

Argümantasyona Dayalı Matematiksel Modelleme Uygulamalarının 7. Sınıf Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme ve Sorgulayıcı Öğrenme Becerilerine Etkisi*

The Effect of Argumentation-Based Mathematical Modeling Practices on 7th Grade Students' Mathematical Modeling and Inquiry-Based Learning Skills

Beyzanur Pirimoğlu¹, Zeynep Çakmak Gürel²

¹Ortaokul Matematik Öğretmeni, TC Milli Eğitim Bakanlığı, byzprmoğlu96@gmail.com,
(<https://orcid.org/0000-0002-9821-380X>)

²Sorumlu Yazar, Doç. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, zcakmak@erzincan.edu.tr,
(<https://orcid.org/0000-0003-0913-3291>)

Geliş Tarihi: 28.11.2024

Kabul Tarihi: 25.07.2025

ÖZ

Bu araştırmanın amacı, argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamalarının yedinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme ve matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerine etkisini araştırmak ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşlerini almaktır. Araştırmaya uygun örnekleme yöntemi kullanılarak seçilen 2023-2024 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde öğrenim görmekte olan 52 yedinci sınıf öğrencisi katılmıştır. Araştırmada açıklayıcı sıralı karma desen kullanılmıştır. Araştırmanın nicel kısmında tek grup ön test- son test desen, nitel kısmında ise durum çalışması deseni kullanılmıştır. Nicel veriler için matematiksel modelleme yeterlikleri ve matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerileri ölçekleri; nitel veriler için ise yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Verilerin analizinde ilişkili örneklem t testi ve içerik analizinden yararlanılmıştır. Sonuçlara göre matematiksel modelleme yeterliği ve sorgulayıcı öğrenme becerileri ölçeklerinden öğrencilerin aldıkları son test puanlarının ön test puanlarından anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç uygulamanın söz konusu iki beceriyi birlikte destekleme potansiyelini ortaya koymaktadır. Nitel sonuçlara bakıldığında öğrencilerin geneli matematiksel modelleme etkinliklerini faydalı bulduklarını ve bu etkinliklerin öğrenmelerini kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda argümantasyona dayalı yapılan matematiksel modelleme etkinliklerinin öğretmenler tarafından sınıf içinde kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Argümantasyon, Matematiksel modelleme, Sorgulayıcı Öğrenme

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the effects of argumentation-based mathematical modeling activities on 7th grade students' mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills, and to gather students' opinions on the implementation. The study involved 52 7th grade students enrolled in the second semester of the 2023-2024 academic year, selected using an appropriate sampling method. An explanatory

* Bu çalışma birinci yazara ait yüksek lisans tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

sequential mixed-methods design was used in the research. The quantitative part of the study employed a single-group pretest-posttest design, while the qualitative part utilized a case study design. Quantitative data were collected using scales for mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills, and qualitative data were collected through a semi- structured interview form. Data analysis involved paired sample t-tests and content analysis. The results revealed that the students' posttest scores on mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills scales were significantly higher than their pretest scores. This result reveals the potential of the implementation to support both skills simultaneously. Qualitative results showed that most students found the mathematical modeling activities beneficial and believed these activities facilitated their learning. In this context, it is recommended that argumentation-based mathematical modeling activities be used by teachers in the classroom.

Keywords: Argumentation, Inquiry-based learning, Mathematical modeling

GİRİŞ

Son yıllarda matematiksel modelleme, hem öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmesi hem de matematiğin günlük yaşamla bağlantısını kurması açısından önem kazanmış; bu nedenle birçok ülkenin eğitim müfredatlarında yer alan ve ilgi gören bir alan hâline gelmiştir. Matematiksel modelleme, ortaokul matematik eğitiminde öğrencilerin matematiği gerçek dünya uygulamalarıyla ilişkilendirmek için önemli bir yaklaşım olarak giderek daha fazla kabul görmektedir (Kaiser, 2020). Niss vd. (2007) matematiksel modellemeyi gerçek yaşam problemlerini matematiksel yöntemlerle çözme olarak tanımlamaktadır. Matematiksel modelleme süreci genellikle altı adımda tanımlanmaktadır. Blum ve Leiß'e (2007) göre matematiksel modelleme süreci, problemi anlama, basitleştirme, matematikselleştirme, matematiksel çalışma, yorumlama ve doğrulama gibi aşamaları içerir. Bu adımlar arasındaki geçişler ise matematiksel modelleme yeterliğinin birer göstergesidir. Bu bağlamda matematiksel modelleme yeterliği, gerçek yaşam problemlerinin değişkenlerini ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlama; tanımlanan ilişkileri matematikselleştirme, elde edilen matematiksel sonuçları gerçek hayata yorumlama ve doğrulama; modelin kapsamını ve özelliklerini analiz etme ve kontrol etme becerisi olarak tanımlanmıştır (Niss vd., 2007).

Modelleme yaklaşımı, öğrencilerin hem matematiği öğrenme motivasyonlarını artırmakta hem de matematiğin pratikteki uygulamalarını anlamalarına olanak tanımaktadır (Krutikhina vd., 2018). Matematiksel modelleme etkinliklerine yönelik çalışmalar detaylı incelendiğinde matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerdeki matematik akademik başarısını nasıl etkilediği (Uysal, 2021), matematiğe yönelik tutumlarını nasıl değiştirdiği (Tutkun & Kabar, 2018), okuduğunu anlama becerilerine etkisi (Alkan, 2019; Fırat, 2021), üstbilişsel becerilerine etkisi (Doruk, 2010) ve eleştirel düşünme becerilerine etkisi (Duran, 2023; Yıldız, 2023) gibi pek çok yönden araştırıldığı çalışmalara rastlanmaktadır. Bu temel becerilere ek olarak, Medonça ve Justi (2013) modelleme sürecinin dinamik bir süreç olduğunu ve bu süreçte bireyin kendini ifade etme ve karşı tarafı ikna etme becerilerinin de kritik öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Matematiksel modelleme etkinliklerinde sorgulamaya dayalı öğrenme becerileri de önemli bir yere sahip olup, matematiksel kavramlarla farklı disiplinlerden ya da günlük yaşamdan gelen problem durumları arasındaki ilişkiyi kavramaya ve bu ilişkiler üzerinde yapılandırılmış bir şekilde düşünmeye olanak tanır (Artigue & Blomhoj, 2013).

Matematiksel modelleme sürecinde sorgulamaya dayalı beceriler, öğrencilerin problemi derinlemesine anlamalarını, çözüm yollarını eleştirel bir bakışla değerlendirmelerini ve kullandıkları modeli gerekçelendirerek savunmalarını sağladığı için önemli bir yere sahiptir. Sorgulamaya dayalı öğretim, öğrencilerin sorular sorarak, araştırma yaparak ve elde ettikleri bilgileri analiz ederek problem çözme sürecine katıldıkları bir öğrenme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Perry & Richardson, 2001). Bu süreç, öğrenilen bilgilerin pratik ve yararlı bilgilere dönüştürülmesini de içerir. Sorgulamaya dayalı öğretim yaklaşımları, öğrencileri matematiksel problemleri keşfetmeye, varsayımlar öne sürüp bunları test etmeye, çözümler

geliştirmeye ve düşüncelerini açıklamaya teşvik eder (Rasmussen & Kwon, 2007). Bu yaklaşım, öğrencilere matematiksel düşünme ve problem çözme becerilerini derinlemesine geliştirme fırsatı sunar. Literatürde sorgulamaya dayalı öğrenmenin matematik başarısına (Kogan & Laursen, 2014), yaratıcı düşünme becerisine (Fathoni & Haryani, 2018; Kusumawati vd., 2019), bilimsel süreç becerisine (Keçeci & Zengin, 2016) olumlu etkisi tespit edilmiştir. Ancak Katrancı ve Şengül (2020) çalışmalarında ortaokul öğrencilerinin sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerinin orta düzeyde olduğunu bulmuştur.

Bireylerin düşüncelerini gerekçelerle destekleyerek savunmalarını ve karşıt görüşlere mantıklı yanıtlar vermelerini içeren argümantasyon süreci, modelleme ve sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerini geliştirme adına önemli bir kuramsal temel oluşturmaktadır. Kuhn (1992), argümanı bir durum veya olay için ortaya konulan öneriler ve bunları destekleyen ya da çürüten fikirler olarak tanımlamıştır. Simon vd. (2006) ise argümanı, tartışmaya katkıda bulunan iddiaların, bilgilerin, gerekçelerin ve destekleyicilerin özü olarak görmektedir. Blair ve Johnson'a (1987) göre argüman, argümantasyon sürecinin sonunda ortaya çıkan üründür ve bu nedenle argümanın yapısı, argümantasyonun nasıl tanımlandığına bağlı olarak değişebilir. Bu bağlamda argümantasyon; bireylerin iddialarını gerekçelerle destekleyerek savundukları, karşıt görüşlere mantıklı ve kanıta dayalı yanıtlar verdikleri yapılandırılmış bir akıl yürütme süreci olarak tanımlanır (Osborne vd., 2004). Antonini ve Martignone (2011), argümantasyonu bireyleri bir ifadenin doğruluğuna ya da yanlışlığına ikna etmeyi amaçlayan retorik araçlar olarak ifade ederken, Douek (1999), her konuşma veya tartışmanın argümantasyon sayılamayacağını vurgulamaktadır. Argümantasyon, iddiaların gerekçelerle desteklendiği (Schwarz & Asterhan, 2010; Yackel, 2004), verilerle ilişkilendirildiği (Toulmin, 2003) ve farklı fikirlerdeki bireylerin birbirini ikna etmeyi amaçladığı bir beceridir (Andriessen vd., 2003). Bu bağlamda, argümantasyon becerisinin matematiksel modelleme sürecinde öğrencilerin daha derinlemesine anlamalarına, problem çözme yeteneklerini geliştirmelerine ve matematiksel düşüncelerini etkili bir şekilde ifade etmelerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Aydın Güç & Kuleyin, 2021). Tekin Dede (2019) ve Aydın-Güç ve Kuleyin (2021) modelleme sürecinde argümantasyon becerilerinin önemini vurgulayarak, öğrencilerin modelleme sırasında matematiksel düşüncelerini açıklamalarının, tartışmalar yapmalarının ve birbirlerini ikna etmelerinin modelleme sürecini daha verimli hale getirdiğini belirtmiştir. Argümantasyon ile desteklenen modelleme süreci öğrencilerin matematiksel düşüncelerini yapılandırmalarına, sorgulama becerilerini geliştirmelerine ve mantıklı tartışmalar yapabilmelerine olanak tanır (Yitmez vd., 2023).

Matematiksel modelleme sürecinde argümantasyonun nasıl işlediğini anlamak amacıyla, bu yaklaşıma ilişkin çeşitli teorik modeller incelenmiştir. Kelly ve Takao (2002), Toulmin (2003) ile Zohar ve Nemet (2002) bu alanda önemli kuramsal katkılar sunmuş; argümantasyonun yapısını, bileşenlerini ve öğrenme sürecindeki işlevini ortaya koymuşlardır. Bu çerçeveler arasında Toulmin'in Argümantasyon Modeli, tartışma biçimlerini incelemek için kullanılan ve argümantasyonun bileşenlerini analiz ederek bunlar arasındaki ilişkileri ortaya koyan bir modeldir (Driver vd., 2000). Ayas vd. (2019)'ne göre, argümanları analiz etmek ve yapılandırmak amacıyla Toulmin (2003) tarafından geliştirilen model, alan yazında en kapsamlı modellerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu model, bir argümanın bileşenlerini tanımlayarak iddialar, bu iddiaları destekleyen veriler ve gerekçeler arasındaki ilişkileri değerlendirmeye odaklanır. Bu yönüyle, mantıklı ve sistematik bir analiz sunar.

