı öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
5. Fen bilgisi öğretmen adaylarının eğitim sürecine ilişkin görüşleri nelerdir?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Araştırmada iç içe karma desen kullanılmıştır. İç içe karma desende nicel veya nitel desenin yürütülmesi sırasında, öncesi veya sonrasında diğer desen olan nitel veya nicel desene ait veriler toplanıp çözümlenebilmektedir (Creswell ve Plano-Clark, 2011) Nicel ve nitel verileri içeren iç içe karma desende nicel veriler, nitel verilerle desteklenebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 327). Bu doğrultuda araştırma soruları büyük ölçüde nicel verilerle ilişkilendirilmiştir. Araştırmanın nicel kısmını tek grup öntest-son test deneysel deseni oluşturmaktadır. Nitel yöntem nicel çalışmayla ilişkilendirilerek nicel verilerin desteklenmesi ve yorumlanması amacıyla deneysel işlem sonunda araştırmaya dahil edilmiştir.

Çalışma Grubu

Bu araştırma, 2021-2022 eğitim öğretim yılında bahar döneminde, Akdeniz Bölgesinde yer alan bir devlet üniversitesi eğitim fakültesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunu fen bilgisi eğitimi ana bilim dalında kayıtlı 3. sınıf öğretmen adayları (N= 38, 31 Kız, 7 Erkek) oluşturmaktadır. Zaman ve maliyet gibi sınırlılıklar göz önünde bulundurularak öğretmen adaylarının seçiminde kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme (Büyüköztürk vd. 2018, s. 95) kullanılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Hipotetik Yaratıcı Akıl Yürütme Becerileri Envanteri: Duran (2014) tarafından geliştirilen 23 maddelik yüzdelerle derecelendirme (% 20, % 40, % 60, % 80, % 100) yapılan ölçek beş alt boyuta (hipotetik düşünme ve yaratıcılık, oranlı düşünme, değişkenleri belirleme ve kontrol etme-kombinezonlu düşünme, korelasyonel düşünme, olasılıklı düşünme) sahiptir. Envanterin alt boyutlarını ihmal ederek toplam puan üzerinden yapılan analizlerde envanterin tamamından alınabilecek maksimum puan 115, minimum puan ise 23'tür. Envanterden yüksek puan alınması, katılımcının Lawson (1995)'in hipotetikselsel tümdengelmisel akıl yürütme becerisi veya Piaget'in soyut işlem dönemi mantıksal muhakeme becerilerine dair algısı ve yaratıcı, özgün düşünme becerisine ilişkin algısının yüksek olduğunu, alınan düşük puanlar ise mantıksal muhakeme ve yaratıcı düşünme becerisine ilişkin algısının düşük olduğu anlamına gelmektedir. Faktör analizi için hesaplanan KMO değeri .84, CFI .90, GFI .87, RMSEA .056 olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktörler toplam varyansın % 52.97'sini açıkladığı tespit edilmiştir. Cronbach Alfa güvenilirlik değeri ölçeğin tamamı için .89, alt boyutlar bakımından sırasıyla .85, .71, .67, .73, .65 olarak hesaplanmıştır (Duran, 2014). Bu çalışmada elde edilen Cronbach Alfa değeri .95 iken alt boyutlar bazında sırasıyla .91, .87, .84, .85, .87 bulunmuştur.

Matematisel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği: 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 Alfa güvenilirlik değeri .91 olarak hesaplanmıştır (Koyuncu vd., 2016). Bu çalışmada Cronbach Alfa değeri .96 bulunmuştur.

Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği: 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 $X^2=3260.50$, $p<.01$ olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktör toplam varyansın % 42.85'ini açıkladığı tespit edilmiştir. Cronbach Alfa güvenirlik katsayısı .94 olarak hesaplanmıştır (Özgen ve Bindak, 2008). Bu çalışmada Cronbach Alfa değeri .93 bulunmuştur.

İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği: Bai vd. (2009) tarafından geliştirilen Akçakın vd. (2015) tarafından Türkçeye uyarlanan 14 maddelik 5'li likert tipindeki ölçek "pozitif etki" ve "negatif etki" olmak üzere iki alt boyuta sahiptir. Negatif etki alt boyutunda ölçek puanlaması "1: Kesinlikle Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum" şeklindeyken pozitif etki alt boyutunda puanlama tam tersi ile yapılmaktadır. Faktör analizi için hesaplanan KMO değeri .94 ve Bartlett testi değeri ise $X^2_{(91)}= 3169.944$; $p<.05$ olarak hesaplanmış olup tespit edilen faktörler toplam varyansın % 58.39'unu açıkladığı tespit edilmiştir. Cronbach Alfa güvenirlik değeri ölçeğin tamamı için .91, pozitif ve negatif alt boyutlar ise sırasıyla .84 ve .90 olarak hesaplanmıştır (Akçakın vd., 2015). Bu çalışmada elde edilen Cronbach Alfa katsayısı .96 iken alt boyutlar bazında sırasıyla .92 ve .97 bulunmuştur.

Görüş Formu/Soruları: Hazırlanan görüş formu ile uygulama sürecinin etkilerini incelemek amacıyla 38 öğretmen adayının yazılı olarak görüşleri alınmıştır. Nitel veriler nicel verilerin incelenmesi sonucu ortaya çıkan sonuçların açıklanması, yorumlanması için elde edilebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 327). Bu sebeple görüş soruları oluşturulmuştur. Uzman görüşlerine başvurulduktan sonra öğretmen adaylarına yöneltilmiştir. Bu bağlamda, uygulama sürecinin değerlendirilmesine yönelik olarak "Gerçekleştirilen eğitimde yapılan matematiksel modellemelerin olumlu ya da olumsuz ne gibi etkileri olduğunu düşünüyorsunuz?" ve "Çevre sorunlarına yönelik yapılan matematiksel modellemelerin herhangi bir etkisi/etkileri olduğunu düşünüyor musunuz? Etkisi olduğunu düşünüyorsanız açıklayabilir misiniz?" soruları aracılığıyla çevre sorunlarının entegre edildiği matematiksel modellemeler hakkında fikirlerini belirtmeleri beklenmiştir.

Verilerin Toplanması

Veri toplama araçları ile verilerin toplanabilmesi amacıyla ölçek kullanım izinleri, Etik Kurul izni (Akdeniz Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 30.11.2021 tarih ve 416 sayılı onayı) ve uygulama izni (Eğitim Fakültesi izni) alınmıştır.

Uygulama Süreci

1. Fen bilgisi öğretmen adaylarının STEM etkinlikleri kapsamında ele alınan günlük yaşam problemlerini çözmeye yönelik akıl yürütme becerileri ve matematiksel modellemenin günlük hayattaki yerini irdeleyebilmeleri açısından STEM entegrasyonunda yer alan matematik disiplinine yönelik bakış açılarını ele alabilmek amacıyla araştırmanın kapsamına uygun olabileceği düşünülen veri toplama araçları alan yazın taraması sonucunda belirlenmiştir.

