

Ortaokul Öğrencilerinin Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Becerilerinin İncelenmesi¹

Zeynep Çavuş-Erdem²

Muhammed Fatih Doğan³

Ramazan Gürbüz⁴

Type/Tür:

Research/Araştırma

Received/Geliş Tarihi: April
25/ 25 Nisan 2020

Accepted/Kabul Tarihi:
August 2/ 2 Ağustos 2021

Page numbers/Sayfa No:
1763-1788

Corresponding

Author/İletişimden Sorumlu
Yazar:

zcavuserdem@hotmail.com



This paper was checked for plagiarism using iThenticate during the preview process and before publication. / Bu çalışma ön inceleme sürecinde ve yayımlanmadan önce iThenticate yazılımı ile taranmıştır.

Copyright © 2017 by
Cumhuriyet University,
Faculty of Education. All
rights reserved.

Öz

Matematiksel modellemenin disiplinler arası boyutuyla yeniden yorumlanması olan Disiplinler arası Matematiksel Modellemede (DMM) gerçek yaşam problemi, matematik ve fen bilimlerine ait bilgi ve yöntemlerle çözülmeye çalışılır. Bu çalışmada ortaokul öğrencilerinin DMM becerilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kapsamlı bir projenin bir bölümünü kapsayan çalışmada, projeye katılan öğretmenler tarafından geliştirilen altı (6) adet DMM etkinliği, katılımcı öğretmenler tarafından iki farklı sınıf ortamında uygulanmıştır. Uygulamalar 4 kişilik öğrenci grupları üzerinden yürütülmüş ve her sınıftan bir grup seçilerek DMM becerileri iki grup üzerinden incelenmiştir. Öğrenci çözüm kağıtları, uygulama sürecinin video ve ses kayıtları ile araştırmacıların notlarından oluşan verilerin analizinde, içerik analizi yönteminden faydalanılmış ve veriler “DMM Beceri Değerlendirme Rubriği” ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler, öğrencilerin DMM etkinliklerinin doğasından kaynaklı bazı zorluklar yaşadığını göstermektedir. Modelleme sürecinde öğrencilerin en yüksek ve en düşük performansı gösterdikleri basamaklar sırasıyla problemi anlama ve değerlendirme basamağı olmuştur. Öğrencilerin DMM becerilerinin, problem çözme alışkanlıklarından, etkinliğin gerektirdiği matematik ve fen kazanımlarından etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Grup performanslarının birbirine benzediği ve uygulama süreci ilerledikçe öğrenci becerilerinin geliştiği sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlar, modelleme uygulamalarına öğretim sahasında daha çok yer verilmesinin gerekliliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Disiplinler arası matematiksel modelleme becerisi, matematiksel modelleme süreci, matematiksel modelleme, ortaokul öğrencisi.

Suggested APA Citation/Önerilen APA Atıf Biçimi:

Çavuş Erdem, Doğan, & Gürbüz, (2021). Ortaokul öğrencilerinin disiplinler arası matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 10(4), 1763-1788. <http://dx.doi.org/10.30703/cije.927243>

¹ Bu araştırma TÜBİTAK tarafından 117K169 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir. İfade edilen görüşler TÜBİTAK'ın resmi pozisyonlarını yansıtmayabilir.

* This research was supported by the TUBITAK under grant 117K169. The views expressed do not necessarily reflect the official positions of the TUBITAK

² Dr., Milli Eğitim Bakanlığı, Adıyaman/Türkiye

Dr., Ministry of Education, Adıyaman/Turkey

e-mail: zcavuserdem@hotmail.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-7448-2722

³ Doç.Dr., Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi, Adıyaman, Türkiye

Assoc. Prof, Adıyaman University, Faculty of Education, Mathematics Education, Adıyaman/Turkey

e-mail: mfatihdogan@adiyaman.edu.tr ORCID ID: orcid.org/0000-0002-5301-9034

⁴ Prof. Dr., Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi, Adıyaman, Türkiye

Prof. Dr., Adıyaman University, Faculty of Education, Mathematics Education, Adıyaman/Turkey

e-mail: rgurbuz@outlook.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-2412-5882

Investigation of Middle School Students' Interdisciplinary Mathematical Modeling Skills

Abstract

The contextual aspect of mathematical modeling might provide an opportunity to address different disciplines in solving a real-life problem. Interdisciplinary Mathematical Modeling (IMM) can be expressed as a reinterpretation of mathematical modeling with an interdisciplinary dimension. The IMM approach focuses on integrating at least two different disciplines, such as mathematics and science, to solve real-life problems. For this purpose, this study aims to examine middle school students' IMM skills. In total, six IMM activities were implemented in two 8 grade middle school classrooms. The data consisted of student solution papers, video and audio recordings of the implications, and researcher notes from classrooms. To analyze the data IMM Skill Assessment Rubric developed by researchers and were coded by using the content analysis method. The results showed that students experience some difficulties arising from the nature of the IMM activities. In the modeling process, students were successful at the level of understanding the problem, while had difficulties at the level of evaluation. The students' IMM skills were affected by their problem-solving habits as well as their knowledge of mathematics and science concepts that required to solve the problem. The results also showed that students' IMM skills improved significantly during the implication process. The results suggest that the necessity of giving more place to modeling activities in teaching mathematics.