Toulmin (2003)'ün argümantasyon modeli, bir argümanın temel bileşenlerini sistematik bir şekilde analiz etmeye olanak tanır. Toulmin (2003)'e göre bu modelin ilk unsuru olan iddia (claim), argümanın temel önermesini oluşturur ve tartışmanın ulaşmayı hedeflediği sonucu ifade eder. İddia, genellikle verilere dayanarak yapılan bir yargı veya sonuçtur. Veri (data), argümanın temelini oluşturan gerçekler, kanıtlar ve gözlemlerdir. Bu somut bilgiler, iddiayı desteklemek için sunulur ve sonucun dayanağını oluşturur. Gerekçeler (grounds) ise verilerle iddia arasındaki bağlantıyı açıklar ve iddiayı destekler. Gerekçeler genellikle genel ve örtük bir şekilde sunulur.

Argümanın gücünü ifade eden niteleyiciler (qualifiers), kullanılan "olması muhtemel", "kesinlikle" gibi ifadelerle tartışmanın ne kadar güçlü veya genel olduğunu belirtir. Destekleyen ifadeler (backings) ise gerekçelere ek destek sağlar ve gerekçeler kabul edilmediğinde devreye girerek argümanı daha inandırıcı hale getirir. Bunun yanı sıra, çürüten ifadeler (rebuttals), gerekçenin gücünü zayıflatmak için kullanılır. Bu ifadeler, genellikle bir argümanın temelini oluşturan varsayımları sorgulayarak, mantık hatalarını göstererek veya argümanı destekleyen kanıtları çürüterek etkili olur. Son olarak, karşıt argümanlara veya itirazlara karşı savunma sunarak argümanın güvenilirliğini artıran tutarlılık (rebuttal), argümanın tutarlılığını ve gücünü destekler. Bu model, özellikle felsefe, retorik ve iletişim gibi alanlarda karmaşık konuları analiz etmek ve argümanları yapılandırmak için etkili bir araçtır.

Argümantasyon tabanlı öğretimin farklı birçok yönden araştırıldığı çalışmalara (Adal, 2023; Aydın Güç & Kuleyin, 2021; Çelik Arslan, 2021; Dinçer, 2011; İnam, 2020; Mercan, 2015; Whitenack & Knipping, 2002) rastlanmaktadır. Literatür incelendiğinde argümantasyon tabanlı öğretimin akademik başarı üzerine etkisini (Küçük Demir, 2014; Sevilmiş, 2023), üstbilişsel becerilerine ve motivasyonlarına etkisini (Türkmenoğlu, 2022), tartışma istekleri üzerindeki etkisini (İnam, 2020) inceleyen çalışmaların olduğu görülmüştür. Matematik eğitimi alanında argümantasyona dayalı yapılan çalışmalar genel olarak argümantasyon tabanlı yöntemlerin etkilerini incelemektedir. Dinçer (2011) ve Dinçer (2024) tarafından matematik öğretmeni adaylarının derslerindeki tartışmalar ve argümantasyon tabanlı etkinliklerin tasarımı analiz edilmiştir. Mercan (2015) ve İnam (2020), argümantasyon tabanlı öğretimin akademik başarı ve tutum üzerinde olumlu etkiler yarattığını bulmuştur. Adal (2023) ve Öz (2019) ise matematik okuryazarlığı ve bilişsel beceriler üzerinde olumlu etkiler tespit etmişlerdir. Genel olarak, bu çalışmalar argümantasyon tabanlı öğretim yönteminin matematik eğitiminde önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Ancak matematiksel modelleme ve argümantasyona dayalı öğrenme yaklaşımlarının entegrasyonu ve bu entegrasyonun öğrenci yetkinliklerine olan etkisi üzerine yapılan araştırmalar sınırlıdır (Brown & Redmond, 2007; Tekin Dede, 2019; Aydın Güç & Kuleyin, 2021; Kuleyin, 2022). Genel olarak incelenen çalışmalar, matematiksel modelleme etkinliklerinin ve argümantasyon becerilerinin öğrenciler üzerindeki etkilerini incelemektedir. Brown ve Redmond (2007) ortaokul öğrencileri ile yaptıkları çalışmada, matematiksel modelleme etkinliklerinin toplu argümantasyon süreci etkisini incelemiş ve öğrencilerin matematiği anlayıp çözebildiklerini, kendilerini daha rahat ifade ettiklerini ve motivasyonlarının arttığını tespit etmiştir. Kuleyin (2022), modelleme etkinlikleri ile yürütülen derslerde ortaokul öğrencilerinin argümantasyon becerilerinin değişimini incelemiştir. Aydın Güç ve Kuleyin'in (2021) araştırması, argümantasyonun niteliğinin ortaokul öğrencilerinin modelleme sürecine etkisini araştırmış ve kaliteli argümantasyonun öğrencilerin matematiksel modelleme düzeylerini arttırdığını bulmuştur. Tekin Dede (2019) ise öğretmen adaylarının modelleme sürecindeki argümanlarını Toulmin'in argümantasyon şemasıyla analiz etmiş ve argümanların çoğunun veri ve iddialarının modelleme geçiş noktalarına karşılık geldiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalar genel olarak matematiksel modelleme uygulamalarında argümantasyonun öğrenci başarısı ve modelleme becerileri üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır. Matematiksel modelleme yaklaşımı, öğrencilerin modelleme yeterliklerine odaklanırken; argümantasyona dayalı matematiksel modelleme, öğrencilerin matematiksel modellerini mantıklı, gerekçeli ve ikna edici biçimde savunmalarını da içeren bir yaklaşım olarak öne çıkar. Bu yaklaşım, geleneksel modelleme etkinliklerinden farklı olarak, öğrencilerin çözüm sürecinde kanıta dayalı tartışmalara katılmalarını, düşüncelerini sistemli bir argüman yapısı içinde sunmalarını ve başkalarının görüşlerine yanıt üretmelerini teşvik eder.

Bu çalışmada argümantasyon destekli öğrenme ortamlarında yalnızca öğrencilerin modelleme becerilerindeki gelişim değil, aynı zamanda sorgulama becerileri de ele alınmakta olup bu yönüyle çalışma, alanyazındaki önemli bir boşluğu doldurma potansiyeline sahiptir. Literatürde öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerinin ya da sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerini ayrı ayrı ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu iki becerinin

bir arada ve etkileşimli biçimde incelendiği araştırmalar oldukça sınırlıdır. Buradan hareketle argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterlikleri ve sorgulamaya dayalı öğrenme becerileri üzerindeki etkisini ortaya koymanın alandaki sınırlı literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu tür uygulamalara ilişkin öğrenci görüşlerinin de incelenmesi, söz konusu süreçlerin öğrenciler tarafından nasıl deneyimlendiğini anlamaya yönelik derinlemesine bir bakış sunarak, çalışmanın gerek kuramsal gerekse uygulamalı boyutunu güçlendirecektir. Bu bağlamda araştırmanın amacı, argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamalarının yedinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme ve matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerine etkisini araştırmak ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşlerini almaktır. Bu çalışmada, aşağıda yer alan alt araştırma sorularına yanıt aranmaktadır:

1. Argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları, öğrencilerin matematiksel modelleme yeterlikleri ve sorgulayıcı öğrenme becerileri puanlarında anlamlı bir değişikliğe yol açmakta mıdır?
2. Argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları, öğrencilerin gerçek yaşam problemi belirleme, problemi anlama, matematikselleştirme, matematiksel çalışma ve yorumlama-doğrulamaya ait puanlarında anlamlı bir değişikliğe yol açmakta mıdır?
3. Öğrencilerin argümantasyona dayalı matematiksel modelleme etkinlikleri hakkındaki görüşleri nelerdir?

YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, karma araştırma yaklaşımlarından açıklayıcı sıralı desen tercih edilmiştir. Karma araştırma yaklaşımı, nicel ve nitel veri toplama ve analiz süreçlerinin birlikte kullanıldığı bütüncül bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. (Creswell, 2014). Araştırmacılar karma araştırma yöntemiyle ulaşılan nicel sonuçları toplanan nitel verilerle daha bütüncül ve kapsamlı şekilde açıklayabilir (Creswell & Creswell, 2018). Açıklayıcı sıralı desen ise araştırmacının ilk aşamayı nicel yöntemle başlattığı ve ikinci aşamada nitel verilerle araştırmayı derinleştirdiği bir karma yöntem desendir (Creswell & Clark, 2014). Çalışmada açıklayıcı sıralı karma yöntemin kullanılmasının amacı çalışma grubundan istatistiksel nicel veriler elde ettikten sonra uygulama sonrasında rastgele seçilen öğrencilerle nitel verileri toplayıp argümantasyona dayalı modelleme uygulaması hakkında öğrenci görüşlerini derinlemesine incelemektir. Araştırmanın nicel boyutunda, tek gruplu ön test–son test deseni kullanılmıştır. Bu desenin seçilmesinde, çalışmaya katılan gruplar arasında deneysel müdahalenin yaratabileceği fırsat eşitsizliklerinden kaçınma amacı etkili olmuştur. Araştırmanın nitel kısmında ise durum çalışmasından yararlanılmıştır. Durum çalışması belirli bir zaman diliminde araştırmacının görüşmelerle verileri toplayıp derinlemesine incelendiği bir yaklaşımdır (Patton, 2002).

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu, 2023/2024 eğitim öğretim yılında İstanbul ilinin Bahçelievler ilçesinde bulunan bir devlet okulunda yedinci sınıf seviyesinde öğrenim görmekte olan ortaokul öğrencilerinden oluşmaktadır. Çalışma grubu seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Uygun örnekleme yöntemi örneklemin kolay ulaşılabilir ve rahatça uygulama yapılabilir olması durumun içermektedir (Büyüköztürk vd., 2012). Bu örnekleme yönteminin seçilmesinde, araştırmacıların birinin bu sınıf düzeyinde görev yapıyor olması da etkili olmuştur. Öğrencilerin, araştırmayı yürüten öğretmene alışkın olmaları ve öğrenme ortamında kendilerini güvende hissetmeleri, uygulama sürecinin daha doğal ve sağlıklı işlenmesini desteklemektedir.

Çalışma grubunun demografik bilgileri incelendiğinde 24 kız 28 erkek olmak üzere toplam 52 öğrenci çalışmaya katılmıştır. İki farklı sınıfta aynı uygulayıcı tarafından çalışma yürütülmüştür. Yedinci sınıf öğrencileri ile yürütülen çalışmanın ilk aşamasında nicel veriler toplandıktan hemen sonra ikinci aşamada nitel bulguları elde etmek için yarı yapılandırılmış görüşme formu gönüllülük esasına dayalı olarak seçilen toplam 20 öğrenciye uygulanmıştır. Nitel görüşmelere katılan öğrencilerin 12'si kız iken 8'i erkek öğrencidir. Öğrencilerin matematiksel modelleme konusunda daha önce herhangi bir deneyimleri bulunmamaktadır. Bu durum öncelikle, uygulamanın etkisini daha saf biçimde gözlemlemeye olanak tanımakta; yani öğrencilerin ön bilgilerinden ya da önceki deneyimlerinden kaynaklı bir etki olmadan, yalnızca yapılan uygulamanın katkısı değerlendirilebilmektedir. Bu bağlamda, gözlenen gelişmelerin uygulamaya atfedilme gücü artmaktadır. Öte yandan, öğrencilerin modelleme sürecine tamamen yabancı olmaları, özellikle başlangıçta kavramsal zorluklar yaşamalarına ve modelleme döngüsünü anlamakta güçlük çekmelerine neden olabilir. Bu sorun ise sekiz haftalık bir uygulama ile aşılmaya çalışılmıştır.

2.3. Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada nicel ve nitel veri toplama araçları kullanılmıştır. Nicel verilerin toplanmasında Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği ve Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği kullanılırken nitel verilerin toplanmasında argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları hakkında görüşme formu kullanılmıştır.

• Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği (MMYÖ), Özbek ve Köse (2022) tarafından hem ortaokul hem de lise düzeyinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve her iki eğitim kademesinde de uygulanmış bir ölçek aracıdır. Bu ölçek modelleme yeterlik seviyelerinin belirlenebilmesi, bu seviyelerin gelişimine ihtiyaç duyulan aşamaların tespit edilebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Ölçeğin hazırlanması sürecinde yapılan güvenilirlik analizlerinde Cronbach alfa iç tutarlılık katsayısının ölçeğin bütünü için .958 olduğu belirlenmiştir. Ölçüt olarak kabul edilen .70'ten yüksek olduğundan ölçeğin iç tutarlılığının yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Öğrencilerin modelleme yeterliklerini belirlemek amacıyla geliştirilen ölçek likert tipte 5 faktörlü 31 maddeden oluşmaktadır. 'Tamamen katılıyorum', 'Katılıyorum', 'Orta derecede katılıyorum', 'Katılmıyorum' ve 'Hiç katılmıyorum' şeklinde derecelendirilmiştir. Ölçeğin alt faktörlerinin 'Gerçek yaşam problemini belirleme', 'Problemi anlama ve sadeleştirme', 'Matematikselleştirme', 'Matematiksel olarak çalışma' ve 'Yorumlama ve doğrulama' olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada argümantasyona dayalı matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi incelenmek istemiştir. Bu amaçla öğrencilere uygulamanın öncesinde ve sonrasında MMYÖ uygulanmıştır.

• Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği

Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği (MYSÖBÖ) Katrancı ve Şengül (2020) tarafından geliştirilmiş bir ölçek aracıdır. Bu ölçek, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin matematiğe ilişkin sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra, ölçek aracılığıyla öğrencilerin sorgulama ve değerlendirme gibi problem çözme süreçlerine yönelik becerilerinin de incelenmesi hedeflenmiştir. Ölçeğin hazırlanması sürecinde güvenilirliğini belirlemek için Cronbach Alfa iç tutarlılık analizlerinde, 25 maddeden oluşan ölçeğin Cronbach Alfa değeri 0.880 olup 0.70' in üzerinde olduğundan ölçeğin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ölçeğin olumlu ve olumsuz algılar olmak üzere iki faktörden oluştuğu ve açıkladığı toplam varyans %35.202 olduğu görülmüştür. Alt faktörler ile ölçeğin toplam puanı arasında korelasyon katsayısına bakıldığında yüksek düzeyde ilişkili olduğu görülürken, faktörlerin kendi aralarındaki korelasyon katsayısının orta düzeyde ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu ölçeğin geliştirilmesinde ortaokul öğrencileri ile çalışıldığından ölçeğin ortaokul düzeyinde öğrenim gören öğrenciler için uygun olacağı önerilmektedir.

- Yarı yapılandırılmış görüşme formu

Tablo 1’de verilen görüşme formu öğrencilerin matematiksel modelleme ve argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları hakkındaki görüşlerini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 1

Matematiksel Modelleme ve Argümantasyona Dayalı Matematiksel Modelleme Uygulamaları Görüşme Formu

Temalar	Görüşme soruları
Matematiksel modellemeye yönelik	Modelleme etkinliklerinde karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdi? Modelleme etkinliklerinin hangi yönlerini en çok beğendiniz? Bu etkinliklerin, konuyu anlamanızı kolaylaştırdığını düşünüyor musunuz? Neden? Modelleme etkinlikleri sırasında grup çalışması hakkındaki düşünceleriniz nelerdir? Modelleme etkinlikleri sırasında kendinizi ifade etmekte zorlandığınız oldu mu? Neden?
Argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamalarına yönelik	Modelleme etkinlikleri sırasında hangi tür sorular size en çok yardımcı oldu? Modelleme etkinlikleri sonrasında tartışma becerilerinizin geliştiğini düşünüyor musunuz? Örnek verebilir misiniz? Etkinlikler sırasında öğretmeninizin sorduğu sorular hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu sorular sizin düşünmenize ve çıkarımlar geliştirmenize nasıl yardımcı oldu?
İleriye dönük öneriler	Modelleme etkinliklerinin daha etkili olması için ne gibi değişiklikler yapılmasını önerirsiniz? Tartışma becerilerinizi daha da geliştirebilmek için ne tür etkinlikler veya destekler almak istersiniz? Gelecekte hangi konularla ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istersiniz?

Tablo 1’de sunulduğu üzere görüşme formunun ilk 5 sorusu matematiksel modellemeye yönelik soruları içermektedir. Diğer 3 soru argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları ile ilgili görüşleri ortaya çıkarmak için geliştirilmiştir. Son 3 soru ise ileriye dönük önerileri içermektedir.

- Matematiksel modelleme etkinlikleri

Araştırmada yer alan matematiksel modelleme etkinlikleri uzman görüşleri alınarak öğrencilerin seviyesine ve dersin içeriğine uygun olacak şekilde araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Alan yazın taraması sonucu matematiksel modelleme etkinliklerinde yer alan problemler öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaşılabilecekleri olaylardan yola çıkılarak önceden gördükleri kazanımlar doğrultusunda oluşturulmuştur. Öğretim sürecinde kullanılmak üzere geliştirilen dört matematiksel modelleme etkinliği aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır:

➤ Kümes Problemi etkinliğinde öğrencilere kümes yapımında kullanılmak üzere 24 metre uzunluğunda bir tel örgü verilip bu tel örgü ile bir kümes tasarımları ve tasarlanan kümese göre sığabilecek tavuk sayılarını bulmaları istenmiştir. Etkinlikte tasarlanan kümesin şekli ile ilgili bir ifade belirtilmemiş olup en uygun şekli öğrencilerin bulması istenmiştir. Bu etkinlikte öğrenciden beklenen tel örgü ile oluşabilecek tüm kümes şekillerini belirlemeleri ve en çok tavuğun hangi kümes şeklinde daha iyi sığabileceğine karar verebilmeleridir. Sürecin ilk etkinliğinde öğrencileri fazla zorlayıcı bir etkinlik olmamasına dikkat edilmiştir. Etkinlik Yıldız (2023) çalışmasından uyarlanmıştır.

➤ Battaniye problemi etkinliğinde öğrencilere üçgen ve kareler verilerek kırk yama battaniye dikmeleri istenmektedir. Çalışma kağıdında kırk yama battaniye için kullanılacak olan desenlerin ölçüleri şekillerle gösterilmiş olup, öğrenciden farklı boyuttaki battaniler için formül geliştirilmesi istenmiştir. Etkinlik MEB (2015) den uyarlanmıştır.

➤ Fıskiye Problemi etkinliğinde öğrencilere okullarının ön bahçesindeki çimlerin sulanabilmesi için fıskiye ihtiyaçları olduğu ve fıskiyelerin sulama çapları bilgisi verilirken bahçenin kaç m² olduğu bilgisi verilmemiştir. Bu etkinlikte ilgili öğrenciden beklenen öncelikle kendilerinin belirlediği yöntemle bahçe alanını ölçüp, bu alana en uygun çapta kaç fıskiye alınması gerektiğini bulmaktır. Bu problem araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

➤ Duvar Boyama Problemi etkinliğinde öğrencilere sınıf duvarlarının kirli ve boyaya ihtiyacı olduğunu fakat duvarların kaç m² olduğunun bilinmediği bilgisi verilmiştir. Boyacıya sınıfın duvarlarının kaç m² olduğu hakkında en doğru bilginin verilmesi ve tüm okulun boyanması durumunda kaç litrelik boya kullanılmasının gerekli olacağını tahmini istenmiştir. Bu etkinlikte öğrencilerden beklenen grup arkadaşları ile duvarın alanını nasıl ölçeceklerini bulup, gerçek değere en yakın sonucu bulmaktır. Ardından bir sınıf için uygulanacak boya miktarına bakıp okulun tamamı için yaklaşık kaç litre boya gerekli olacağını tahmin etmeleridir. Bu problem araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

Çalışmada kullanılmak üzere geliştirilen 4 tane matematiksel modelleme etkinliğinin alan ve çevre ölçme konularına ilişkin kazanımları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Kazanımları

Etkinlik Adı	Kazanımlar (MEB, 2018)
ETKİNLİK 1: Kümes Problemi	Dairenin ve daire diliminin alanını hesaplar (M.7.3.3.3) Alan ile ilgili problemleri çözer (M.7.3.2.5) - Dikdörtgenin çevre uzunluğuyla alanını ilişkilendirmeye yönelik çalışmalara yer verilir. Aynı alana sahip farklı dikdörtgenlerin çevre uzunlukları ile aynı çevre uzunluğuna sahip farklı dikdörtgenlerin alanları incelenir.
ETKİNLİK 2: Battaniye problemi	Kuralı verilen sayı ve şekil örüntülerinin istenen adımlarını oluşturur (M.5.1.1.3) Üçgen ve dörtgenlerin çevre uzunluklarını hesaplar, verilen bir çevre uzunluğuna sahip farklı şekiller oluşturur (M.5.2.3.2)
ETKİNLİK 3: Fıskiye Problemi	Dairenin ve daire diliminin alanını hesaplar (M.7.3.3.3)
ETKİNLİK 4: Duvar Boyama Problemi	Dikdörtgenin alanını hesaplar, santimetre kare ve metre kareyi kullanır (M.5.2.4.1)

Tablo 2’de görüldüğü üzere, araştırmada uygulanan matematiksel modelleme etkinlikleri alan-çevre ilişkisi, alan hesaplama konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Matematiksel modelleme etkinlikleri alan ve çevre hesaplama konularıyla ilgili dördüncü sınıftan yedinci sınıfa kadar yer alan kazanımlardan hazırlanmıştır. Üçgen, kare, dikdörtgen, altıgen, daire gibi geometrik şekillerin alanlarını bulabilmek için hesaplama yapma, çıkan sonuçlara göre yorum yapma, tahmin etme, akıl yürütme, varsayımlarda bulunma gibi becerileri geliştirilmek istenmiştir.

2.4. Uygulama Süreci

Çalışmanın uygulama süreci sekiz haftalık matematiksel modelleme etkinlikleri ve ön test-son testlerin birer haftalık uygulanma süresiyle birlikte toplam 10 haftada gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada öğrencilere uygulanan ölçekler ve matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulama süreci Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3

Araştırmanın Uygulama Süreci

Hafta	Uygulama Adı	Süre (dk)
1	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği ön test	30
1	Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği ön test	30
2	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Kümes Problemi”	80
3	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Kümes Problemi”	80
4	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Battaniye Problemi”	80
5	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Battaniye Problemi”	80
6	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Fıskiye Problemi”	80
7	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Fıskiye Problemi”	80
8	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Duvar Boyama Problemi”	80
9	Matematiksel Modelleme Etkinliği “Duvar Boyama Problemi”	80
10	Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği son test	30
10	Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği son test	30
10	Görüşme formu	30

Tablo 3’te sunulduğu üzere uygulama sürecinin ilk haftasında öğrencilere öncelikle Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği ve Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği ön test olarak uygulanmıştır. Ölçeklerin gruplara uygulanması öncesinde ölçekteki her bir soruyu samimi ve eksiksiz bir şekilde cevaplandırmaları istenmiştir. Ön testlerin uygulanması tamamlandıktan sonra argümantasyona dayalı matematiksel modelleme etkinlikleri ile öğretimin ve sürecin nasıl gerçekleşeceği derslerde neler yapılacağı hakkında öğrencilere detaylı bilgi verilmiştir. Ön testlerin uygulanması, sürecin öğrencilere anlatılması ve sınıf düzeninin sağlanmasının ardından öğretim sürecinde kullanılan dört matematiksel modelleme etkinliği sekiz hafta boyunca uygulanmıştır. Her bir etkinlik haftada iki ders saati olmak üzere araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Sekiz haftalık argümantasyonla matematiksel modelleme etkinlikleri sonrasında Matematiksel Modelleme Yeterlikleri Ölçeği ve Matematiğe Yönelik Sorgulayıcı Öğrenme Becerileri Ölçeği son test olarak uygulanmıştır.