2. Gerçek yaşam problemlerine çözüm yolları aramayı sağlayan matematiksel modelleme uygulamaları (Doğan vd., 2018) için konu-kapsamın seçiminde dünya genelinde insan kaynaklı çevre sorunlarının ekosistemlerde meydana getirdiği problemlere (Dandotiya ve Sharma, 2022) yönelik çözüm arayışları dikkate alınarak uygulama sürecinde 5 matematiksel modelleme etkinliği yapılması planlanmıştır. Eğitim süreci toplam 12 hafta sürmüştür.

3. 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 4-5'er kişilik gruplara ayrılmış olup öğretmen adaylarına verilen talimatlar doğrultusunda (belirlenen çevre sorunlarına çözüm üretmek amacıyla matematiksel modelleme kriterleri doğrultusunda matematiksel modellemelerin yapılması ve sunulması) deneysel işlem gerçekleştirilmiştir. Dikkat edilmesi gereken kriterler doğrultusunda öğretmen adayları süreç içerisinde gözlemlenmiştir.

4. Matematiksel modellemelerin yapılmasında öğretmen adaylarına "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" aşamalarından (Borromeo-Ferri, 2006; Hıdıroğlu vd., 2014; Pollak, 1997) bahsedilmiş olup öğretmen adaylarının bu aşamalar doğrultusunda çevre sorunlarına yönelik çözüm üretmeleri istenmiştir. Disiplinler arası entegrasyonun sağlanması ve ortak bir bağlamın oluşturulması için

bahsedilen aşamaların haricinde STEM yaklaşımından faydalanılmış olup burada disiplinlerin entegrasyonu, model oluşturma aşamasına geçilmeden önce problemin çözümünde etkili olabileceği düşünülen alanların dahil edilmesi ile sağlanmaktadır (Doğan vd., 2018).

5. Öğretmen adayları uygulama sürecinde STEM yaklaşımı aracılığıyla oluşturdukları matematiksel modelleme etkinliklerini somutlaştırmak amacıyla karton, mukavva vb. malzemelerle somut modelleri (Örnek: Şekil 2’deki ilk görselde öğretmen adaylarının kuraklığa karşı yağmur suyu depolama sistemini ifade eden somut modeli görülmektedir) tasarlamışlardır. Ayrıca öğretmen adaylarının oluşturdukları matematiksel modellemeler ve somut modeller doğrultusunda fen, matematik bilgisinin teknoloji ve mühendislik disiplinleriyle harmanlanarak gerçeğinin bir prototipini oluşturmak amacıyla robotik ve kodlama uygulamaları araştırmacılar tarafından modelleme sürecine dahil edilmiştir. Bu bağlamda oluşturulan matematiksel modellemelerin günlük yaşama aktarılabilirliğine yönelik örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır. 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 (modelleme nedir, geleneksel matematik problemlerinden farkı nedir, modellemede tek bir çözüm yöntemi olmadığı, sonuçtan ziyade sürece odaklanmaları gerektiği, matematiksel modelleme örneklerinin sunulması öğrencilerin sürece aşına olmaları)
7. Hafta	Etkinlik 1: Enerji kullanımının, elektrik faturası tutarının azaltılmasına yönelik çözüm üretme
8. Hafta	Etkinlik 2: İklim değişikliğine çözüm üretme
9. Hafta	Etkinlik 3: Orman tahribatına çözüm üretme
10. Hafta	Etkinlik 4: Çevreyi kirleten atıklara çözüm üretme
11. Hafta	Etkinlik 5: Kuraklığa çözüm üretme
12. Hafta	Gerçeğinin prototipini oluşturma (Öğretmen adaylarının sundukları modelleme etkinliği önerisi doğrultusunda somut örnekler oluşturma etkinliği – Örnek: Orman yangını uyarı sistemi (Orman yangınlarının önlenmesi amacıyla belirlenen sıcaklık aralığı ve nem değerleri doğrultusunda uyarı veren elektronik devre elemanlarından oluşturulmuş devre modeli, kullanılan malzemeler: Arduino UNO sensör seti)

Uygulama Sürecinden Modelleme Örneği ve Görseller

Matematisel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitimde öğretmen adayları tarafından hazırlanan modelleme örneği ve sürece dair örnek görseller aşağıdaki gibidir:

Problem Durumu: Orman tahribatına çözüm olabilecek uygulamaları matematisel modelleme yaparak açıklayınız.

ORMAN TAHRİBATI NEDİR?

- 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 sahalarda rüzgâr erozyonunu artırmıştır. Bu ise çölleşmeye neden olmaktadır.

İhmal, dikkatsizlik ve doğal nedenler nedeniyle çıkan orman yangınlarının sebepleri sıralaması

- İhmal ve dikkatsizlik nedeniyle çıkan orman yangınları
- Ormanda güvenlik tedbirleri alınmadan ateş yakılması
- Yakılan ateşin söndürmeden bırakılması
- Sönmemiş sigara izmariti ve kibritin yere atılması
- Orman içinde veya bitişindeki tarlalarda istenmeyen ot veya anızın yakılması
- Gece aydınlatma için ormanda ateşle dolaşılması
- Cam ve cam kırıklarının ormanda bırakılması
- Çocukların orman içinde ateşle oynamaları
- Kastli çıkarılan orman yangınları
- Tarla veya otlakları genişletmek için ormanın bilerek yakılması
- Orman içinde yapılan kanunsuz işleri gizlemek için yangın çıkarılması
- Birlerinden intikam almak veya bir şeyi sabote etmek için yangın çıkarılması
- Yabani hayvanları uzaklaştırmak için yangın çıkarılması

Orman yangınlarını daha ortaya çıkmadan önlemek için alınacak tedbirleri maddeler halinde sıralayacak olursak:

- Orman Genel Müdürlüğü, yangın çıkma ihtimali yüksek yerleri tespit edip etkin önlemler almalı.
- Ormanda ateş yakılmamalı ve sigara izmaritleri yank olarak atılmamalıdır.
- Ormanlara yangın gözetleme kuleleri yapılmalıdır. Ayrıca yangın mevsimi boyunca yangın riski yüksek olan ormanlarda motorize yangın ekipleri bulundurulmalıdır.
- Yangın riskinin yükseldiği kurak mevsimlerde gerek duyulursa ormana giriş ve çıkışlar yasaklanmalıdır.
- Ormanlara cam ve cam kırıkları atılmamalıdır.
- Orman yangınlarında görev yapacak personele yangınla mücadele konusunda gerekli eğitim verilmelidir.
- Özellikle yangına hassas bölgelerdeki yerleşim birimlerinde oturan halka eğitici ve uyarıcı bilgiler verilmelidir.
- Yangına zamanında müdahale önemli. Bir yangın durumunda 177 yangın ihbar hattına zaman kaybetmeden haber verilmelidir.