Keywords: Interdisciplinary mathematical modeling, interdisciplinary mathematical modeling skills, interdisciplinary mathematical modeling process, mathematical modeling, middle school student.

Giriş

Bireylerin gelecekte başarılı olmaları için, eğitim hayatında bir takım becerileri kazanmaları gerekmektedir. Çağımız için 21. yüzyıl becerileri olarak tanımlanan bu beceriler, bilgi toplumunda ihtiyaç duyulan bireyin sahip olması gereken yeterlikleri kapsamaktadır (Dede, 2010). Yaratıcılık, eleştirel düşünme ve problem çözme, iletişim ve işbirliği içinde olma gibi bilişsel, sosyal ve teknolojik alanlarda ele alınan ve günümüz ihtiyaçlarına göre değişen becerilerin kazandırılması, eğitim yaklaşımlarında bir takım değişimleri gerekli kılmaktadır. Disiplinlerin bir arada ele alındığı STEM ve eğitimde gerçek yaşam problemlerinin kullanıldığı matematiksel modelleme, eğitim yaklaşımlarında son yıllarda ön plan çıkan değişimlerdir. STEM, fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitiminin birbirlerine entegre edilerek öğrenilebileceğini savunan, teorik bilgileri gerçek yaşama transfer etmeyi sağlayan bütünlük bir eğitim yaklaşımı olarak ele alınmaktadır (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Matematiksel modelleme ise en genel haliyle gerçek yaşam problemlerinin matematiksel yollarla çözülme sürecidir (Blum ve Borromeo Ferri, 2009). Matematiksel modellemenin bağlam yönü, farklı disiplinlerin bir arada ele alınmasına fırsat sunduğundan, STEM'in hayata geçirilmesinde, önemli bir araç olarak görülmektedir (Hamilton, Lesh, Lester ve Brilleslyper, 2008). Bu nedenle matematik eğitiminin önemli araştırma konularından biri olan matematiksel modelleme, son yıllarda disiplinler arası boyutuyla ön plan çıkmaktadır (Doğan, Gürbüz, Çavuş-Erdem ve Şahin, 2019; English, 2015). Disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM), matematiksel modellemenin başka bir disiplini de içine alarak yeniden yorumlanması

olarak ifade edilebilir. Bu nedenle DMM yaklaşımının anlaşılması için öncelikle matematiksel modelleme yaklaşımı açıklanacaktır.

Matematiksel modelleme, gerçek yaşamda karşılaşılan probleme matematiksel yollarla bir çözüm üretilmesi ve bu çözümün işlevselliğinin değerlendirilmesi esasına dayanır. Bireylerin okul yaşamında edindiği bilgileri gündelik yaşamında kullanabilmesi için önemli bir fırsat olarak görülen matematiksel modelleme, matematiğin gerçek yaşamda ne işe yaradığını görme fırsatı sunar (Borromeo Ferri, 2018). Matematiksel modellemede bireyler model oluşturma sürecinde aktif bir şekilde rol alırlar ve bu süreçte düşünceleri sorgulayabilir, paylaşabilir, tartışabilir ve değerlendirebilirler. Lesh ve Doerr (2003), bu özellikleri sebebiyle matematiksel modellemeye dayalı öğrenme ortamlarının anlamlı öğrenmeyi desteklediğini belirtmektedir. Benzer şekilde matematiksel modellemenin öğrencilerin kavramsal gelişimini önemli ölçüde desteklemektedir (Çavuş-Erdem, 2018; Dunne ve Gabrailth, 2003). Ayrıca matematiksel modellemenin öğretim sürecinde kullanımının, bireylere problem çözme becerilerinin kazandırılmasında iyi bir yol olacağı düşünülmektedir (Gravemeijer ve Stephan, 2002). Matematik öğretimine ve problem çözme becerisine olan etkisinden dolayı matematiksel modelleme bazı çalışmalarda matematik öğretmek için bir araç olarak kullanılmış ve bazı çalışmalarda ise bireylere problem çözme, modelleme yapma becerisi kazandırmak adına amaç olarak ele alınmıştır (Doğan, Gürbüz, Çavuş-Erdem & Şahin, 2019; Gabrailth, 2012). Matematiksel modellemenin gerek matematik alanında gerek gerçek yaşamda olsun bireylere kazandırdığı bir takım beceriler, modellemenin diğer disiplinlerle olan ilişkisi sorusunu gündeme getirmiş ve matematiksel modellemenin disiplinler arası boyutu farklı bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmıştır.