Etkinliklerin uygulanması sürecinde, araştırmacı öğrencileri her grupta farklı yeteneklere sahip öğrenciler olacak şekilde dört veya beş kişilik altı gruba ayırmıştır. Gruplara ayrılan öğrencilerden her grup için bir yazıcı ve bir sözcü seçilmesi istenmiştir. Her grupta matematik başarı seviyelerinin farklılık gösterdiği öğrenciler bulunmaktadır. Sınıf düzeni aynı grupta yer alan öğrencilerin grup çalışmalarını kolayca yapabilmeleri adına küme oturma düzeni şeklinde düzenlenmiştir. Kümelerin arasına süreçte öğrencilerin birbirlerini rahatsız edemeyecekleri şekilde boşluk bırakılmıştır.

Öğretim süreci boyunca her bir matematiksel modelleme etkinliğinin uygulanması sırasında takip edilen adımlar aşağıdaki gibidir:

1. Etkinliğin ilk kısmında o hafta için belirlenmiş olan matematiksel modelleme etkinlik çalışma kâğıdı her gruba dağıtılmıştır. Gruptaki öğrencilerin soruyu okuyup anlamaları için süre verilmiştir.

2. Öğrencilerin problemde anladıklarını ifade etmeleri ve bunu grup arkadaşlarıyla paylaşmaları istenmiştir. Bu sayede öğrencilerin soruya daha iyi hâkim olmaları amaçlanmaktadır.

3. Öğrencilerin problemi çözebilmek için ihtiyaçları olan bilgileri yazman tarafından yazılması istenmiştir.

4. Araştırmacı grupları gezerek öğrencilerin bulmuş oldukları çözüm yollarını dinlemiştir, ardından öğrencilere “neden böyle düşündün?”, “başka bir seçenekle daha bulunamaz mıydı?”, “bulduğun yolun doğruluğundan emin misin?” gibi sorularla argümantasyon sürecini desteklemiştir. Ayrıca süreçte en çok gerekçe bileşeninden yararlanıldığı bunun nedeninin ise gerekçe isteme eyleminin açıklamayı detaylandırdığı ve derinleştirdiği (Dinçer, 2024) düşünülmektedir.

5. Öğrenciler bulmuş oldukları çözüm yollarından birine grupça karar verip problemi çözmeleri istenmiştir.

6. Gruplardan seçilen sözcüler grubunun yapmış olduğu çözümü diğer gruplarla paylaşmıştır.

7. Etkinliğin son kısmında ise grupların buldukları çözümün doğruluğunu veya yanlışlığını ifade etmeleri için tartışma ortamı oluşturulmuştur.

Uygulama sürecini açıklamak amacıyla ikinci hafta uygulanan matematiksel modelleme etkinliği kümes problemine yönelik ders süreci aşağıda sunulmuştur. Benzer süreçler diğer modelleme etkinlikleri için de yürütülmüş ancak örnek teşkil etmesi açısından kümes problemi seçilmiştir. Araştırmada kullanılan matematiksel modelleme etkinliği Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1

Modelleme Etkinliklerinde Kullanılan Kümes problemi

Haydi Kümes Yapalım



Aslı, Kerem ve Tuna dedelerine tavuklar için kümes yapımında yardım etmek istiyor. Dedeleri onlara 24 metre uzunluğunda bir tel örgü verip, “Hadi bununla bir kümes yapın bakalım.” diyor. Çocuklar tel örgüye bakıp, “Peki ama nasıl?” diye soruyorlar. Dedeleri, “En uygun şekli siz bulun.” diyor. En uygun şekilde bir kümes tasarlamaları için bu üç kardeşe yardım eder misiniz?
Arkadaşlarınıza yaptığınız kümesi tanıttın.
Yapılabilecek kümelere göre sığabilecek tavuk sayılarını bulalım.

Şekil 1’deki problem gruplara dağıtıldıktan sonra öğrencilerin bireysel olarak problemi okumaları, anlamaları ve gerekli notları almaları için süre verilmiştir. Ardından grupların kendi içlerinde her öğrencinin problemi kendi cümleleriyle ifade etmeleri ve soruda bizden ne istendiğini tartışmaları istenmiştir. Problemin çözümü için olası varsayımlar oluşturmaları istenmiştir. Bu aşamada gerçekleşen diyaloglardan bazıları şu şekildedir.

Alihan: “Kare yapalım (İddia), zaten bütün kümesler kare şeklinde olur (Gerekçe)”

Araştırmacı: “Başka bir yol daha var mıdır sizce?” (Çürütme: Bütün kümeslerin kare şeklinde olmasını sorguluyor)

Emirhan: “Bence düşünelim (İddia), başka şekillerde olabilir. (Gerekçe)”

Araştırmacının her grubu bu şekilde tartışmalarını dinleyip gerekli soruları yönlendirerek gruplar arası gezmeye devam etti. Başka bir grupta geçen diyalog ise şu şekildedir:

Seda: “Bence kapalı olan herhangi bir şekilde kümes yapsak yeter.” (*İddia*)

Mustafa: “Muhtemelen kapalı olan her şekil olur kümes olacaktır.” (*İddia*)

Araştırmacı: “Sizce kapalı olması yeterli mi arkadaşımızın dediği gibi?” (*Çürütme: Kapalı şeklin yeterliliğini sorguluyor.*)

Belinay: “Ama soruda zaten bize en uygun şekli bulmamız isteniyor (*Gerekçe*), demek ki birkaç ihtimal var (*Dayanak*). Benim ilk aklıma gelen kare (*İddia*).”

Ömer: “Benim aklıma da dikdörtgen geldi (*İddia*).”

Araştırmacı: “Sence Edanur, başka neler olabilir?” (*Çürütme: Kümeslerin sadece dikdörtgen şeklinde olmasını sorguluyor.*)

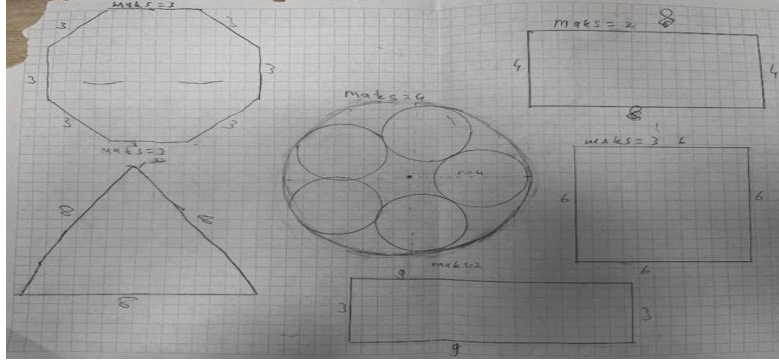
Edanur: “O zaman üçgen ve daire de olabilir (*Niteleyiciler*).”

Araştırmacı: “Peki sizce en doğru olan hangisi, bunu nerden bilebilirsiniz?” (*Gerekçe: iddia ile veri arasındaki bağlantıyı kurmak için soru yöneltiyor.*)

Belinay: “Bence oluşabilecek tüm şekilleri bulalım, ardından çizim yapalım kâğıda (*İddia*). Sonra zaten kâğıtta hangisine en çok tavuk sığabileceği çıkmış olur (*Dayanak*).” ifadelerinden sonra öğrencilerin kendi içlerinde fikir alışverişleriyle oluşabilecek tüm şekilleri aynı kâğıt üzerine çizmişlerdir.

Şekil 2

Beşinci Grup Kümes Problemi Çalışma Kâğıdı Örneği



Şekil 2’de görüldüğü üzere soruda verilen tel uzunluğuna dikkat edip çevresi 24 metre olacak şekilde birbirinden farklı şekiller çizmişlerdir. Bütün gruplarda oluşabilecek şekilleri çizdikten sonra bir grubun arasında geçen diyalog aşağıda verilmiştir:

Ayşe: “Hangisini seçeceğimize nasıl karar vereceğiz? (*Gerekçe: iddia ile veri arasındaki bağlantıyı kurmak için soru yöneltiyor*)”

Ahmet: “Bence üçgen olsun (*İddia*), farklı olmuş olur (*Gerekçe*).”

Zehra: “Hayır, en uygun şekli oluşturmamız isteniyor (*Çürütme*). Bence alanı hangisinin en büyükse onu seçeceğiz (*İddia*).”

Araştırmacı: “Neden alanla alakalı olduğunu düşündün Hiranur?” (*Gerekçe: iddia ile veri arasındaki bağlantıyı kurmak için soru yöneltiyor*) Zehra: “Hocam çünkü kümese en çok tavuğun sığabilmesi için alanın da büyük olması gerekir (*Gerekçe*).”

Araştırmacı: “Peki en büyük alanın hangisinde olduğunu nasıl anlarsınız?” (*Gerekçe: iddia ile veri arasındaki bağlantıyı kurmak için soru yöneltiyor*) Ayşe: “Bende 1tl var. Bunları bu

şekillerin içine koyalım (*İddia*). En çok hangi şekle sığarsa en çok tavukta o şekle sığmış olur (*Dayanak*)”

Mete: “Bende de 50 kuruş var onu da koyalım (*İddia*).”

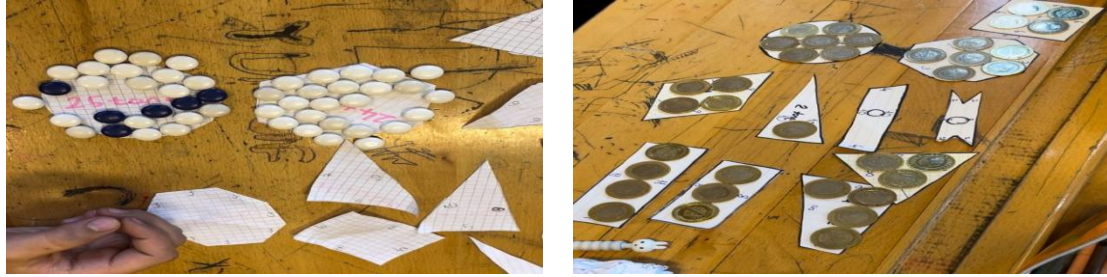
Araştırmacı: “Bulduğun yolun doğru olduğuna emin misin, neden böyle düşündün?” (*Gerekçe: iddia ile veri arasındaki bağlantıyı kurmak için soru yöneltiliyor*) Mete: “O da sonuçta para hocam.” (*Gerekçe*)

Hiranur: “Ama aynı değil boyutları, hayır o olmaz.” (*Çürütme*)

Gruplar bozuk para, kuru fasulye, sayma fasulyesi, mangala taşları gibi malzemelerden yararlanarak oluşturdukları şekillerin hangisinin alanının en fazla olduğuna malzemeleri şekillere yerleştirerek karar vermişlerdir. Buna yönelik grupların çalışmaları aşağıda Şekil 3’te verilmiştir.

Şekil 3

Grupların Kümes Problemi Çalışma Kâğıtları



Şekil 3’de görüldüğü üzere grupların çözüm kâğıtlarına bakıldığında çizdikleri çemberin içine en fazla sayıda malzeme sığıdığı, bu yüzden yapılacak kümes içinde en mantıklı şeklin daire olması gerektiğine karar vermişlerdir.