PROBLEM DURUMU

Belediye Başkanı Ali Bey son zamanlarda ilçe ormanlarının çok zarar görmesinden dolayı, yan ormanları yeniden ağaçlandırmayı düşünmektedir. Bu ağaçları ateşe dayanıklı, en çok oksijen üreten ve düşük maliyeti olmasına göre nitelendirip seçecektir. Bu kriterler ile oluşabilecek herhangi bir yangın durumundaki hasarı en aza indirmek istemektedir. Aşağıda verilen ağaç türleri ve özelliklerine göre en düşük maliyetle hangi ağaç türünü seçmelidir? Seçtiği ağaç fidanlarının sayısını ve toplam maliyetlerini bulunuz. (Ağaçlandırılacak alan 10.000 m²lik = 1 hektar)

Ağaç Türü	Fiyatı (adet)	Dikilme Sıklığı	Günlük ürettiği Oksijen miktarı
Ladin	100 TL	5 metre aralıkla	24 kg
Kızılcım	50 TL	4 metre aralıkla	36 kg
Ardıç	30 TL	4 metre aralıkla	40 kg
Servi	60 TL	2 metre aralıkla	30 kg

Ağaçların ateşe dayanıklılık sırası
Servi> Ardıç> Ladin> Kızılcım

Ağaçlar	1hektara düşen ağaç	Toplam maliyet	Günlük toplam üretilen Oksijen
Ladin	380 tane	38.000 TL	9.120 kg
Kızılcım	600 tane	30.000 TL	21.600 kg
Ardıç	600 tane	24.000 TL	24.000 kg
Servi	2450 tane	147.000 TL	73.500 kg

Şekil 1. Öğretmen Adayları Tarafından Hazırlanmış Matematisel Modelleme Örneği



Şekil 2. Uygulama Sürecinden Örnek Görseller

Verilerin Analizi

Nicel verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla normallik varsayım testlerinden Kolmogorov-Smirnov testi 35'ten büyük örneklem büyüklüğünün olduğu araştırmalarda kullanılmaktadır (McKillup, 2012, s. 321-322). Bunun yanı sıra çarpıklık, basıklık katsayıları da verilerin dağılımlarının kontrol edilmesinde bir diğer parametrelerdir (Abbott, 2014; Demir vd., 2016). Bu bağlamda, araştırmada Kolmogorov-Smirnov testi, çarpıklık ve basıklık katsayıları incelenmiştir. Hesaplanan p değerinin 0.05'ten büyük (Büyüköztürk, 2011, s. 42), çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1.5 ile +1.5 aralığında olması normal dağılım olduğunu ifade etmektedir (Tabachnick ve Fidell, 2015). Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiş olup ön test-son test karşılaştırmalarında bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Ön test ve son test puanları arasında meydana gelen istatistiksel farklılıkların etki büyüklüğünün tespit edilmesi amacıyla Cohen's d değerleri hesaplanmıştır. Cohen's d değerleri; küçük (0.20), orta (0.50), büyük (0.80) etki olarak belirlenmiştir (Cohen, 1988). Nitel verilerin analizinde betimsel analiz ve içerik analizi

yapılmıştır. Belirgin olmayan yapıların tespitinde içerik analizi gerçekleştirilirken belirgin olan yapılar için betimsel analiz kullanılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 239). Her bir öğretmen adayı kodlama işlemi sırasında numaralandırılmıştır (Ö1, Ö2, ...). Öğretmen adaylarının uygulama sürecini olumlu ya da olumsuz etkileri bakımından değerlendirmelerine yönelik verdikleri cevaplar doğrultusunda tema ve kodlar oluşturulmuştur. Elde edilen verilerin inandırıcılığının arttırılması (Guba ve Lincoln, 1982) için yöntem üçgenlemesi, gözlemci üçgenlemesi, doğrudan alıntılama, uzman görüşüne başvurma seçenekleri kullanılmıştır. Belirlenen temalar altında ortaya çıkan kodların uygunluğu için görüş birliği kriteri (Miles ve Huberman, 1994) dikkate alınmış, uyum güvenirliliği $\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}} \times 100$ formülüyle % 93.83 olarak hesaplanmıştır. Kodlamada karşılaşılan uyumsuzluk problem çözmeye yönelik ifadelerin kodlama aşamasında ortaya çıkmış olup kimi öğretmen adayı çevreye yönelik olumlu etkisine vurgu yaparken kimi öğretmen adayı ise problem çözme konusunda daha genel ifadelerde bulunmuş aynı zamanda kendilerine olumlu etkisini vurgulamıştır. Bu sebeple “Çevre problemlerini çözmeye yol gösterme” kodunun haricinde “problemi çözmeye kolaylık sağlama” kodu da oluşturulmuştur.

BULGULAR

“Hipotetik Yaratıcı Akıl Yürütme Becerileri Envanteri”, “Matematiksel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği”, “Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği”, “İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği” ve görüş formundan elde edilen verilere aşağıda yer verilmiştir.

Araştırmanın Birinci Alt Problemine İlişkin Bulgular

“Fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” alt problemine ilişkin bulgulara Tablo 2’de yer verilmiştir.

Tablo 2. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Hipotetik Yaratıcı Akıl Yürütme Becerileri Envanteri Öntest-Sontest Puanlarına Ait Bağımlı Örneklemeler t-Testi Sonuçları

Alt Boyut	Test	N	\bar{X}	SS	SD	t	p	Cohen’s d
1.Hipotetik düşünme ve yaratıcılık	Ön Test	38	16.89	4.51	37	-2.629	.012*	.48
	Son Test	38	19.03	4.39				

Alt Boyut	Test	N	\bar{X}	SS	SD	t	p	Cohen's d
2. Oranlı düşünme	Ön Test	38	18.29	3.79	37	-2.109	.042*	.45
	Son Test	38	20.05	3.96				
3. Değişkenleri belirleme ve kontrol etme-kombinezonlu düşünme	Ön Test	38	23.79	3.31	37	-2.081	.044*	.39
	Son Test	38	25.13	3.52				
4. Korelasyonel düşünme	Ön Test	38	14.76	2.76	37	-2.292	.028*	.53
	Son Test	38	16.24	2.82				
5. Olasılıklı düşünme	Ön Test	38	10.60	2.33	37	-2.844	.007*	.63
	Son Test	38	12.08	2.36				
Toplam	Ön Test	38	84.34	13.71	37	-2.872	.007*	.57
	Son Test	38	92.53	14.67				

*p< .05

Tablo 2 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrasına ait toplam hipotetik yaratıcı akıl yürütme beceri puanları karşılaştırıldığında son test puanları lehine ($\bar{X}=92.53$) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)}=-2.872$, $p=.007$). Alt boyutlar bakımından ele alındığında tüm alt boyutlarda da son test puanları lehine ($\bar{X}_{\text{faktör1}}=19.03$; $\bar{X}_{\text{faktör2}}=20.05$; $\bar{X}_{\text{faktör3}}=25.13$; $\bar{X}_{\text{faktör4}}=16.24$; $\bar{X}_{\text{faktör5}}=12.08$) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)}=-2.629$, $p=.012$; $t_{(37)}=-2.109$, $p=.042$; $t_{(37)}=-2.081$, $p=.044$; $t_{(37)}=-2.292$, $p=.028$; $t_{(37)}=-2.844$, $p=.007$). Hesaplanan Cohen's d etki büyüklüğü değerlerine bakıldığında tespit edilen anlamlı farklılıkların hipotetik düşünme ve yaratıcılık, oranlı düşünme ve değişkenleri belirleme ve kontrol etme-kombinezonlu düşünme alt boyutlarında küçük-orta arası bir etkiye; korelasyonel düşünme, olasılıklı düşünme alt boyutları ve toplam puanda orta-büyük arası bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla birlikte ön test ve son test ortalamaları arasındaki farkın kabul edilebilir etki değer aralığı içerisinde yer aldığı ifade edilebilir.