Gerçek yaşam durumları, aynı anda farklı disiplinleri içeren karmaşık bir yapıda olduğundan, matematiksel modellemenin bağlam yönü disiplinler arası ele alınmasında en temel nedenlerden biridir. Matematik öğretiminde disiplinler arası yaklaşımları bir problem yoluyla da ele alınabileceği ifade eden Williams vd. (2016), matematiksel modelleme problemlerinde hem matematik hem de farklı disipline dair anlamlı soruların cevaplanacağı ve bu şekilde iki disiplinin ilişkilendirilme fırsatının oluşabileceğini ifade etmektedir. Yine aynı şekilde Michelsen (2005), matematiksel modellemede matematiksel olmayan bağlamın, matematiksel bir şekilde ifade edilmesinin konuya özgü bir yeterlikten öte disiplinler arası bir yetkinlik olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Bir diğer neden ise modellemenin hem matematik hem de fen bilimleri için her düzeyde önemli bir konu olarak kabul edilmesidir (Lesh, Galbraith, Haines ve Hurford, 2010). Bu durum, matematiksel modellemenin disiplinler arası yaklaşımla ele alınmasında bir başlangıç noktası olarak kabul edilmiştir (Michelsen, 2015) ve literatüre bakıldığında disiplinler arası matematiksel modellemenin çokça matematik ve fen bilimleri kapsamında ele alındığını söylemek mümkündür (Doğan, Gürbüz, Çavuş-Erdem ve Şahin, 2019; English, 2008; 2009; 2014; 2015; Gürbüz ve Doğan, 2019). English (2008), karmaşık sistemleri etkili bir şekilde yorumlayabilen, etkili bir şekilde çalışabilen ve teknolojiye uyum sağlayabilen bireylerin yetiştirilmesi için, matematik ve fen bilimlerindeki problem çözme anlayışlarının giderek daha fazla disiplinler arası bağlam ve yaklaşım gerektirdiğini ifade etmiştir. Bu düşünceden hareketle çalışmalarının bir kısmında fen bilimleri ile matematiği matematiksel modelleme yoluyla bir arada ele almıştır.

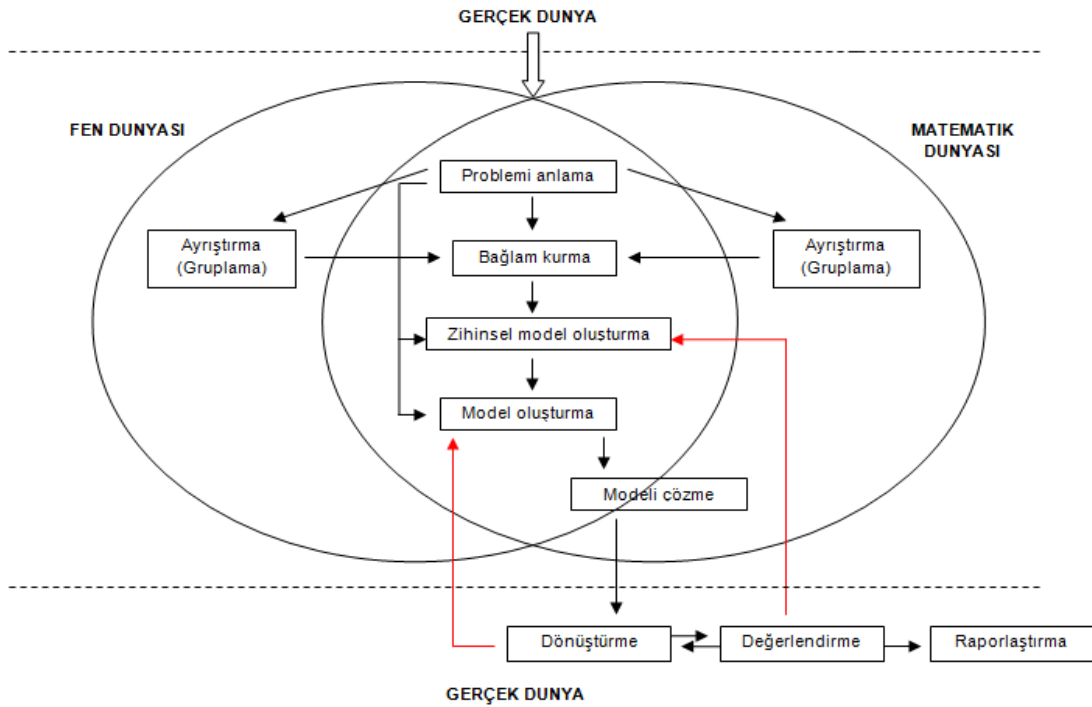
Örneğin English (2008; 2015) yaptığı çalışmalarda, matematiksel modelleme etkinlikleriyle öğrencilerin mühendislik becerilerinin geliştiği ve bu yönüyle STEM yaklaşımı için etkili bir araç olabileceğini belirtmiştir. Gürbüz ve Doğan (2019) matematiksel modelleme yaklaşımı ile farklı disiplinlere ait kavramların pekiştirileceğini ifade etmiş ve çalışmalarında matematik ile fen bilimlerinin birlikte ele alındığı modelleme etkinliklerini disiplinler arası matematiksel modelleme (DMM) etkinliği olarak ele almıştır. Bu açıklamalardan hareketle DMM matematikle birlikte başka bir disiplinin modelleme sürecine dahil edildiği matematiksel modelleme etkinlikleri olarak ifade edilebilir. Matematiksel modellemede gerçek yaşamdan bir problem matematiksel yollarla çözüme ulaştırılırken, DMM’de gerçek yaşam problemi matematik ve fen bilimlerine ait bilgi ve yöntemlerle çözülmeye çalışılır. Dolayısıyla, başka bir disiplinin dahil olmasından kaynaklı farklılıkların dışında, matematiksel modellemenin modelleme süreci, modelleme becerisi gibi temel özellikleri DMM için de geçerlidir. DMM’nin hayata geçirilmesinde ve uygulama ortamına taşınmasında DMM süreci, DMM becerileri gibi temel özelliklerinin tanımlanması önemlidir. Bu bağlamda, öğrencilerin farklı disiplini içeren matematiksel modelleme problemi çözme becerisi araştırılması önemli sorular arasındadır (English, 2008). Alanyazında farklı yaş gruplarındaki bireylerin matematiksel modelleme becerilerinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Kertil; 2008; Maaß, 2006; Tekin Dede, 2015). Maaß (2006), matematiksel modelleme yeterliklerini tanımladığı ve incelediği çalışmasında öğrencilerin araştırmanın sonunda basit problemleri modelleyebildiği ama bazı öğrencilerin karışık problemleri modellemede başarısız oldukları sonucuna ulaşmıştır. Maaß öğrencilerin gerçekçi varsayımlar oluşturamadığı için modellerinin yetersiz olduğu, matematiksel hesaplama hataları yaptıkları, elde edilen sonuçları doğrulama kısmında eksik kaldıklarını ve öğrencilerin matematiksel modelleme deneyimi kazanmalarının önemli olduğunu ifade etmiştir. Matematiksel modelleme becerisinin incelendiği çalışmalarda öğrencilerin modelleme deneyiminin kazanmasının önemli olduğu ve becerilerini genel anlamda olumlu yönde etkilediği, farklı çalışmaların da sonuçları arasındadır (Aydın-Güç, 2015; Çavuş-Erdem 2018; Tekin-Dede, 2015). Matematiksel modelleme becerilerinin incelendiği çalışmaların yanı sıra DMM etkinliklerinde öğrencilerin modelleme becerilerini inceleyen çalışmaların oldukça sınırlı olduğunu söylemek mümkündür (Gürbüz vd., 2018). Bu nedenle bu çalışmada matematik ve fen bilimleri ekseninde ele alınan DMM etkinliklerinde ortaokul öğrencilerin modelleme becerilerini incelemek amaçlanmıştır.