2.5. Verilerin Analizi

Ölçeklerin veri analizinde SPSS programı kullanılarak alt problemlere cevap aranmıştır. Ölçeklerin veri analizine geçilmeden önce ise güvenirlik analizleri yapılmıştır. Ardından normallik analizleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan iki ölçeğe ait güvenirlik analizlerine bakıldığında matematiksel modelleme yeterliği ölçeğinin Cronbach Alpha katsayısı .92 bulunmuştur. Bu değer ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. Matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerileri ölçeğinin Cronbach Alpha katsayısı .56 bulunmuştur. Bu değer ise ölçeğin orta düzeyde güvenilir sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Normallik incelemesinde ise Kolmogorov-Smirnov testine yer verilmiştir. Bu testte normal olmayan değişkenler için ise Shapiro-wilk ve çarpıklık basıklık değerleri incelenmiştir. Kolmogorov-Smirnov testi sonuçları Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4

Kolmogorov-Smirnov Normal Dağılım Testi Sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov Testi		
	İstatistik	sd	P
Ön test modelleme yeterlilikleri toplamı	.098	52	.200
Ön test sorgulayıcı öğrenme toplamı	.126	52	.039
Son test modelleme yeterlilikleri toplamı	.108	52	.188
Son test sorgulayıcı öğrenme toplamı	.110	52	.162

Tablo 4'e göre MMYÖ ön ve son test ile MYSÖBÖ son testin Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonucu örneklemin evrenden anlamlı olarak farklılaşmadığını göstermektedir. MYSÖBÖ ön test sonucu ise anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Bu değişken için örneklem sayısı 50'ye yakın olduğu için Shapiro-wilk değerine de bakılmış ve bu istatistik değerinin .957, p değerinin ise .059 ile .05'ten büyük olduğu görülmüştür. Bu değişken için ayrıca basıklık çarpıklık değerleri de incelenmiş olup çarpıklık değerinin .332 (standart hata: .330) ve basıklık değerinin .271 (standart hata: .650) olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin -1 ile +1 arasında yer alması örneklemin normal dağıldığının bir göstergesidir. Ayrıca çarpıklık basıklık değerlerinin standart hataya bölümünden elde edilen değerlerinde yine -1 ile +1 arasında olması normal dağılımı desteklemektedir. Bu göstergelerden hareketle MYSÖBÖ ön test değişkeninin de normal dağılım gösterdiği söylenebilir.

Araştırmanın birinci ve ikinci alt problemine cevap aramak için matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeği ön ve son test verilerinin analizinde parametrik bir test olarak ilişkili örneklem t testi kullanılmıştır. Ayrıca matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerine yönelik ölçekten elde edilen ön ve son test verilerinin analizinde ilişkili örneklem t testi kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım gösterdiği Tablo 4'te sunulmuş olup, tüm testler için varyansların homojenliğine bakılmış ve Levene test istatistiklerinin p değeri .05'ten büyük olduğu görülmüştür. Böylece varyansların homojenliği teyit edilmiştir. Araştırmanın üçüncü alt problemine ise nitel veri analizi yöntemlerinden içerik analizi yöntemi kullanılarak öğrencilerin hem modelleme yeterliklerine hem de sorgulayıcı öğrenme becerilerine yönelik görüşleri dikkate alınarak kod ve kategoriler oluşturulmuştur.

BULGULAR

Öğrencilerin matematiksel modelleme yeterlikleri ve matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerine ait puanlarda argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları öncesi ve sonrası anlamlı bir farklılık var mıdır? Şeklindeki birinci alt probleme yönelik t testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

Bağımlı Örneklem İçin t-Testi Analiz Sonuçları

Bileşen	Ölçüm	N	$\bar{X}$	S	sd	t	P
MMYÖ	Ön Test	52	99.08	19.91	51	-3.690	0.001*
	Son Test	52	109.00	17.31			
MYSÖBÖ	Ön Test	52	76.79	8.25	51	-2.208	0.032*
	Son Test	52	80.29	8.14			

p<.01

Tablo 5 incelendiğinde, etkinliklerden önce uygulanan matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeğine yönelik öğrencilerin puan ortalamaları ($\bar{X} = 99,08$) ile etkinlikler sonrası uygulanan ölçek puan ortalamaları ($\bar{X} = 109$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur [t51= -3,690, p< .01]. Bu durumda öğrencilerin son test puanlarının ön test puanlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan öğrencilerin matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerinde ön test puanları ($\bar{X} = 76,79$) ile son test puan ortalamaları ($\bar{X} = 80,29$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur [t51= -3,690, p< .01]. Bu durum uygulanan etkinliklerin öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerilerine olumlu bir katkısı olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın ikinci alt problemine yönelik analizde modelleme yeterlikleri alt boyutlarına yönelik ilişkili örneklem t testi analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6*Modelleme Yeterliliklerine İlişkin t-Testi Analiz Sonuçları*

Bileşen	Ölçüm	N	$\bar{X}$	S	sd	t	P
Gerçek yaşam problemi Belirleme	Ön Test	52	10.92	2.35	51	2.603	0.012*
	Son Test	52	11.88	1.79			
Problemi Anlama	Ön Test	52	23.21	4.89	51	3.015	0.004*
							*
	Son Test	52	25.38	4.90			
Matematikselleştirme	Ön Test	52	9.19	2.96	51	2.280	0.027*
	Son Test	52	10.27	2.51			
Matematiksel Çalışma	Ön Test	52	18.08	5.60	51	2.238	0.030*
	Son Test	52	19.73	4.38			
Yorumlama-Doğrulama	Ön Test	52	37.63	8.70	51	3.159	0.003*
							*
	Son Test	52	41.73	8.80			

* p<.05, **p<.01

Tablo 6’da görüldüğü üzere öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini belirleme son test puanlarının ortalamalarının ($\bar{X}$ = 11,88) ön test puanlarının ortalamalarından ($\bar{X}$ = 10,92) anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (t51=2,603, p<.05). Benzer şekilde problemi anlama alt faktöründe öğrencilerin son test puanlarının ortalamalarının ($\bar{X}$ = 25,38) ön test puanlarının ortalamalarından ($\bar{X}$ = 23,21) anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür (t51=3,015, p<.01). Matematikselleştirme alt boyutunda ise öğrencilerin son test puanlarının ortalamalarının ($\bar{X}$ = 10,27) ön test puanlarının ortalamalarından ($\bar{X}$ = 9,19) anlamlı olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir (t51=2,280, p<.05). Yine matematiksel çalışma alt boyutunda öğrencilerin son test puanlarının ortalamalarının ($\bar{X}$ = 19,73) ön test puanlarının ortalamalarından ($\bar{X}$ = 18,08) anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (t51=2,238, p<.05). Son olarak yorumlama ve doğrulama alt boyutunda da öğrencilerin son test puanlarının ortalamalarının ($\bar{X}$ = 41,73) ön test puanlarının ortalamalarından ($\bar{X}$ = 37,63) anlamlı olarak yüksek olduğu belirlenmiştir (t51=3,159, p<.01). Yapılan t testi sonuçlarına göre matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeğinin tüm alt boyutlarında öğrencilerin ön test puanları ortalamaları ile son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Buradan hareketle öğrencilerin son test puanları ortalamaları ön test puan ortalamalarından yüksek olduğu görülmektedir.

Üçüncü alt problem olan “Öğrencilerin argümantasyona dayalı matematiksel modelleme etkinlikleri hakkındaki görüşleri nelerdir?” sorusunu yanıtlamak üzere, uygulama sonrasında seçilen yirmi öğrenciyle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin vermiş oldukları yanıtlar kodlanmış ve kategorilere ayrılmıştır. Bu süreç, öğrencilerin modelleme etkinliklerini ve argümantasyon becerilerini nasıl algıladıklarını anlamak için önemlidir.

“Modelleme etkinliklerinde karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdi?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7*Öğrencilerin Modelleme Etkinliklerinde Karşılaştıkları Zorluklar*

Madde 1'in kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Ölçme	Ö19, Ö12, Ö10, Ö8, Ö4, Ö3	6	Sınıfı metre ile ölçmekte zorlandım
İşlem	Ö18, Ö17, Ö14, Ö11, Ö9, Ö7, Ö3, Ö2, Ö15	9	Problemleri çözerken hangi işlemi yapacağıma karar veremedim
Sorularda zorlanma	Ö16, Ö6, Ö20	3	Bazı anlamadığım şeyler oldu
Grupla çalışma	Ö11, Ö12, Ö4	3	Grupla anlaşmak zor oldu
Not tutma	Ö1	1	Edinilen bilgileri düzenli not edebilme

Tablo 7'ye göre, öğrencilerin modelleme etkinliklerinde en büyük zorlukların işlem aşamasında ve ölçme gerektiren kısımlarda olduğu belirtilmiştir. İşlemlerde zorlanan dokuz öğrenci, ölçme konusunda zorlanan altı öğrenci, soruları anlama aşamasında zorlanan üç öğrenci, grupla çalışmada zorlanan üç öğrenci ve veri not alma sürecinde zorlanan bir öğrenci olduğu görülmektedir. Öte yandan, Ö5 ve Ö13 kodlu öğrenciler herhangi bir zorluk yaşamadıklarını belirtmişlerdir. Bu veriler, öğrencilerin modelleme etkinliklerinde farklı aşamalarda ne tür zorluklarla karşılaşabileceklerini ve hangi konularda ek desteğe ihtiyaç duyabileceklerini göstermektedir.

“Modelleme etkinliklerinin hangi yönlerini en çok beğendiniz?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8

Öğrencilerin Modelleme Etkinliklerinde Beğendikleri Yönler

Madde 2'nin kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Ölçüm	Ö5, Ö13, Ö3, Ö6, Ö9, Ö11, Ö14, Ö15, Ö16, Ö19	10	Metreyle ölçmek hoşuma gitti
Matematiksel bilgi- işlem	Ö5, Ö10, Ö18, Ö19	4	Matematik konularını öğrettiği yönünü sevdim
Alternatif üretebilme	Ö1, Ö20	2	Tek bir seçeneğin olmaması farklı seçeneklerin de bulunması
Araştırma yapma	Ö1	1	Hangi konu üzerinde nasıl araştırma yapılacağını öğrenme
Gerçek hayat	Ö2	1	Soruyu çözmek için gerçek hayattaki ölçüleri ölçüp, ona göre çözmek.
Şekil	Ö3, Ö7	2	Çözümleri şekil çizerek bulmak
Grup çalışması	Ö4, Ö8, Ö12	3	Birbirimizin düşüncelerini dinlemek
Belirtilmemiş	Ö17	1	-

Tablo 8, öğrencilerin modelleme etkinliklerinde hangi yönleri en çok beğendiklerini belirttikleri cevapları içermektedir. Analiz sonuçlarına göre, öğrencilerin özellikle ölçüm yapma ve matematiksel işlem aşamalarını beğendikleri anlaşılmaktadır. Ölçüm konusunda on öğrenci olumlu görüş bildirmiş olup, bu konuda Ö14 kodlu öğrencinin "Metreyle sınıfımızın kenarlarını ölçmeyi beğendim." şeklindeki ifadesi öne çıkmaktadır. Ayrıca, modelleme etkinliklerinin gerçek hayata uygulanabilir olması da beğenilen yönler arasında bulunmaktadır. Örneğin, Ö2 kodlu bir öğrenci, "Soruyu çözmek için gerçek hayattaki ölçüleri ölçüp, ona göre çözmek." şeklindeki görüşünü paylaşmıştır. Bunun yanı sıra, öğrencilerin problem çözerken alternatifler üretebilme, araştırma yapabilme, şekillerle gösterme ve grup çalışması gibi farklı yönleri de beğendikleri gözlemlenmiştir.

“Bu etkinliklerin, konuyu anlamanızı kolaylaştırdığını düşünüyor musunuz? Neden?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9

Modelleme Etkinliklerinin Matematik Konularını Anlamayı Kolaylaştırmasına Yönelik Öğrenci Görüşleri

Madde 3'ün kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Düşünüyorum	Ö5, Ö17, Ö13, Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö15, Ö16, Ö18, Ö19, Ö20	17	Düşünüyorum, çünkü etkinlik halinde soru çözmek beni daha çok hırslandırıyor ve soru üstünde daha çok çabalıyorum
Kararsızım	Ö14, Ö6	2	Az çünkü her yıl çözmüyoruz.
Düşünmüyorum	Ö12	1	Düşünmüyorum

Tablo 9, öğrencilerin matematiksel modelleme etkinliklerinin konuyu anlamalarına nasıl katkı sağladığına yönelik görüşlerini içermektedir. Analize göre, 17 öğrenci bu etkinliklerin konuyu anlamalarını kolaylaştırdığını düşünmekte, iki öğrenci ise bu konuda kararsız kalmıştır ve bir öğrenci bu etkinliklerin konuyu anlamasına yardımcı olmadığını düşünmektedir. Öğrencilerin bu soruya verdiği yanıtlardan bazıları şu şekildedir:

Ö18 kodlu öğrenci: “Evet, çünkü bu etkinlik için uzun zaman harcıyoruz. Hocamız ve arkadaşlarımızla tartışarak iyi bir şekilde anladık.”