Araştırmanın İkinci Alt Problemine İlişkin Bulgular

"Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?" alt problemine ilişkin bulgulara Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Matematiksel Modelleme Yeterlikleri İçin Öz Yeterlik Ölçeği Ön Test-Son Test Puanlarına Ait Bağımlı Örneklemeler t-Testi Sonuçları

Test	N	\bar{X}	SS	SD	t	p	Cohen's d
Ön Test	38	60.00	9.54	37	-3.477	.001*	0.76
Son Test	38	67.95	11.22				

*p<.05

Tablo 3 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrasına ait matematiksel modelleme yeterlik puanları karşılaştırıldığında son test puanları lehine (\bar{X} = 67.95) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)} = -3.477$, $p = .001$). Hesaplanan Cohen's d etki büyüklüğü değerine bakıldığında tespit edilen anlamlı farklılığın orta-büyük arası bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla birlikte ön test ve son test ortalamaları arasındaki farkın kabul edilebilir etki değer aralığı içerisinde yer aldığı ifade edilebilir.

Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine İlişkin Bulgular

"Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematik okuryazarlığı öz yeterlikleri öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?" alt problemine ilişkin bulgulara Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Matematik Okuryazarlığı Öz Yeterlik Ölçeği Öntest-Sontest Puanlarına Ait Bağımlı Örneklemeler t-Testi Sonuçları

Test	N	\bar{X}	SS	SD	t	p	Cohen's d
Ön Test	38	88.34	12.63	37	-2.611	.013*	0.57
Son Test	38	96.05	14.37				

*p<.05

Tablo 4 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrasına ait matematik okuryazarlığı öz yeterlik puanları karşılaştırıldığında son test puanları lehine (\bar{X} = 96.05) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)} = -2.611$, $p = .013$). Hesaplanan Cohen's d etki büyüklüğü değerine bakıldığında tespit edilen anlamlı farklılığın orta-büyük arası bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla birlikte ön test ve son test ortalamaları arasındaki farkın kabul edilebilir etki değer aralığı içerisinde yer aldığı ifade edilebilir.

Araştırmanın Dördüncü Alt Problemine İlişkin Bulgular

"Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematik kaygısı öntest-sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?" alt problemine ilişkin bulgulara Tablo 5'te yer verilmiştir.

Tablo 5. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının İki Boyutlu Matematik Kaygısı Ölçeği Öntest-Sontest Puanlarına Ait Bağımlı Örneklem t-Testi Sonuçları

Alt Boyut	Test	N	\bar{X}	SS	SD	t	p	Cohen's d
1. Pozitif Etki	Ön Test	38	18.76	7.69	37	-2.051	.047*	0.48
	Son Test	38	22.05	5.94				
2. Negatif Etki	Ön Test	38	25.39	9.66	37	2.358	.024*	0.55
	Son Test	38	20.29	8.71				
Toplam	Ön Test	38	42.63	16.12	37	2.473	.018*	0.56
	Son Test	38	34.24	13.44				

*p<.05

Tablo 5 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama öncesi ve uygulama sonrasına ait toplam matematik kaygısı puanları karşılaştırıldığında son test puanları lehine ($\bar{X}= 34.24$) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)}= 2.473$, $p= .018$). Alt boyutlar bakımından ele alındığında her iki alt boyutta da son test puanları lehine ($\bar{X}_{\text{faktör1}} = 22.05$; $\bar{X}_{\text{faktör2}}= 20.29$) anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($t_{(37)}= -2.051$, $p= .047$; $t_{(37)}= 2.358$, $p= .024$). Hesaplanan Cohen's d etki büyüklüğü değerlerine bakıldığında tespit edilen anlamlı farklılıkların pozitif etki alt boyutunda küçük-orta arası bir etkiye; negatif etki alt boyutu ve toplam puanda orta-büyük arası bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla birlikte ön test ve son test ortalamaları arasındaki farkın kabul edilebilir etki değer aralığı içerisinde yer aldığı ifade edilebilir.

Araştırmanın Beşinci Alt Problemine İlişkin Bulgular

"Fen bilgisi öğretmen adaylarının eğitim sürecine ilişkin görüşleri nelerdir?" alt problemine ilişkin bulgulara Tablo 6'da yer verilmiştir.

Tablo 6. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Eğitim Sürecini Değerlendirmeye Dair Görüşlerine Ait Bulgular

Tema	Kodlar	Örnek Alıntı İfade	Öğrenci	f
Öğretmen adayına olumlu etki	Matematiksel modelleme ile günlük yaşamı ilişkilendirme	Ö19: "...Farklı bakış açılarından problemi incelememe, olaylara farklı yaklaşmama sebep oldu. Matematik hayatımızın neresinde sorusuna da cevap oldu....."	(Ö2, Ö10, Ö13, Ö15, Ö19, Ö20, Ö30, Ö31, Ö35, Ö36, Ö38)	11

Tema	Kodlar	Örnek Alıntı İfade	Öğrenci	f
Öğretmen adayına olumlu etki	Problemi anlamada kolaylık sağlama	Ö7: ".....Problemin zorluğunu azaltır daha iyi anlaşılmasını sağlar....."	(Ö1, Ö2, Ö7, Ö11, Ö14, Ö31, Ö35)	7
	Somutlaştırma	Ö11: ".....Problem durumunu somutlaştırmada yardımcı oldu....."	(Ö1, Ö2, Ö7, Ö11, Ö14, Ö31, Ö35)	7
	İlgi çekici	Ö2: ".....Günlük hayatta karşılaştığımız sorunların çözümlerine yönelik yaptığımız hesaplamaların gözle görülebilir etkisini görmek ilgimi çekti....."	(Ö2, Ö4, Ö6, Ö16, Ö25, Ö26, Ö31, Ö38)	7
	Modelleme hakkında bilgi edinme	Ö26: ".....Matematiksel modelleme hakkında hiçbir bilgiye sahip değildim ama bu ders sayesinde bunu öğrendim....."	(Ö4, Ö10, Ö17, Ö21, Ö25, Ö26, Ö38)	7
	Farklı disiplinleri ilişkilendirme	Ö13: ".....Modellemenin hayatın her alanında olduğunu öğrenmiş oldum....."	(Ö10, Ö13, Ö15, Ö19, Ö20, Ö30)	6
	Hayata farklı bakış açısı ile yaklaşma	Ö20: ".....Sorunlara farklı boyutlarda bakmayı öğrendim....."	(Ö10, Ö15, Ö19, Ö20, Ö30)	5
	Problemi çözmede kolaylık sağlama	Ö8: ".....Herhangi bir problemi çözmemi kolaylaştırdı....."	(Ö4, Ö8, Ö28, Ö31, Ö37)	5
	Matematiksel düşünme	Ö38: ".....Beni matematiksel olarak düşünmeye ittiği için matematiği daha çok sevmemi sağladı....."	(Ö37, Ö38)	2
	Detaylı düşünme	Ö5: ".....Daha detaylı düşünmeyi sağladı....."	(Ö5)	1
	Sistemik düşünme	Ö32: ".....Sistemik düşünmeyi sağlıyor....."	(Ö32)	1
Ezber yapmadan öğrenme	Ö33: ".....Modelleme ezber yapmadan öğrenmemi sağlıyor....."	(Ö33)	1	
Öğretmen adayına olumsuz etki	Ayrıntılı	Ö7: ".....Model oluşturma güçlüğü uzun süreli, ayrıntılı bir iş olması....."	(Ö7, Ö23, Ö33)	3
	Zorlayıcı	Ö16: ".....Matematiksel modellemeler zorlayıcı ve kafa karıştırıcıydı ama bir süre sonra zevkli ve kolay hale geldi....."	(Ö16, Ö26, Ö38)	3