Kuramsal Çerçeve

DMM ve matematiksel modelleme bir problem çözme sürecidir. Modelleme süreci en genel anlamda gerçek yaşam problem durumunun matematiksel bir forma dönüştürülmesi, matematiksel yollarla çözülmesi ve çözümün işlevselliğinin test edilmesi için gerçek dünyada yorumlanması şeklinde ifade edilebilir. Bireyin bu süreci başarıyla tamamlayabilmesi için bir takım becerilere sahip olması gerekir. Bu beceriler literatürde matematiksel modelleme becerileri (yeterlikleri) olarak tanımlanmış ve birçok araştırmanın amacını oluşturmuştur (Maaß ve Mischo, 2011). Bu çalışmanın amacı öğrencilerin DMM etkinliklerinde modelleme becerilerini incelemektir. DMM matematiksel modellemenin disiplinler arası boyutuyla yeniden yorumlanması

olduğundan dolayı, DMM etkinliklerinde öğrencilerin modelleme becerilerinin, matematiksel modelleme becerileriyle büyük ölçüde örtüşmektedir.

Literatürde matematiksel modelleme becerilerine ilişkin farklı tanımlamalar bulunmaktadır. Ludwig ve Xu (2010) matematiksel modelleme yeterliklerini seviyeler şeklinde açıklamış, doğrusal ve hiyerarşik bir şekilde ilerleyen 6 seviye olarak belirlemişlerdir. Bazı çalışmalarda ise modelleme becerileri, modelleme süreci basamaklarına göre tanımlanmıştır (Blomhøj ve Jensen, 2003; Blum ve Leiß, 2007). Maaß (2006) modelleme sürecindeki her basamağın başarılı bir şekilde tamamlanması için bireyde olması gereken becerileri alt beceriler şeklinde ele almıştır. Modelleme etkinliklerinde sürecin doğrusal olmadığı, basamaklar arasındaki geçişin esnek bir şekilde olduğu birçok çalışmada belirtilmektedir (Blomhøj ve Jensen, 2007; Blum, 2011; Doerr, 1997; Doğan vd., 2019). Bireyin modelleme sürecinin her basamağında gösterdiği başarı farklı olabilir, bu nedenle, öğrencinin modelleme başarısını seviye olarak belirlemek yerine her modelleme basamağı altında değerlendirmek bu araştırma için daha doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada öğrencilerin DMM becerilerini incelemek için Doğan vd.'nin (2019) çalışmalarında sunduğu DMM sürecindeki basamaklar dikkate alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. DMM süreci (Doğan vd., 2019)