Ö9 kodlu öğrenci: “Evet, çünkü daha uzun işlemler çözmemiz daha dikkatli olmamızı sağlıyor.”

Ö4 kodlu öğrenci: “Düşünüyorum, çünkü etkinlik halinde soru çözmek beni daha çok hırslandırıyor ve soru üstünde daha çok çabalıyorum.”

Ö2 kodlu öğrenci: “Düşünüyorum, çünkü bu sayede dairenin alanını şekillerin alanını aklıma daha iyi kazıdım.”

“Modelleme etkinlikleri sırasındaki grup çalışması hakkında düşünceleriniz nelerdir?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10

Öğrencilerin Modelleme Etkinliklerinde Grup Çalışması Hakkındaki Görüşleri

Madde 4'ün kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Katkı sağlamayanlar	Ö13, Ö17, Ö18, Ö5, Ö19, Ö15, Ö2, Ö3, Ö4	9	Evet yaptık, grupla çalışmanın bazı zorlukları vardı, kimisi konuşuyor, kimisi hiçbir şey yapmıyor
Eğlenceli	Ö7, Ö6, Ö12, Ö4, Ö1, Ö14, Ö16	7	Grup içerisinde farklı görevlere ayrılarak uyumlu bir şekilde çalıştık
İş birliği	Ö8, Ö20, Ö16, Ö1	4	Grupta yer alan kişilere görev dağılımı yapıp harekete geçince yapılacak olan iş kolaylaşır
Zor	Ö4, Ö9, Ö5	3	Evet yaptık fakat oldukça zorlayıcıydı
Belirtilmemiş	Ö11, Ö10	2	-

Tablo 10, öğrencilerin modelleme etkinlikleri sırasında yapmış oldukları grup çalışması hakkındaki görüşlerini içermektedir. Analize göre, 9 öğrenci grup çalışmaları esnasında gruptaki bazı öğrencilerin katkı sağlamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu öğrencilerden bazılarının verdiği yanıtlar aşağıda verilmiştir:

Ö4 kodlu öğrenci: “Yaptık, grup çalışması çok eğlenceli ama hepimizin farklı fikir ayrılıkları olduğundan karamsarlığa kapılabiliriz. Ayrıca bazı arkadaşlarım hiç yardım etmedi.”

Ö5 kodlu öğrenci: “Evet yaptık, grupla çalışmanın bazı zorlukları vardı, kimisi konuşuyor, kimisi hiçbir şey yapmıyor.”

Ö13 kodlu öğrenci: “Grup çalışması yaptık ama yardım etmeyen kişiler vardı.”

Bunun yanı sıra 7 öğrenci grup çalışmalarının eğlenceli olduğunu, iki öğrenci grup çalışmalarının iş birliği gerektirdiğini ve üç öğrenci grup çalışmasını fikir ayrılıklarından dolayı zor bulduğunu belirtmişlerdir. Bunlarla ilgili öğrenci yanıtları aşağıda verilmiştir:

Ö20 kodlu öğrenci: “Grupta yer alan kişilere görev dağılımı yapıp harekete geçince yapılacak olan iş kolaylaşır.”

Ö1 kodlu öğrenci: “Grup içerisinde farklı görevlere ayrılarak uyumlu bir şekilde çalıştık.”

“Modelleme etkinlikleri sırasında kendinizi ifade etmekte zorlandığınız oldu mu? Neden?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11

Öğrencilerin Modelleme Etkinliklerinde Kendilerini Neden İfade Edemediklerine İlişkin Görüşleri

Madde 5’in kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Cümle kurmak zor	Ö4, Ö18	2	Bir sürü işlem olunca birbirine karışıyor
Karşısındakini dinlememe	Ö10, Ö11, Ö2, Ö19	4	Evet, çünkü bazen gruptakiler beni dinlemedi
Heyecan	Ö7, Ö3, Ö15, Ö5	4	Evet, heyecanlandığım zamanlar oldu
Belirtilmemiş	Ö9, Ö17, Ö14	3	-
Kendimi ifade etmekte zorlanmadım	Ö1, Ö12, Ö6, Ö13, Ö8, Ö16, Ö20	7	-

Tablo 11, modelleme etkinliklerinde kendini ifade edemeyen öğrencilerin, neden ifade edemediklerine yönelik görüşlerini içermektedir. Analize göre, dört öğrencinin kendini ifade edememesindeki sebebin konuştuğu zaman dinlenilmemesi, dört öğrencinin konuşurken çok fazla heyecanlanması ve iki öğrencinin ise grubun içerisinde cümle kurmanın zorluğundan kaynaklı şeklinde ifade etmişlerdir. Kendini ifade edemeyen bazı öğrencilerin neden edemediklerine ilişkin görüşlerden bazıları aşağıda verilmiştir:

Ö4 kodlu öğrenci: “Evet oldu, modelleme etkinliklerinde sözlü cümle kurmak kendini arkadaşlarına anlatmak zor ve bazen kendimi ifade etmekte zorlandım.”

Ö7 kodlu öğrenci: “Evet, heyecanlandığım zamanlar oldu.”

Ö11 kodlu öğrenci: “Evet, çünkü bazen gruptakiler beni dinlemedi.”

“Modelleme etkinlikleri sırasında hangi tür sorular size en çok yardımcı oldu?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 12’ de verilmiştir.

Tablo 12

Öğrencilerin Modelleme Etkinlikleri Sırasında Sorulan Sorular Hakkındaki Görüşleri

Madde 6'nın kodları	Öğrenci kodları	f
Açıklayıcı sorular (ör. "Bu model nasıl çalışıyor?")	Ö6, Ö19, Ö16, Ö12, Ö9, Ö5, Ö20	7
Tahmin soruları (ör. "Bu modeli kullanarak ne tahmin edebilirsiniz?")	Ö13, Ö1, Ö3, Ö2, Ö18, Ö15, Ö8, Ö7, Ö11, Ö14, Ö20	11
Analitik sorular (ör. "Bu modelin güçlü ve zayıf yönleri nelerdir?")	Ö4, Ö10, Ö17	3

Tablo 12’de öğrencilerin modelleme etkinlikleri sırasında hangi tür soruların kendilerine en çok yardımcı olduğunu belirttikleri verilmektedir. Analize göre, öğrencilere en fazla yardımcı olan soru türü tahmin soruları olmuştur (f=11). Tahmin soruları, öğrencilerin öngörülerde bulunmalarını ve gelecek durumları tahmin etmelerini teşvik ettiği için etkili bulunmuştur. Bununla birlikte, açıklayıcı sorular da (f=7) önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Analitik sorular ise (f=3) daha az sayıda öğrenci tarafından yardımcı bulunmuştur.

“Modelleme etkinlikleri sonrasında tartışma becerilerinizin geliştiğini düşünüyor musunuz? Örnek verebilir misiniz?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 13’ te verilmiştir.

Tablo 13

Tartışma Becerilerinin Gelişip Gelişmediğine Dair Öğrenci Görüşleri

Madde 7'nin kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Evet geliştirdi	Ö4, Ö2, Ö3, Ö1, Ö13, Ö18, Ö16, Ö9, Ö11, Ö10, Ö5, Ö17, Ö6	13	Düşünüyorum, çünkü kendimi daha iyi bir şekilde ifade etmeyi öğrendim
Hayır gelişmedi	Ö12, Ö14, Ö20, Ö19	4	Az gelişmiş olabilir bundan emin değilim
Belirtilmemiş	Ö15, Ö8, Ö7	3	-

Tablo 13’ e göre modelleme etkinlikleri sonrasında tartışma becerilerinin geliştiğini düşünen 13 öğrenci varken tartışma becerilerinin gelişmediğini düşünen dört öğrenci bulunmaktadır. Tartışma becerilerinin geliştiğini ifade eden öğrencilerin verdiği örneklerden bazıları aşağıda verilmiştir:

Ö18 kodlu öğrenci: “Evet düşünüyorum, mesela ilk sorularda tartışamıyordum ama artık sorularda bildiğim şeyleri arkadaşlarıma söyleyebiliyorum.”

Ö13 kodlu öğrenci: “Düşünüyorum, çünkü kendimi daha iyi bir şekilde ifade etmeyi öğrendim.”

Ö5 kodlu öğrenci: “Evet tartışırken ne diyeceğimi karıştırabiliyordum ama şimdi tartışma becerim gelişti.”

“Etkinlikler sırasında öğretmeninizin sorduğu sorular hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu sorular sizin düşünmenize ve çıkarımlar geliştirmenize nasıl yardımcı oldu?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14

Öğrencilerin Öğretmen Sorularına Yönelik Görüşleri

Madde 8'in kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Çözüm yolu	Ö13, Ö17, Ö20	3	Sorunun nasıl çözüldüğüne yardımcı oldu
Akıl yürütme	Ö13, Ö9	2	Problemleri akıl yürüterek daha iyi çözüm bulmayı öğrendim
Konu bağlantısı	Ö1	1	Hangi konu üzerine yoğunlaşmamız gerektiğini anladık
Soruyu anlama	Ö3, Ö2, Ö4, Ö15, Ö8	5	Etkinlik sırasında öğretmenimizin sorduğu sorular çözdüğümüz soruyu daha iyi anlamamıza yardımcı oldu
İpucu	Ö18, Ö5, Ö11, Ö10, Ö16, Ö20	6	Öğretmenimizin sorduğu sorulara cevap vererek soru hakkında yeni ipuçları edindik
Belirtilmemiş	Ö6, Ö19, Ö12, Ö7, Ö14	5	-

Tablo 14'te modelleme etkinlikleri sırasında öğretmeninizin sorduğu sorular hakkında ne düşünüyorsunuz sorusuna yönelik verilen cevaplara oluşturulan kodlar verilmiştir. Buna göre öğretmenin sorduğu soruların öğrencilerde daha çok ipucu oluşturmalarında ve soruyu daha iyi anlamalarına yardımcı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte öğretmenin kullandığı sorularla çözüm yolunun bulunmasını sağlandığı, akıl yürütmelerine yardımcı olduğu ve sorunun hangi konu ile bağlantılı olduğunu anlamalarını kolaylaştırdığını düşünen öğrenciler olmuştur. Buna yönelik bazı öğrenci ifadeleri şu şekildedir:

Ö3 kodlu öğrenci: “Etkinlik sırasında öğretmenimizin sorduğu sorular çözdüğümüz soruyu daha iyi anlamamıza yardımcı oldu.”

Ö5 kodlu öğrenci: “Evet Hoca bir şeyler soruyordu ve soruları bilince işimizi daha da kolaylaştırdı.”

Ö20 kodlu öğrenci: “Öğretmenimizin sorduğu sorulara cevap vererek soru hakkında yeni ipuçları edindik. Bu sayede soruda ne yapmamız gerektiğine dair bir sürü tahminlerimiz oldu. Bu soruları cevaplayarak sorunun çözümü için kullanılabilecek daha pratik ve mantıklı çözüm yolları ve tahminleri buldum.”

“Modelleme etkinliklerinin daha etkili olması için ne gibi değişiklikler yapılmasını önerirsiniz?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15

Modelleme Etkinliklerine Yönelik Öğrencilerin Önerileri

Madde 9'un kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Herhangi bir değişiklik önermeyenler	Ö2, Ö3, Ö13, Ö6, Ö12, Ö7, Ö10, Ö16, Ö20	9	-
Görseller gerçek hayattan uyarlanmalı	Ö4, Ö5	2	Modellemeyi daha yaratıcı çizmek
Araç gereç kullanımı	Ö1	1	Gerekli araç gereçleri zamanında getirsek etkinlikleri daha rahat çözeriz
Sorularda ipucu olmalı	Ö18, Ö19	2	Sorularda biraz daha ipucu olmalı
Gruplar düzenlenmeli	Ö17, Ö15, Ö9, Ö11, Ö14	5	Grupların yarışması daha rekabetli olup çalışmamızı sağlar
Etkinliklerin sayısı artırılmalı	Ö8	1	Bence bu ders daha çok yapılmalı

“Modelleme etkinliklerinin daha etkili olması için ne gibi değişiklikler yapılmasını önerirsiniz?” sorusuna verilen cevaplar Tablo 15'te kategorilere ayrılmış olup değişikliğin en çok gruplarda yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte modelleme sorularında kullanılan görsellerin gerçek hayattan uyarlanması, sorularda daha fazla ipucu içermesi, soruların

çözümünde daha farklı araç gereç kullanımına imkân tanınması gibi birbirinden farklı değişiklikler önerilmiştir. Aşağıda bazı öğrenci yanıtları verilmiştir:

Ö11 kodlu öğrenci: “Grupların yarışması daha rekabetli olup çalışmamızı sağlar.”