Tema	Kodlar	Örnek Alıntı İfade	Öğrenci	f
Öğretmen adayına olumsuz etki	Zaman alıcı	Ö33: “.....Uzun bir süre harcıyoruz.....”	(Ö7, Ö33)	2
	Sıkıcı	Ö23: “.....Gereksiz derecede fazla ayrıntılı, sıkıcıydı.....”	(Ö23)	1
	Çevre sorunları ve çözüm yollarını verilerle somutlaştırma	Ö11: “.....Çevre sorunlarını büyük ölçüde gösteriyor ve çözümlerini bulmada kolaylık sağlıyor.....”	(Ö2, Ö8, Ö11, Ö24, Ö25, Ö26, Ö31, Ö32, Ö33, Ö35)	10
Çevreye etkisi var / olumlu etki	Çevre problemlerini çözmede yol gösterme	Ö19: “.....Çevreyi korumak konusunda bilinçlenmemizi sağlamanın yanı sıra bu sorunlara çözüm bulmaya çalışmak önlenebilir olduklarını fark etmemi sağladı. Artık daha çok dikkatli davranıyorum diyebilirim.....”	(Ö4, Ö8, Ö11, Ö13, Ö15, Ö19, Ö28, Ö31, Ö37)	9
	Çevre sorunlarına karşı bilinçlenme	Ö26: “.....Bu sayede bir alışverişte ne kadar plastik bıraktığımı görmüş oldum. Alışverişlerimde bunlara daha çok dikkat ediyorum.....”	(Ö10, Ö12, Ö14, Ö19, Ö26, Ö27, Ö31, Ö35, Ö37)	9
Çevreye etkisi yok	İnsanlar üzerinde kalıcı etki oluşturma	Ö5: “.....Çünkü bir yerde okuduğumuzda çok da kalıcı olmuyor ama modelleme yapabilmek için ayrıntılı düşünmek zorunda olduğun için çözüm fikirleri daha kalıcı hale geliyor.....”	(Ö5)	1
	Etkisi yok	Ö7: “.....Etkisi olduğunu düşünmüyorum.....”	(Ö7, Ö20, Ö21, Ö23)	4

Tablo 6 incelendiğinde çalışmanın amacı doğrultusunda yöneltilen sorulara fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama sürecini değerlendirmeye yönelik verdikleri görüşler “öğretmen adayına etki” ve “çevreye etki” olmak üzere iki ana tema altında toplanmıştır. “Gerçekleştirilen eğitimde yapılan matematiksel modellemelerin olumlu ya da olumsuz ne gibi etkileri olduğunu düşünüyorsunuz?” sorusuna yönelik uygulama sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının genelinin eğitim sürecini olumlu olarak değerlendirdiği gözlemlenirken olumsuz görüş belirten öğretmen adayları da tespit edilmiştir. Bu sebeple “öğretmen adayına olumlu etki” ve “öğretmen adayına olumsuz etki” olmak üzere alt temalar ortaya çıkmıştır. Öğretmen adaylarından 11’i “matematiksel modelleme ile günlük yaşamı ilişkilendirme, 7’si “problemi anlamada kolaylık sağlama, 7’si “somutlaştırma”, 7’si “ilgi çekici”, 7’si modelleme

hakkında bilgi edinme”, 6’sı “farklı disiplinleri ilişkilendirme”, 5’i “hayata farklı bakış açısı ile yaklaşma”, 5’i “problemi çözümede kolaylık sağlama”, 2’si “matematiksel düşünme”, 1’i “detaylı düşünme”, 1’i “sistemik düşünme”, 1’i “ezber yapmadan öğrenme” kodları altında olumlu olarak; 3’ü “ayrıntılı”, 3’ü “zorlayıcı”, 2’si “zaman alıcı”, 1’i “sıkıcı” kodları altında olumsuz görüşlerini belirtmişlerdir. Ayrıca 9 öğretmen adayının (Ö3, Ö9, Ö12, Ö18, Ö22, Ö24, Ö27, Ö29, Ö34) uygulamanın olumlu etkisi olduğuna dair görüş belirtip ayrıntılı olarak açıklama yapmadıkları gözlemlenmiştir. “Çevre sorunlarına yönelik yapılan matematiksel modellemelerin herhangi bir etkisi/etkileri olduğunu düşünüyor musunuz? Etkisi olduğunu düşünüyorsanız açıklayabilir misiniz?” sorusuna dair uygulama sonrasında öğretmen adaylarının genelini uygulama sürecini olumlu olarak değerlendirdiği gözlemlenirken etkisi olmadığına dair görüş belirten öğretmen adayları da tespit edilmiştir. Bu sebeple “çevreye etkisi var / olumlu etki” ve “çevreye etkisi yok” olmak üzere iki alt temaya ayrılmıştır. Öğretmen adaylarından 10’u “çevre sorunları ve çözüm yollarını verilerle somutlaştırma”, 9’u “çevre problemlerini çözümede yol gösterme”, 9’u “çevre sorunlarına karşı bilinçlenme”, 1’i “insanlar üzerinde kalıcı etki oluşturma” kodları altında olumlu olarak; 4’ü “etkisi yok” kodu altında etkisinin olmadığına dair fikirlerini belirtmişlerdir. Ayrıca 14 öğretmen adayının (Ö1, Ö3, Ö6, Ö9, Ö16, Ö17, Ö18, Ö22, Ö28, Ö29, Ö30, Ö34, Ö36, Ö38) uygulamanın olumlu etkisi olduğuna dair görüş belirtip ayrıntılı olarak açıklama yapmadıkları gözlemlenmiştir. Ek olarak 3 öğretmen adayının (Ö1, Ö6, Ö22) yapılan modellemelerin hayata geçirildiği süreçte etkili olacağına dair görüş belirttikleri tespit edilmiştir.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının akıl yürütme becerileri, matematiksel yeterlik ve matematik kaygısına etkisi incelenmiştir. Gerçekleştirilen uygulama doğrultusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının hipotetik yaratıcı akıl yürütme becerilerinde hem alt boyutlar (hipotetik düşünme ve yaratıcılık, oranlı düşünme, değişkenleri belirleme ve kontrol etme-kombinezonlu düşünme, korelasyonel düşünme, olasılıklı düşünme) hem de toplam puan bazında sönest lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, matematiksel modelleme aşamaları ile bireylerin karşılaştıkları günlük yaşam problemlerini çözebileceği, soyut düşünme, muhakeme yapma ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirebileceği şeklinde yorumlanabilir. Bu doğrultuda, gerçek yaşam problemlerinin çözümünde feni ve matematiği bir arada kullanabilmeyi, farklı disiplinleri bütünleştirmeyi sağlayan STEM eğitimi bireylerin akıl yürütme becerilerini geliştirebilmektedir (Aydın ve Derin, 2020; Berlin ve White, 2012). Matematiksel modelleme sürecinin günlük hayatla matematiğin ilişkilendirilmesinde ve problem çözme sürecindeki önemi (Güder ve Gürbüz, 2018) göz önünde