DMM'yi matematik ve fen bilimleri boyutuyla ele alıp DMM sürecini açıklayan araştırmacılar, model oluşturulabilmesi için öncelikle problemin anlamlandırılması ve problemde istenenlerle verilenlerin doğru bir şekilde belirlenmesi gerektiğini ifade etmiş ve bunu problemi anlama basamağı olarak adlandırmıştır. Araştırmacılara göre problemde istenenler ve verilenler bireyin zihninde bir süzgeçten geçirilir ve ilgili disiplinle ilişkilendirilerek ayrıştırılır. Problemi anlayan birey böylelikle disiplinlerin dünyasına girmiş olur. Ayrıştırma (gruplama) basamağı her alanın kendine özgü basamağında gerçekleşmektedir. Çünkü birey DMM etkinliğinde yer alan o alana

ilişkin kavramı bilgi dağarcığından geçirerek belirler ve bu esnada bilişsel olarak o alanın dünyasına bir geçiş yapar. Kısa süreli gerçekleşen bu geçişle birlikte birey ayrıştırdığı kavramların birbirini tamamlayıcı yönlerini ve ilişkilerini fark ederek kavramlar arasında bağ kurar ve gerekli ilişkilendirmeyi yaparak ortak alana geri döner ve bu durum modelleme sürecinin bağlam kurma basamağına denk gelmektedir. Zihinsel model oluşturma basamağında, birey problem çözümü için gerekli olan değişkenleri doğru bir şekilde belirleyerek, çözüme dair bir takım varsayımlarda bulunur. Oluşturulan varsayımlar matematiksel yapılarla ilişkilendirilerek matematiksel model oluşturulur ve model, matematik ve fen bilimlerine ait bilgilerle çözülür. Modeli çözüme basamağında birey matematiksel yapı ve işlemleri yoğun bir şekilde kullanır. Bireyin problem çözümü olarak oluşturduğu modelin gerçek dünyadaki karşılığını yorumlaması ise dönüştürme basamağı olarak adlandırılmaktadır. Gerçek dünyada yorumlanan modelin kullanılabilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmesi ise değerlendirme basamağında gerçekleşmektedir. Modelleme sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnek olduğunu ve tüm problem çözme süresinde gerçek hayat ile disiplinler arasında sık sık geçişlerin yaşandığını belirten araştırmacılar, ayrıştırma basamağının etkinliğin ilişkili olduğu disiplinlerin alanında gerçekleştiği ve her zaman ortaya çıkmayabileceğini ifade etmişlerdir.

Yukarıda açıklanan DMM sürecine göre DMM farklı beceriler içermektedir. Bunlar; a) problem durumunda verilenlerin ve istenenlerin belirlenmesi (Problemi anlama), b) problemin içeriğinde disiplinlere ait bilgileri ve problem çözümü için gerekli değişkenleri belirleme ve ilişkilendirme (Ayrıştırma ve Bağlam Kurma), c) problemin çözümü için gerçekçi varsayımlar oluşturma (Zihinsel Model Oluşturma), d) problemi çözecek modeli oluşturma (Model Oluşturma), e) oluşturulan modeli matematik ve fen bilimleri yoluyla çözüme (Modeli Çözüme), f) elde edilen çözümü gerçek dünyada yorumlama (Dönüştürme), g) yorumlanan çözümün matematik ve fen bilimleri bağlamı açısından doğruluğunu değerlendirmedir (Değerlendirme). Bu çalışmada öğrencilerin modelleme sürecindeki performansları bu başlıklar altında değerlendirilmiştir.

Yöntem

Bu araştırma, betimsel bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Düzeylerine göre araştırma türlerinden olan betimsel araştırmalar, nicel ve nitel araştırmalar bağlamında ele alınabilen bir yaklaşımdır ve bu yaklaşımda amaç, verilen biri durumu bütün yönleriyle ve dikkatli bir şekilde tanımlamaktır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz & Demirel, 2020). Araştırmanın amacı öğrencilerin DMM becerilerini detaylı bir şekilde incelemektir. Bu nedenle, araştırmada nitel araştırma türünde betimsel bir yaklaşım benimsenmiştir.