Ö18 kodlu öğrenci: “Sorularda biraz daha ipucu olmalı.”

Ö17 kodlu öğrenci: “Gruptaki kişi sayısının azalması.”

“Tartışma becerilerinizi daha da geliştirebilmek için ne tür etkinlikler veya destekler almak istersiniz?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16

Tartışma Becerilerinin Gelişmesine Öğrencilerin Önerileri

Madde 10’un kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Grupla çalışmayı artırmak	Ö9, Ö18, Ö5, Ö13, Ö1, Ö2, Ö11, Ö17	8	Bireysel değil de grup çalışması ile çözülen etkinliklere katılmak isterim
Motive olmak	Ö8	1	Bence öğrencileri daha çok motive etmelisiniz
Sürecin devamlılığı	Ö12, Ö3, Ö20	3	Bu tür etkinlikler tartışma becerilerimizi geliştirdiği için bu türler ile her yıl devam etmeliyiz
Belirtilmemiş	Ö15, Ö16, Ö19, Ö14, Ö4, Ö10, Ö6, Ö7,	8	-

Tablo 16’ ya göre öğrencilerin tartışma becerilerinin geliştirilebilmesi için yapılacak etkinliklere bakıldığında öğrencilerin en çok grupla çalışmanın artırılmasına yönelik cevaplar verdiği görülmüştür. Bunun yanı sıra modelleme etkinlikleri sürecinde daha fazla motive olarak sürece katılmayı ve bu sürecin devamlılık göstermesi, ilerleyen sınıflarda da bu tarz etkinliklerde bulunmayı istediklerini belirtmişlerdir. Bununla ilgili Ö3 kodlu öğrencinin yanıtı ise şu şekildedir:

Ö3: “Bu tür etkinlikler tartışma becerilerimizi geliştirdiği için bu türler ile her yıl devam etmeliyiz.”

Grupla çalışmaların artırılması için bazı öğrenci yanıtları:

Ö2 kodlu öğrenci: “Tartışma grupları veya çözüm üreten gruplarda bulunmak isterim.”

Ö13 kodlu öğrenci: “Bireysel değil de grup çalışması ile çözülen etkinliklere katılmak isterim.”

“Gelecekte hangi konularla ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istersiniz?” sorusuna yönelik öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17

Öğrencilerin Gelecekte Hangi Konularla İlgili Modelleme Etkinlikleri Yapmak İstediklerine Dair Yanıtları

Madde 11'in kodları	Öğrenci kodları	f	Örnek Öğrenci İfadeleri
Alan- çevre	Ö13, Ö11, Ö17, Ö9, Ö12, Ö4, Ö18, Ö5, Ö14, Ö15	10	Bizim konularımız güzeldi, onlardan devam etmek isterim
Havuz problemi	Ö6	1	Havuz problemleri olabilir
Teknoloji	Ö10	1	Teknolojiyle alakalı
Belirtilmemiş	Ö1, Ö19, Ö16, Ö8, Ö3, Ö7	6	-
Cebirsel ifadeler	Ö2	1	Cebirsel ifadelerle ilgili olabilir

Tablo 17'de, "Gelecekte hangi konularla ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istersiniz?" sorusuna yönelik öğrencilerin verdikleri yanıtlar yer almaktadır. Analizlere göre, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun alan ve çevre konularıyla ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istemeye devam ettikleri görülmektedir (f=10). Alan ve çevre konuları, öğrencilerin matematiksel kavramları somutlaştırmalarına ve gerçek dünya ile bağlantı kurmalarına olanak sağladığı için tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, diğer konularda da ilgi gösteren öğrenciler bulunmaktadır. Örneğin, bir öğrenci havuz problemleriyle ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istemektedir (f=1), bir diğer öğrenci teknoloji ile ilgili konuları tercih etmektedir (f=1), ve bir öğrenci de cebirsel ifadeler konusuyla ilgilenmektedir (f=1). Altı öğrenci ise (f=6) gelecekte hangi konularla ilgili modelleme etkinlikleri yapmak istedikleri konusunda herhangi bir belirli konu belirtmemiştir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma çevre ve alan ölçme konularındaki matematiksel modelleme etkinliklerinde argümantasyona dayalı yapılan öğretim sürecinin ortaokul yedinci sınıf öğrencilerde matematiksel modelleme yeterliğine ve matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerine etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşleri incelenmiştir.

Araştırmanın birinci alt amacında öğrencilerin matematiksel modelleme yeterlikleri ile matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerinde modelleme etkinlikleri öncesi ve sonrası anlamlı bir farklılığın olup olmadığı incelenmiştir. Analiz sonucuna göre matematiksel modelleme etkinlikleri öncesi ve sonrası matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeğinden alınan puanlara bakıldığında son puanlarda anlamlı bir artış olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgu Alkan (2019), Özgen ve Şeker (2021), Tekin Dede ve Yılmaz (2015) çalışmalarında matematiksel modelleme etkinlikleriyle yapılan öğretim sonrasında ortaokul öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştiğine yönelik bulgusuyla paralellik göstermektedir. Bazı çalışmalarda ise modelleme alt yeterliklerinin özellikle doğrulama yeterliğinin gelişime dirençli olduğu sonucu ile karşılaşılmaktadır (Bukova Güzel, 2011; Fırat, 2021; Maaß, 2006). Fırat (2021) çalışmasında doğrulama basamağı dışındaki tüm basamaklarda artış olduğunu, doğrulama basamağındaki puan düşüşünün nedenini ise öğrencilerin bu basamağa yeterince ilgi göstermediklerinden kaynaklı olduğunu ifade etmiştir. Argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamalarında ise doğrulama dahil tüm alt boyutlarda anlamlı bir farklılık bulunması bu yöntemin önemli bir sonucu olarak görülmektedir. Argümantasyonun becerisinin yüksek olması matematiksel modelleme becerisini de etkileyen bir unsur olduğu göz önüne alındığında (Aydın Güç & Kuleyin, 2021) modelleme becerilerindeki artışın argümantasyona dayalı öğretimden kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

Ayrıca analiz sonucunda matematiksel modelleme etkinlikleri öncesi ve sonrası matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerileri son test puanları ön test puanlarından anlamlı olarak daha yüksek çıkmıştır. Buradan hareketle öğrencilere argümantasyona dayalı matematiksel modelleme etkinlikleri sonrası öğrencilerin sorgulayıcı öğrenme becerilerinde artışın olduğu söylenebilir. Katrancı ve Şengül (2020) çalışmalarında öğrencilerin sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerinin orta düzeyde olduğunu bulmuştur. Halbuki sorgulamaya dayalı öğrenme becerisinin

matematik başarısına (Kogan & Laursen, 2014), yaratıcı düşünme becerisine (Fathoni & Haryani, 2018; Kusumawati vd., 2019), bilimsel süreç becerisine (Keçeci & Zengin, 2016) olumlu etkilerinin olduğu aşikardır. Argümantasyona dayalı matematiksel modelleme uygulamaları ile sorgulamaya dayalı öğrenme becerilerinin de artış gösterebileceği bu çalışmanın önemli bir sonucudur.

Araştırmanın üçüncü alt problemünde öğrencilerin argümantasyona dayalı modelleme etkinlikleri hakkındaki görüşleri alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda öğrencilerin genelinin matematiksel modelleme etkinliklerini sevdiği ve modelleme etkinliklerinde en çok beğendikleri kısmın etkinliğin ölçüm gerektiren kısımları olduğu görülmüştür. Ayrıca modelleme etkinliklerinin konuyu anlamalarını kolaylaştırdığını, sorular üzerinde toplu tartışmalar yaparak soru üzerinde daha çok çaba gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Buradan hareketle literatür incelendiğinde matematiksel modelleme etkinliklerinin çocukların matematik dersine olan motivasyonlarını artırdığını belirtmektedir. Bunun sebebi olarak ise modelleme etkinliklerinde gerçek hayat problemlerinin ele alınması ve modelleme etkinliklerinin matematik konularının daha anlaşılır hale gelmesi gösterilmektedir (Akgün vd., 2013). Öğrencilerin verdikleri yanıtlara bakıldığında modelleme etkinliklerinin uygulandığı derslere daha fazla aktif katılım sağladıklarını ve derste öğrendikleri bilgilerin daha kalıcı hale geldiğini ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmalara bakıldığında da modelleme uygulamalarının öğrencilerin derse katılımlarını ve öğrendikleri bilgilerin kalıcılığını artırdığı (Bikic vd., 2021; Dogo vd., 2018; Salha & Qatanani, 2021) ve bununla birlikte matematiğe karşı motivasyonlarını geliştirdiği tespit edilmiştir (Zihar & Çiltaş, 2018). Öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerinin ve sorgulayıcı öğrenme becerilerinin geliştirilmesi adına argümantasyona dayalı modelleme etkinliklerinin sınıf içerisinde uygulanması olumlu sonuçlara yol açmaktadır. Bu açıdan uygulamanın öğretmenler tarafından sınıf içinde kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Adal, A. A. (2023). *Argümantasyon tabanlı öğretimin sekizinci sınıf öğrencilerinin matematik okuryazarlığı başarısına etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Uludağ Üniversitesi.
- Akmaz, S. (2023). *Cebirsel ifadeler ve denklemler konusunda argümantasyon tabanlı öğretim yönteminin başarıya, tutuma ve kalıcılığa etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- Alkan, Y. (2019). *Matematiksel modelleme etkinlikleriyle yapılan öğretim sürecinin 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Dicle Üniversitesi.
- Andriessen, J., Baker, M., & Suthers, D. (2003). *Argumentation, computer support, and the educational context of confronting cognitions*. Kluwer Academic Publishers.
- Antonini, S., & Martignone, F. (2011). Argumentation in exploring mathematical machines: a study on pantographs. *35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Ankara, 41-48.
- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 45, 797–810 <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0506-6>
- Ayas, A., Çepni, S., & Ayvacı, H. Ş. (2019). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi*. Pegem Akademi.

- Aydın Güç, F., & Kuleyin, H. (2021). Argümantasyon kalitesinin matematiksel modelleme sürecine yansımaları. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(1), 222-262.
- Bikić, N., Burgić, Dž., & Kurtić, V. (2021). The effects of mathematical modelling in mathematics teaching of linear, quadratic and logarithmic functions. *European Journal of Mathematics and Science Education*, 2(2), 129-144. <https://doi.org/10.12973/ejmse.2.2.129>
- Blair, J. A., & Johnson, R. H. (1987). The current state of informal logic. *Informal Logic*, 9(2), 147-151.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modeling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling: Education, engineering and economics*, 222–231, Chichester: Horwood Publishing.
- Brown, R., & Redmond, T. (2007). Collective argumentation and modelling mathematics practices outside the classroom. *Mathematics: Essential research, essential practice*, 1, 163-171.
- Bukova-Güzel, E. (2011). An examination of pre-service mathematics teachers' approaches to construct and solve mathematical modelling problems. *Teaching Modelling and Its Applications*, 39, 19-36.
- Büyükoztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F., & Çakmak, E. K. (2012). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi Yayıncılık.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. Sage Publications.
- Creswell, J. W. & Clark, V. (2014). *Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütülmesi*. (Y. Dede ve S. B. Demir, Çev. Ed.). Anı Yayıncılık.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications.
- Çelik Arslan, P. (2021). *Argümantasyon tabanlı öğretimin ortaokul öğrencilerinin hesaplamalı düşünme beceri düzeylerine ve problem çözme alışkanlıklarına etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Balıkesir Üniversitesi
- Dinçer, B. (2024). *İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının argümantasyon tabanlı etkinliklerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Dinçer, S. (2011). *Matematik lisans derslerindeki tartışmaların toulmin modeline göre analizi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Dogo, P., O'Connor, M. & Ondigi, S.R. (2018). Effects of mathematical modelling performance in mathematics by gender among junior secondary schools students in Bauchi state, Nigeria. *International Journal of Advanced Educational Research*, 3(6), 27-32.
- Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Douek, N. (1999). Argumentative aspects of proving: analysis of some undergraduate mathematics students' performances. *PME Conference*, 2, 2-273.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.