bulundurulduğunda ise STEM ile ele alınan matematiksel modelleme süreci günlük yaşamla bağlantı kurma ve düşünme yollarını geliştirme bakımından bireyleri destekleyebilir (Aydın ve Derin, 2020). Birçok araştırmacı da bireylerin analitik düşünme ve problem çözme becerilerini arttırmada matematiksel modelleme uygulamalarına vurgu yapmaktadır (Lesh ve Zawojewski, 2007; Niss vd., 2007). Matematiksel modelleme sürecinin akıl yürütme ve problem çözmeye yönelik fayda sağlamanın yanı sıra yaratıcı düşünmeyi de arttırdığı yönünde elde edilen sonuçlar (Baran-Bulut ve Alkan, 2019) bu çalışmada elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Hipotez oluşturma, değişken belirleme ve değişkenler arasındaki ilişkileri belirleme, tahminde bulunma, problemi farklı yönleriyle ele alma, olası çözümleri düşünme gibi işlemleri içeren modelleme sürecinin (Blum ve Niss, 1991; Lesh ve Doerr, 2003, Tutak ve Güder, 2014) akıl yürütme süreciyle benzer aşamaları içerdiği ve bu süreci desteklediği düşünülebilir. Aynı zamanda matematiksel modelleme sürecinin bilinen problem çözenin ötesinde hipotetik bir çözüm süreci oluşturması (Tutak ve Güder, 2014) elde edilen sonucu desteklediği söylenebilir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme özyeterliklerine bakıldığında sontest lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda gerçekleştirilen eğitim sürecinin bireylerin matematiksel modelleme özyeterliklerini geliştirebileceği düşünülebilir. Benzer sonuçları elde eden çalışmalarda da (Ata-Baran, 2019; Aydın ve Derin, 2020) geliştirilen matematiksel modelleme etkinlikleriyle bireylerin matematiksel modelleme yeterliklerinde olumlu etkilerinin olabileceğinden bahsedilmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematik okuryazarlıklarına bakıldığında sontest lehine anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM etkinliklerinin bireylerin matematiğe yönelik bilgi ve becerilerini kullanarak matematik okuryazarlığını geliştirebileceği söylenebilir. Bu doğrultuda, STEM eğitimi ile uygun etkinlikler planlandığında bireylerin matematik okuryazarlıklarında olumlu etkiler oluşturmaktadır (Erdoğan, vd. 2013). Aynı zamanda matematiksel modelleme etkinliklerinin matematik okuryazarlığını desteklediği sonucuna ulaşılmıştır (Erol, 2015; Steen vd., 2007). Elde edilen bulgulardan anlaşılacağı üzere, bireyler gerçek yaşam problemlerinin çözümüne ilişkin akıl yürütebiliyor, analizler yapabiliyor ve elde ettiği bilgileri formüle edebiliyorsa matematik okuryazarlığı yönünün geliştiği söylenebilir (Martin, 2007).

Matematik kaygılarına bakıldığında hem alt boyutlar (pozitif etki, negatif etki) hem de toplam puan bazında sönest lehine anlamlı bir değişim olduğu tespit edilmiştir. Bu durum gerçekleştirilen eğitim süreci ile bireylerin matematiği kullanmaya yönelik oluşan gerginliği ve korkma hissini azaltılabileceği şeklinde yorumlanabilir. Benzer sonuçları elde eden çalışmalarda da (Ata-Baran, 2019; Özdemir, 2021) matematiksel modelleme etkinliklerinin bireylerin matematiğe yönelik kaygılarını azaltma konusunda olumlu etkilerinin olabileceğinden bahsedilmiştir. İş-Güzel ve Berberoğlu (2010)'un çalışmalarında daha az özgüven ve daha çok kaygıya sahip olan öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarının daha olumlu olduğu tespit edilmiş olup bu durum ile birlikte bireylerin olumlu tutuma sahip olmalarının akademik performans ve matematik okuryazarlığını aynı şekilde olumlu etkileyeceği anlamına gelmeyebileceğinden bahsedilmiştir. Bu çalışmada ise matematik okuryazarlığının arttığı bir süreçte matematik kaygısının da azalabileceği gözlemlenmiştir. Burada bireylerin bakış açısı önem arz etmektedir. Örneğin, özyeterlik algısının düşük olduğu durumlarda problem bireyler için daha da zor, çözülemez hale gelmektedir. Bu durumda bireylerin kaygısı artmakta ve bakış açısı daralmaktadır. Birey kendini yeterli olarak gördüğü takdirde kaygısı azalabilecektir (Pajares, 2002). Elde edilen nicel bulgular doğrultusunda, matematiksel modelleme sürecine yönelik özyeterlik artışının bireylerin problem çözme konusunda kendine duydukları özgüvende artışı tetikleyebileceği, süreç içerisinde gerek akıl yürüterek gerekse analiz ederek elde ettikleri bilgi ve beceriler aracılığıyla matematiksel okuryazarlıklarında olumlu yönde değişim gözlenebileceği, matematiksel yeterliklerindeki artış ile birlikte matematiğe yönelik kaygılarının da azalabileceği düşünülebilir. Bu da bireylerin matematik disiplinine yönelik daha olumlu bir bakış açısına sahip olabileceğini gösterebilir.

Nitel veriler yorumlandığında matematiği günlük yaşamla ilişkilendirme, problemi anlamada kolaylık sağlama, somutlaştırma, ilgi çekici, modelleme hakkında bilgi edinme, farklı disiplinleri ilişkilendirme, hayata farklı bakış açısı ile yaklaşma, problemi çözmede kolaylık sağlama, matematiksel düşünme, detaylı, sistematik düşünme, ezber yapmadan öğrenme yönünden olumlu yönde etki ettiği; ayrıntılı, zorlayıcı, zaman alıcı, sıkıcı olma durumlarıyla olumsuz etki oluşturduğu ifade edilebilir. Olumlu nitel bulgular matematik disiplinine yönelik oluşabilecek olumlu bakış açısını destekler niteliktedir. Matematiğin günlük hayatta işlevsel hale getirilmesi (Kaiser vd., 2002), matematiğin gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilebilmesi (Yiğit-Koyunkaya vd., 2018) ve matematiğe yönelik bilgi ve becerilerin arttırılması ile bireylerin matematiğe olan olumsuz algılarının

azaltılabileceği, matematiğe yönelik yeterliklerinin arttırılabileceği ve aynı zamanda matematik kaygılarının azaltılabileceği ifade edilebilir. Ayrıca bilginin ele alınmasının ve eldeki bilgiler doğrultusunda sonuç çıkarmanın akıl yürütme becerileriyle gerçekleştiği (Lawson, 2004) göz önünde bulundurulduğunda öğretmen adaylarının modelleme sürecinde edindiği bilgiler doğrultusunda matematiği günlük yaşamla ilişkilendirebilmeleri, problemi anlayıp çözebilmeleri ve düşünme becerilerine yönelik olumlu algıların var oluşunun akıl yürütme becerilerindeki artışı desteklediği söylenebilir.