Çalışma Grubu

Bu çalışma, DMM etkinliklerinin tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi amacıyla yürütülen kapsamlı bir projenin bir bölümünü kapsamaktadır. Projenin birinci aşamasında DMM'ye ilişkin eğitim alan öğretmenler, DMM etkinliği geliştirmiştir. İkinci aşamada, geliştirilen etkinlikler 2 farklı okulda öğrenim gören 8. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Çalışmanın verilerini oluşturan bu kısım, amaçlı örnekleme yöntemiyle projeye katılan öğretmenlerin dersine girdiği sınıflar arasından belirlenmiştir. Uygulama öğretmenleri 2 matematik, 2 fen bilimleri şeklindedir. Öğretmenlerin mesleki deneyimleri 7- 16 yıl arasında değişmektedir. İki sınıfa 6 adet

DMM etkinliği uygulanmış ve uygulama sürecinde öğrenciler 4'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Gruplar oluşturulurken heterojen bir dağılım olmasına dikkat edilmiş, bunun için öğrencilerin o eğitim-öğretim yılında matematik dersini yürüten uygulama öğretmeninin görüşüne başvurulmuştur. Tüm grupların aktif bir şekilde sürece katılabilmesi için, grupların matematik ders notu yüksek-orta-düşük olacak şekilde öğrencilerden oluşmasına dikkat edilmiştir. Öğrencilerin DMM becerilerini belirleyebilmek için, etkinlik çözümlerinin derinlemesine incelenmesi gerekir, bu nedenle her sınıftan rastgele bir grup belirlenmiş ve bu grupların DMM becerileri incelenmiştir. Özetle bu araştırmanın çalışma grubu, iki farklı okulun 8. sınıfında öğrenim gören 2'si kız, 6'sı erkek olmak üzere 8 öğrenciden oluşmaktadır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın veri toplama araçlarını, 6 adet DMM etkinliğinin video ve ses kayıtları, öğrenci çözüm kağıtları ve araştırmacı notları oluşturmaktadır. Öğretmenlere konuya ilişkin üç hafta boyunca eğitim verilmiş ve DMM etkinliği geliştirmeleri istenmiştir.⁵ Geliştirilen etkinlikler okullarda seçmeli olarak haftada iki ders saati olarak yürütülen "Matematik Uygulamaları" dersinde uygulanmıştır. Etkinliklerin uygulama sırası ve uygulama süresi Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1

DMM Etkinlikleri ve Uygulama Süresi

Sıra	Etkinlik Adı	Uygulama Süresi
1	Orman Etkinliği (OE)	2 saat
2	Atık Kağıt Etkinliği (AKE)	2 saat
3	Su İsrafı Etkinliği (SİE)	2 saat
4	Yalıtım Etkinliği (YE)	4 saat
5	Pet Şişe Etkinliği (PŞE)	4 saat
6	Küresel Isınma Etkinliği (KİE)	4 saat

Etkinlikler, projenin katılımcı öğretmenleri arasından, biri fen bilimleri diğeri matematik öğretmeni olmak üzere iki öğretmen rehberliğinde uygulanmıştır. Okullarda uygulamalar farklı ders saatlerinde gerçekleştirilmiş ve her uygulamada üç adet kamera ve 3 adet ses kayıt cihazı kullanılmıştır. Uygulamada incelenecek olan her grubun çözüm süreci birer video kamera ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Toplanan veri öğrenci çözüm kağıtları ve araştırmacı notları ile güçlendirilmiştir.

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde içerik analizi yönteminden faydalanılmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin DMM becerilerini incelemek için literatürden yararlanarak araştırmacılar tarafından geliştirilen DMM Becerileri Değerlendirme Rubriği kullanılmıştır. Doğan vd. (2019) çalışmasında yer alan DMM süreci, Hıdıroğlu, Tekin Dede, Kula ve Bukova Güzel'in (2014) çalışmasında yer alan beceri değerlendirme rubriği ile yeniden yorumlanmış ve rubrik oluşturulmuştur (Tablo 2). Hıdıroğlu vd. (2014) tarafından geliştirilen rubrikte modelleme sürecindeki her basamak 3 seviye şeklinde

⁵ Araştırmada uygulanan etkinliklerin orijinal hali "117K169" nolu TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilen "Matematiksel Modellemeye Disiplinler Arası Bakış: Bir STEM Yaklaşımı" kitabında yer almaktadır. Etkinliklere örnek olarak "Küresel Isınma Etkinliği" Ek1'de sunulmuştur.

tanımlanmıştır. Bu düşünceden hareketle, araştırmanın kuramsal temel olarak aldığı DMM sürecindeki her basamak 3 seviye şeklinde tanımlanmış, seviyelerin içeriği alanında uzman bir kişinin görüşüne de başvurulmuş, araştırmacılar tarafından tanımlanmıştır.