- Duran, B. (2023). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme becerilerine etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Fathoni, I. M., & Haryani, I. S. (2018). Mathematically creative thinking abilities students of elementary school on learning inquiry training based on learningstyle. *Journal of Primary Education*, 7(2), 121-128.
- Fırat B. F. (2021). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerine, görsel matematik okuryazarlığı algılarına ve okuduğunu anlama becerilerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Çukurova Üniversitesi.
- İnam, A. (2020). *Argümantasyon temelli matematik öğretiminin 6. Sınıf öğrencilerinin akademik başarı, tartışma istekliliği, bilgi transferi ve matematiksel süreç becerilerine yönelik öz yeterliğine etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Kaiser, G. (2020). Mathematical modelling and applications in education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 553–561). Springer International Publishing.
- Katrancı, Y., & Şengül, S. (2020). Ortaokul öğrencilerinin matematiğe yönelik sorgulayıcı öğrenme becerilerinin problem çözmeye yönelik sorgulama, değerlendirme, nedenleme ve yansıtıcı düşünme becerileri açısından değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 45(201), 55-78.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
- Keçeci, G., & Zengin, F. K. (2016). Araştırma ve sorgulamaya dayalı fen öğretiminin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Social Science*, 47, 269-287.
- Kogan, M. & Laursen, S. L. (2014). Assessing long-term effects of inquiry-based learning: A case study from collage mathematics. *Innovative Higher Education*, 39, 183-199.
- Krutikhina, M. V., Vlasova, V. K., Galushkin, A. A., & Pavlushin, A. A. (2018). Teaching of mathematical modeling elements in the mathematics course of the secondary school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1305-1315. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83561>
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-179.
- Kuleyin, H. (2022). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin argümantasyon becerilerine yansımaları* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Giresun Üniversitesi.
- Kusumawati, R., Hobri, H. & Hadi, A. F. (2019). Implementation of integrated inquiry collaborative learning based on the lesson study for learning community to improve students' creative thinking skill. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*.
- Küçük Demir, B. (2014). *Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının öğrencilerin matematik başarılarına ve yaratıcı düşünme becerilerine etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38(2), 113-142
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.

- Mercan, E. (2015). *Fonksiyonlar konusunun öğretiminde argümantasyon tabanlı öğrenme yaklaşımının etkisinin farklı değişkenler açısından incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2015). *7. Sınıf matematik uygulamaları kitabı*.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Ortaokul matematik dersi öğretim programı (5-8. sınıflar)*. Ankara: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Öz, M. (2019). *Üçgenler konusunda argümantasyon tabanlı öğrenme yaklaşımı üzerine deneysel bir çalışma* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Özbek, G., & Köse, E. (2022). Matematiksel modelleme yeterlikleri ölçeği'nin geliştirilmesi ve psikometrik özelliklerinin belirlenmesi: Özel yetenekliler örnekleme. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 23(4), 853-871. <https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.874247>
- Özgen, K., & Şeker, İ. (2021). 6. sınıf öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki beceri gelişimlerinin incelenmesi. *Millî Eğitim Dergisi*, 50(230), 329-358. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.680760>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage Publications.
- Perry, V. R., & Richardson, C. P. (2001). The new Mexico tech master of science teaching program: An exemplary model of inquiry-based learning. *31st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Reno.
- Rasmussen, C., & Kwon, O. N. (2007). An inquiry-oriented approach to undergraduate mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, 26(3), 189–194
- Salha, S. H., & Qatanani, N. (2021). Impact of the mathematical modeling on conceptual understanding among student-teachers. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(5), 538-551.
- Schwarz, B. B., & Asterhan, C. S. (2010). Argumentation and reasoning. *International Handbook of Psychology in Education*, 137-176.
- Sevilmiş, S. B. (2023). *Argümantasyon tabanlı STEM uygulamalarının ilkökul öğrencilerinin akademik başarılarına, argümantasyon kullanım düzeylerine, STEM'e yönelik tutum ve algılarına, STEM kariyerlerine ve ilgilerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Tekin Dede, A., & Yılmaz, S. (2015). 6. sınıf öğrencilerinin bilişsel modelleme yeterlikleri nasıl geliştirilebilir? *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 4(1).
- Tekin Dede, A. (2019). Arguments constructed within the mathematical modelling cycle. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(2), 292–314.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press, New York:

- Tutkun, M. İ., & Kabar, M. G. D. (2018). Ortaokullarda matematiksel modelleme: 7. sınıf öğrencilerinin “hava durumu” modelleme problemi ile deneyimi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 23-52.
- Türkmenoğlu, M. (2022). *Matematik eğitiminde argümantasyon çalışmalarının ilkökul öğrencilerinin problem çözme başarısına, üstbilişsel becerilerine ve motivasyonlarına etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Çukurova Üniversitesi.
- Uysal, H. G. (2021). *Matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi: Bir meta-analiz çalışması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Mersin Üniversitesi.
- Whitenack, J. W., & Knipping, N. (2002). Argumentation, instructional design theory and students' mathematical learning: a case for coordinating interpretive lenses. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(4), 441-457.
- Yackel, E. (2004). Theoretical perspectives for analyzing explanation, justification and argumentation in mathematics classrooms. *Research in Mathematical Education*, 8(1), 1-18.
- Yitmen, B. G., Alyeşil Kabakçı, D., Özturan Ecemiş, Ü., Aramış, Z. F., & Cantürk Günhan, B., (2023). Türkiye’de yapılan argümantasyon temelli matematik öğretiminin öğrencilerin başarılarına etkisinin meta-analiz ile incelenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 21(1), 335-356.
- Yıldız, Ö. (2023). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerine etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Zihar, M., & Çiltaş, A. (2018). An action research on the teaching of the 8th grade exponentials by mathematical modeling. *E-Kafkas Journal of Educational Research*, 5(3), 46-63.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Mathematical modeling is increasingly recognized as a significant approach in middle school mathematics education for connecting mathematics with real-world applications (Kaiser, 2020). Medonça and Justi (2013) emphasized that the modeling process is dynamic and that self-expression and the ability to persuade others are critical components of this process. In this context, Tekin Dede (2019) and Aydın Güç and Kuleyin (2021) highlighted the importance of argumentation skills in the modeling process, noting that students' ability to explain their mathematical reasoning, engage in discussions, and persuade others makes the process more effective.

Argumentation allows students not only to construct models but also to defend these models logically and convincingly. As a result, mathematical modeling becomes a comprehensive process that enhances students' ability to apply mathematical knowledge and effectively communicate and justify it. However, research on the integration of mathematical modeling and argumentation-based learning approaches and the impact of this integration on student competencies remains limited (Brown & Redmond, 2007; Tekin Dede, 2019; Aydın Güç &

Kuleyin, 2021; Kuleyin, 2022). These studies generally emphasize the positive effects of argumentation on student achievement and skills in mathematical modeling practices.

Inquiry-based skills are also an essential component of the argumentation-based mathematical modeling process. Considering the similarities between argumentation-based mathematical modeling practices and inquiry-based learning, it is crucial to implement practices aimed at developing these skills. Therefore, it is believed that examining the effects of argumentation-based mathematical modeling practices on middle school students' mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills will contribute to the limited literature in the field. This research aims to assess the applicability and effectiveness of innovative approaches in mathematics education and to uncover the potential effects of these approaches on student performance.

The purpose of this study is to investigate the impact of argumentation-based mathematical modeling practices on seventh-grade students' mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills in mathematics and to gather students' perspectives on these practices. In line with this purpose, the study seeks answers to the following sub-questions:

1. Do argumentation-based mathematical modeling activities lead to a significant change in students' mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills scores?
2. Do argumentation-based mathematical modeling activities result in a significant change in students' scores related to identifying real-life problems, understanding the problem, mathematizing, working mathematically, and interpreting-validating?
3. What are students' views on the argumentation-based mathematical modeling activities?

Method

In this study, the explanatory sequential mixed method design, one of the mixed research method designs, was employed. Mixed research methods involve the combined use of both quantitative and qualitative research approaches (Creswell, 2014). Using this approach, researchers can explain quantitative results more comprehensively and holistically by integrating them with qualitative data (Creswell & Creswell, 2018). The explanatory sequential design specifically begins with a quantitative phase, followed by a qualitative phase to delve deeper into specific findings (Creswell & Clark, 2014).

The study group consisted of 52 seventh-grade students enrolled in a public middle school in the Bahçelievler district of Istanbul during the 2023/2024 academic year. The study group was selected using the convenience sampling method, which is one of the non-random sampling techniques. This study utilized both quantitative and qualitative data collection tools. For the collection of quantitative data, the Mathematical Modeling Competency Scale and the Inquiry-Based Learning Skills in Mathematics Scale were employed. For the collection of qualitative data, written solution papers from mathematical modeling activities and a semi-structured interview form were used. The mathematical modeling activities included in the study were designed by the researcher, ensuring they were suitable for the students' level and aligned with the course content. These activities were developed with the input of experts and based on a literature review. The problems in the modeling activities were drawn from real-life situations that students might encounter, aligning with their prior learning outcomes.

The data analysis of the scales was conducted using the SPSS software to address the sub-research questions. Prior to analyzing the scales, reliability tests were performed. To answer the first sub-question, a paired samples t-test, a parametric test, was used to analyze the pre-test and post-test data from the Mathematical Modeling Competency Scale. Similarly, the pre-test and post-test data from the Inquiry-Based Learning Skills in Mathematics Scale were analyzed using a paired samples t-test. For the analysis related to the first sub-question, paired samples t-tests

were conducted for the sub-dimensions of the Mathematical Modeling Competency Scale. For the second sub-question, content analysis, one of the qualitative data analysis methods, was applied. Codes and categories were created based on students' views regarding their mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills.

Results and Discussion

The results of the t-test conducted for the first and second sub-questions, "Is there a significant difference in students' scores for mathematical modeling competencies, inquiry-based learning skills in mathematics, and sub-dimensions of mathematical modeling competencies before and after argumentation-based mathematical modeling practices?", revealed a significant difference in both students' modeling competencies and their inquiry-based learning skills. This indicates that the activities implemented had a positive impact on students' modeling competencies and inquiry-based learning skills. To address the second sub-question, "What are students' views on modeling activities and argumentation skills?", interviews were conducted with twenty selected students after the implementation. The responses given by the students were coded and categorized. The greatest challenges reported by the students during the modeling activities were related to the calculation phase and parts requiring measurement. Despite this, it was found that students most enjoyed the measurement and mathematical calculation stages. The type of questions that students found most helpful were prediction questions, as these encouraged students to make forecasts and predict future scenarios, making them particularly effective. Additionally, explanatory questions were also found to contribute significantly. However, analytical questions were reported as less helpful by a smaller number of students. Following the modeling activities, most students believed that their argumentation skills had improved, while a smaller number of students felt their argumentation skills had not developed.

This study aims to investigate the impact of an argumentation-based teaching process, implemented through mathematical modeling activities on perimeter and area measurement, on the mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills of seventh-grade middle school students. The application of argumentation-based modeling activities in the classroom has been shown to yield positive outcomes in developing students' mathematical modeling competencies and inquiry-based learning skills. In this regard, it is recommended that teachers incorporate these activities into their classroom practices.