Matematiksel modelleme sürecinde ele alınan çevre problemlerine yönelik olarak da çevre sorunlarını verilerle somutlaştırma, çevre problemlerini çözmeye yol gösterme, çevre sorunlarına karşı bilinçlenme, insanlar üzerinde kalıcı etki oluşturma yönünden konu bazında da etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Matematiksel modelleme sürecinin belirlenen problemin anlaşılması ve çözülmesinde sağladığı kolaylık göz önünde bulundurulduğunda gerçek yaşam problemi olarak ele alınan çevre sorunlarının çözümünü desteklemesi beklenen bir sonuç olarak ifade edilebilir. Eğitim ortamlarında son yıllarda güncellik kazanan STEM eğitimi disiplinler arası yaklaşımı esas almaktadır (İnci ve Kaya, 2022). Yenilikçi çevre eğitimi faaliyetlerinde disiplinler arası yaklaşım önem arz etmekte olup temel amacı bireylere çevre bilinci kazandırmak olan çevre eğitiminin güncel bir bakış açısıyla planlanması önemlidir (Köseoğlu ve Erten, 2022). Gelişmiş problem çözme süreci olan matematiksel modelleme süreci ile STEM eğitiminin entegrasyonun çevre problemlerini çözmeye yol gösterebileceği düşünülebilir.

Sonuç olarak, matematiksel modelleme ile yapılandırılmış STEM etkinliklerinin gerçek yaşam problemlerinin çözümünde bilimsel tahminlerden ve sayısal verilerden yola çıkılarak akıl yürütme becerilerinin gelişmesinde (hipotetik düşünme, yaratıcı düşünme, oranlı düşünme, değişkenleri belirleme ve kombinezonlu düşünme, korelasyonel düşünme, olasılıklı düşünme) etkili olduğu, bu süreç ile birlikte matematiksel modelleme becerilerinin ve matematik okuryazarlığının arttığı bu doğrultuda matematiksel yeterliklerinde olumlu yönde değişim yaşandığı aynı zamanda matematik kaygılarının da azaldığı söylenebilir.

ÖNERİLER

1. Kontrol gruplu deneysel bir süreç oluşturularak tek grup ön test-son test deseninden kaynaklı olabilecek sınırlılıklar ortadan kaldırılabilir.

2. Bu araştırma büyük ölçüde nicel bir araştırma olup nicel verilerin desteklenmesi ve örneklendirilmesi amacıyla nitel veriler bir alternatif yöntem dahilinde toplanmıştır. Akıl yürütme becerileri nitel verilerle genel olarak desteklenmekle birlikte akıl yürütme becerilerini oluşturan her bir alt boyutun gelişimine yönelik daha detaylı bilgi elde etmek amacıyla nitel veri ağırlıklı bir veri toplama süreci geliştirilebilir.
3. Matematik kaygısına sahip bireylerin kaygılarının azaltılmasına yönelik çalışmalarda matematiksel modelleme etkinlikleri tercih edilebilir.
4. Çevre sorunlarının dışındaki farklı konularda matematiksel modellemeler yapılarak karşılaşılan problemler çözülebilir.
5. Eğitim sürecinde çevreye yönelik yapılacak etkinliklerde bilişsel, duyuşsal ve davranışsal kazanımların öğrencilere kazandırılması bakımından matematiksel modelleme süreci oluşturulabilir.
6. Matematiğin hayattaki yerinin anlaşılmasına yardımcı olmak için matematiksel modelleme süreci ile STEM yaklaşımı bir arada ele alınabilir.
7. Matematiksel modelleme etkinlikleri ile bireylerin Piaget'in belirttiği soyut işlemler dönemi özelliklerine ne derece sahip oldukları veya olmadıkları incelenebilir. Bu sayede bireylerin eksikliklerinin giderilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.
8. Matematiksel modelleme etkinliklerinde zihinden gerçekleştirilen soyut işlemler gözlemlenebilir somut etkinlikler haline dönüştürülerek etkinliklerin zorlayıcı yönü en aza indirilebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

1. Yazar Katkı Oranı: % 25
2. Yazar Katkı Oranı: % 25
3. Yazar Katkı Oranı: % 25
4. Yazar Katkı Oranı: % 10
5. Yazar Katkı Oranı: % 5
6. Yazar Katkı Oranı: % 5
7. Yazar Katkı Oranı: % 5

Destek ve Teşekkür Beyanı

Yazar(lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır.

Çatışma Beyanı

Yazar(lar), bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

KAYNAKÇA

- Abbott, M. L. (2014). *Understanding educational statistics using Microsoft Excel and SPSS*. John Wiley & Sons, Inc.
- Akçakın, V., Cebesoy, Ü. B., & İnel, Y. (2015). İki boyutlu matematik kaygısı ölçeğinin Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2), 283-301.
- Anderson, J. (2009). Mathematics curriculum development and the role of problem solving. K. School (Ed.), *Proceedings of 2009 Australian curriculum studies association National Biennial Conference. Curriculum: A National Conversation* (s. 1-8).
- Arslan, Ç., & İlkörücü, Ş. (2018). İlköğretim matematik ve fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel düşünme düzeyleri. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(1), 156-166. <https://doi.org/10.17556/erziefd.310384>
- Aydın, E., & Derin, G. (2020). Matematik öğretmeni eğitiminde STEM-matematiksel modelleme birlikteliğinin problem çözme ve modelleme becerilerine etkisi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 93-121.
- Ata-Baran, A. (2019). *Matematiksel modellemeye dayalı bir öğretim deneyinde sekizinci sınıf öğrencilerinin matematiksel iletişim becerilerinin, matematik okuryazarlıklarının ve duyuşsal özelliklerinin incelenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- 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>
- Bai, H., Wang, L., Pan, W., & Frey, M. (2009). Measuring mathematics anxiety: Psychometric analysis of a bidimensional affective scale. *Journal of Instructional Psychology*, 36, 185-193.
- Baran-Bulut, D., & Alkan, S. (2019, 26-28 Eylül). Matematiksel modellemeye ilişkin öğretim modeli süreçlerinin öğretmen aday görüşlerine göre değerlendirilmesi. *4th International Symposium of Turkish Computer and Mathematics Education* (s. 1216-1225).
- Bekdemir, M. (2007). İlköğretim matematik öğretmen adaylarındaki matematik kaygısının nedenleri ve azaltılması için öneriler (Erzincan eğitim fakültesi örneği). *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 131-144.
- Bekdemir, M., Işık, A., & Çıkılı, Y. (2004). Matematik kaygısını oluşturan ve artıran öğretmen davranışları ve çözüm yolları. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 16, 88-94.