Tablo 2

*Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Beceri Değerlendirme Rubriği**

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Problemi Anlama	Problemin içeriğini anlamama ya da yanlış anlama	Problemi kısmen anlama ancak anlamlandırmada bazı hataların olması	Problemi tam olarak anlamlandırma, verilen ve istenenleri belirleme.
Ayrıştırma	Problem içeriğindeki disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri belirleyememe ya da yanlış belirleme	Problem içeriğindeki disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri kısmen belirleme	Problem içeriğindeki disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri doğru bir şekilde belirleme
Bağlam Kurma	Disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri ilişkilendirememeye ya da yanlış ilişkilendirme	Disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri kısmen ilişkilendirme	Disiplinlere ait bilgileri ve değişkenleri doğru bir şekilde ilişkilendirme
Zihinsel Model Oluşturma	Problem çözümü için varsayım oluşturamama	Problem çözümü için oluşturulan varsayımda bazı hataların olması	Problem çözümü için doğru varsayımlar oluşturma
Model Oluşturma	Matematiksel model/modelleri oluşturamama veya yanlış oluşturma	Matematiksel model/modelleri oluşturma fakat ilişkilendirmeyi eksik yapma	Matematiksel model/modelleri oluşturma ve doğru bir şekilde ilişkilendirme
Modeli çözme	Modeli yanlış çözmeye ya da herhangi bir yaklaşım sergilememeye	Modeli kısmen çözmeye, modelin eksikler içermesi ya da sonuca ulaştıramama	Modeli tam olarak çözmeye, matematiksel hatalar içermeme
Dönüştürme	Çözümünden matematiksel sonuçlar çıkaramama ya da yanlış sonuçlar çıkarma	Çözümünden matematiksel sonuçlar çıkarma ancak yeterli bir şekilde yorumlayamama	Çözümünden matematiksel sonuçlar çıkarma, bunları yorumlama ve gerçek yaşama uyarlama
Değerlendirme	Oluşturulan model/modelleri doğrulamama ya da yanlış değerlendirme	Oluşturulan model/modelleri kısmen doğrulama, değerlendirmede hatalar yapma	Oluşturulan model/modellerin doğruluğunu test etme ve farklı durumlar için uygunluğunu gösterme

* Rubriğin ayrıştırma, bağlam kurma, zihinsel model oluşturma basamaklarına ait beceri seviyeleri araştırmacılar tarafından geliştirilmiş, diğer basamaklardaki beceri seviyeleri Hıdıroğlu vd.'den (2014) uyarlanmıştır.

Araştırmada kodlama güvenilirliğini sağlamak adına, ilk etkinlik tüm araştırmacılar tarafından rubriğe göre bireysel olarak değerlendirilmiştir. Sonrasında bireysel değerlendirmeler karşılaştırılmış ve araştırmacıların öğrenci becerilerini değerlendirme düzeyleri arasında %95 uyum olduğu belirlenmiştir. Uygulama ve analiz süreci dahil tüm araştırma boyunca araştırmacılar, haftalık grup toplantıları gerçekleştirmiştir. Analiz sürecinde yapılan toplantılarda bireysel değerlendirmeler karşılaştırılmış ve uyumun olmadığı değerlendirmeler yeniden analiz edilerek fikir

birliğine varılmıştır. Rubriğe göre yapılan değerlendirmede bulgular direkt alıntılarla desteklenmiştir.

Araştırmanın Etik İzinleri

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı = Erciyes Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu

Etik değerlendirme kararının tarihi= 23/02/2016

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası= 12

Bulgular

Araştırmada öğrencilerin DMM etkinliklerine dayalı uygulama sürecinde modelleme becerilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bir bütün içinde sunulması ve etkinliklere göre gelişimin okuyucuya daha net sunulabilmesi için, öğrencilerin tüm etkinlikler için performansları Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3

Grupların Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Beceri Performansları

Gruplar	Problemi Anlama	Ayrıştırma	Bağlam Kurma	Zihinsel Model Oluşturma	Model Oluşturma	Modeli Çözme	Dönüştürme	Değerlendirme	Etkinlikler
Grup 1	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 1	Seviye 1	O.E
Grup 2	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 1	Seviye 1	
Grup 1	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 1	A.K.E
Grup 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 1	
Grup 1	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 1	S.İ. E
Grup 2	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 1	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 1	

Tablo devam ediyor

Tablo 3'ün Devamı...

Grup 1	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Y.P.E
Grup 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 1	
Grup 1	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 1	P.Ş.E
Grup 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 1	Seviye 1	
Grup 1	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 1	K.I.E
Grup 2	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 3	Seviye 2	Seviye 1	

Tablo 3'teki veriler genel olarak değerlendirildiğinde, öğrencilerin model oluşturma sürecinde en başarılı performansı problemi anlama basamağında, genel anlamda en başarısız performansı ise değerlendirme basamağında gösterdikleri söylenebilir. Öğrencilerin uygulama sürecinin sonuna doğru daha başarılı performanslar sergiledikleri görülmekle birlikte, bu gelişim son üç etkinlikte daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca grupların etkinliklerdeki performansı genel anlamda benzeşmektedir.

Öğrencilerin modelleme becerileri, DMM sürecindeki basamaklara göre ele alındığında problemi anlama basamağı, öğrencilerin en başarılı olduğu basamak olarak ifade edilebilir. Bu basamağa ilişkin tüm etkinliklerde öğrenciler başarılı bir performans sergilemiştir. Problemi anlama becerilerini belirlenirken öğrencilerin probleme ilişkin açıklamaları veya doğru model oluşturmalarına bakılmıştır. Problemi anlama basamağına ilişkin 'Orman Etkinliği'nden bir kesit aşağıda sunulmuştur (Şekil 2).