- Berlin, F. D., & 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), 20-30. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00111.x>
- Bliss, K. M., Fowler, K. R., & Galluzzo, B. J. (2014). *Math modeling: Getting started & getting solutions*. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM). <https://m3challenge.siam.org/what-is-math-modeling/modeling-handbooks/>
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, application, and links to other subjects-state, trends, and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37-68.
- 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., Hidroğlu, Ç. N., Kula-Ünver, S., & Özaltun-Çelik, A. (2016). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme*. Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Akademi
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2018). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. baskı). Erlbaum.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (2. baskı). Sage Publications.
- Dandotiya, B., & Sharma, H. K. (2022). *Research anthology on environmental and societal impacts of climate change*, IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3686-8.ch005>
- Demir, E., Saatçioğlu, Ö., & İmrol, F. (2016). Uluslararası dergilerde yayımlanan eğitim araştırmalarının normallik varsayımları açısından incelenmesi. *Current Research in Education*, 2(3), 130-148.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., & Şahin, S., (2018). STEM eğitime geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme. R. Gürbüz ve M. F. Doğan (Ed.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*. (s. 43-56) içinde. Pegem Akademi.
- Duran, V. (2014). *Öğretmen adaylarının hipotetik-yaratıcı akıl yürütme becerilerinin, bilimsel epistemolojik inançları, öğrenme stilleri ve demografik özellikleri açısından incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Edwards, D., & Hamson, M. (2007). *Guide to mathematical modelling*. Industrial Press.
- English, L. D. (2008). Mathematical modelling: Linking mathematics, science, and the arts in the primary curriculum. *Proceedings of the Second International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences (MACAS2)*, (s. 5-32). University of Southern Denmark Press, Odense, Denmark.
- Erdoğan, N., Çorlu, M. S., & 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.

- Erlina, N., Susantini, E., & Wasis. (2018). Common false of student's scientific reasoning in physics problems. *JPhCS*, 1108(1), 012016.
- Erol, M. (2015). *Modelleme etkinliklerinin 9. sınıf öğrencilerinin matematiksel okuryazarlıkları ve inançları üzerine etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- 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 eğitimine 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>
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.21.1.0033>
- 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.
- Işık, A., Çiltaş, A., & Bekdemir, M. (2008). Matematik eğitiminin gerekliliği ve önemi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 174-184.
- İnci, S., & Kaya, V. H. (2022). Eğitimde multidisipliner, disiplinlerarası ve transdisipliner kavramları. *Milli Eğitim Dergisi*, 51(235), 2757-2772. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.905241>
- İş-Güzel, Ç., & Berberoğlu, G. (2010). Students' affective characteristics and their relation to mathematical literacy measures in the Programme for International Student Assessment (PISA) 2003. *Eurasian Journal of Educational Research*, 40, 93-112.
- İşleyen, Ş., & Altun, Y. (2017). Sosyal bilimlerde okutulan matematik dersine ait öğrenci görüşleri. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 177-193.
- Jackson, C. D., & Leffingwell, R. J. (1999). The role of instructors in creating math anxiety in students from kindergarten through college. *The Mathematics Teacher*, 92(7), 583-586. <https://doi.org/10.5951/MT.92.7.0583>
- 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>
- 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>
- Köseoğlu, P., & Erten, S. (2022). Paris Anlaşması'na göre çevre eğitimi nasıl olmalıdır?. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 54, 1528-1544.

- Kramarski, B., & Mizrachi, N. (2004). Enhancing mathematical literacy with the use of metacognitive guidance in forum discussion. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 3, 169-176.
- Lawson, A. E. (1995) *Science teaching and development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E. (2004). The nature and development of scientific reasoning: A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 307-338. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2>
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). (Eds.). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester (Ed.), *The handbook of research on mathematics teaching and learning* (2. baskı) (s. 763–804). National Council of Teachers of Mathematics, Information Age Publishing.
- Martin, H. (2007). Mathematical literacy. *Principal Leadership*, 7(5), 28-31.
- McKillup, S. (2012). *Statistics explained: An introductory guide for life scientists* (2. baskı). Cambridge University Press.
- Meaney, T. (2007). Weighing up the influence of context on judgements of mathematical literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 681-704
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *An expanded sourcebook qualitative data analysis*. SAGE Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). *Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Miller, L. D., & Mitchell, C.E. (1994). Mathematics anxiety and alternative methods of evaluation. *Journal of Instructional Psychology*, 21(4), 353-358.
- Mousoulides, N., Sriraman, B., & Christou, C. (2006). *The Modeling perspective in the teaching and learning of mathematical problem solving at the elementary and secondary school level*. Department of Mathematical Sciences of the University of Montana, Technical Reports.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. NCTM Publications.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM Publications.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (s. 3–32). Springer.
- Niss, M. A., & Højgaard, T. (Eds.) (2011). *Competencies and Mathematical Learning: Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*. Roskilde Universitet. <http://milne.ruc.dk/imfufatekster/>.

- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2006). Assessing scientific, reading and mathematical literacy, A Framework for PISA 2006, <https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Özdemir, A. (2021). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. Sınıf öğrencilerinin duyuşsal özelliklerine etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Kocaeli Üniversitesi.
- Özgen, K., & Bindak, R. (2008). Matematik okuryazarlığı öz-yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(2), 517-528.
- Pajares, F. (2002). *Overview of social cognitive theory and of self-efficacy*. <http://www.emory.edu/EDUCATION/mfp/eff>
- Pollak, H. O. (1997). Solving problems in the real World. L. A. Steen (Ed.) *Why numbers count: quantitative literacy for tomorrow's America* (s. 91-105) içinde. College Board.
- Sloan, T., Daane, C. J., & Giesen, J. (2002). Mathematics anxiety and learning styles: What is the relationship in elementary preservice teachers? *School Science and Mathematics*, 102(2), 84-87. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb17897.x>
- Stacey, K. (2005). The place of problem solving in contemporary mathematics curriculum documents. *Journal of Mathematical Behaviour*, 24, 341-350.
- Steen, L. A., Turner, R., & Burkhardt, H. (2007). Developing mathematical literacy. W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Ed.). *Modelling and applications in mathematics education* (s. 285-294) içinde. Springer.
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J., & Edwards, I. (2007). A framework for success in implementing mathematical modelling in the secondary classroom. *Mathematics: Essential Research, Essential Practice*, 2, 688-697.
- Stuart, V. (2000). Math curse or math anxiety?. *Teaching Children Mathematics*, 6(5), 330-335. <https://doi.org/10.5951/TCM.6.5.0330>
- Şahin, M. (2019). Korku, kaygı ve kaygı (anksiyete) bozuklukları. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(10), 117-135.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2015). *Çok değişkenli istatistiklerin kullanımı*. (Çev. M. Baloğlu). Nobel Yayınevi.
- Trujillo, K. M., & Hadfield, O. D. (1999). Tracing the roots of mathematics anxiety through in-depth interviews with preservice elementary teachers. *College Student Journal*, 33(2), 219-219.
- Tutak, T., & Güder, Y. (2014). Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(1), 173-190.
- Ütkür-Güllühan, N. (2021). Hayat bilgisi dersinde sosyal problem çözme uygulamaları: İlkokul öğrencileri günlük hayat problemlerini çözmekte zorlanıyor mu? *Eğitim ve Bilim*, 46(207), 63-84. <https://doi.org/10.15390/EB.2021.9396>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

- Yiğit-Koyunkaya, M. Y., Uğurel, I., & Taşdan, B. T. (2018). Öğretmen adaylarının matematiği günlük yaşam ile ilişkilendirme hakkındaki düşüncelerinin geliştirdikleri öğrenme etkinliklerine yansımaları. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(1), 177-206.
- Zawojewski, J. S., Lesh, R., & English, L. D. (2003). A models and modelling perspective on the role of small group learning. R. A. Lesh & H. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (s. 337–358) içinde. Lawrence Erlbaum.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>