Fen Öğretmeni (FÖ): Bana söyleyin bakalım problem bizden ne istiyor?

Ayşe: 1 hektarlık alana öğrenciler ağaçlandırma projesi yapacaklar ve bu 1 hektarlık alanın fiyatı maliyeti ve yaptığı ürettiği oksijen miktarı göz önüne alarak ağaçlandırma yapacaklar ve bizden bunun raporunu istiyor.

FÖ: Peki o zaman herkes grup arkadaşlarıyla birlikte etkinliği çözmeye başlasın bakalım.

Yusuf: Evet arkadaşlar şimdi ne yapacağız burada (Grup arkadaşlarına soruyor).

Ayşe: Alana ağaç dikeceğiz ama aynı ağacı mı dikeceğiz. Farklı olur mu size?

Yusuf: Önce hangi ağacı dikeceğimize karar vermeliyiz. Sonra gerisini yaparız.

Enis: Tamam da ağaçların tuttuğu toz ve oksijen miktarları yok bunları neye göre karşılaştıracacağız.

Yusuf: Doğru, hocam bize bu bilgiler verilmemiş, soru hatalı olabilir mi?

Matematik Öğretmeni: Hangi bilgileri istiyorsunuz, biz size sunalım.

Enis: Toz tutma oranı bir de oksijen miktarı.

Öncelikle tüm kriterlere bakarak en verimli ormanı hazırladık.
Baz aldığımız veriler:
- Toz tutma
- O₂ üretme
- mesafe başına dikme
- Fiyat

Şekil 2. Problemi anlama basamağına ilişkin örnek açıklamalar

Öğrencilerin, problemde isteneni ifade ettiği ve problemi çözmek için gerekli değişkenleri belirlemeye çalıştığı açıklamalarda görülmektedir. Öğrenciler diğer etkinliklerde de benzer şekilde problemi anlama basamağında başarılı olmuş ve problemde istenenleri ve verilenleri doğru bir biçimde belirleyebilmiştir. Ayrıca öğrenciler soru çözümü için gerekli olan bilgilerin soru metninde yer almadığını ifade ederek problemin hatalı olduğunu düşünmüşlerdir. İlk etkinlikte diğer grup da benzer bir tutum sergilemiş ve problem çözümü için gerekli olan bilgiyi sadece problem metninde aramıştır. İlerleyen etkinliklerde ise bu durum farklılaşmış ve öğrenciler model oluşturmak için gerekli olan bilgiyi edinmek için problem metnine bağlı kalmamışlardır.

Ayrıştırma ve bağlam kurma basamakları, öğrencilerin DMM etkinliğinin ilişkili olduğu kavram ve kazanımları belirledikleri ve ilişkilendirmeye çalıştıkları basamaklardır. Araştırmada, öğrenciler genel olarak başarılı bir performans sergilemiş olmakla birlikte, ilk etkinliklerde hangi bilgilerin gerekli olduğunu belirlemede zorlanmışlardır. Her iki durum için aynı gruptan örnek açıklamalar tabloda sunulmuştur (Tablo 4).

Tablo 4

Ayrıştırma ve Bağlam Kurma Basamağına İlişkin Öğrenci Açıklamaları

Seviye2 (Atık Kağıt Etkinliği - Örnek Açıklama)	Seviye 3 (Yalıtım Etkinliği - Örnek Açıklama)
Atilla: Evet. Hangi kâğıtların geri dönüştürebildiği lazım. Mesela sağlık amaçlı kâğıtlar dönüştürülemez demiş. Peki onun dışında hangi kağıtlar kullanılabilir?	Atilla: Şimdi arkadaşlar önce ne yapmamız lazım. Bence malzeme türünü belirleyip sonra evin ebatlarını hesaplayabiliriz. Hesaplama işi matematik zaten. Bence taş yünü seçelim.
Samet: Bizim okulda pek fazladır. Nasıl hesaplayacağız, hiç bilgi yok.	Abuzer: Bence de taş yünü seçelim. Fende görmüştük ısı yalıtımını. Çünkü Karbonlu EPS'yi seçersek karbon olması zaten yanıyor.
Atilla: Bir yılda okulda ne kadar kâğıt oluyor?	Mehmet: XPS'yi kullanalım. XPS de zor alevleniyor.
Samet: Tamam da bir yılda ne kadar kâğıt birikecek bunu nasıl hesaplayacağız? Hangileri alacağız?	Abuzer: O da petrolden ama
Matematik Öğretmeni-2 (MÖ2): Miktarını bilmek yeterli mi? Yoksa ağırlığını bulmak mı gerekir?	Atilla: Fosil yakıt doğaya zarar verir. Sonuçta adam bir kere yapıyor. Uzun vadeli olması lazım.
Samet: Miktar olarak atık kağıdın sayısını miktar olarak yani kilogram olarak, karıştı ya...	

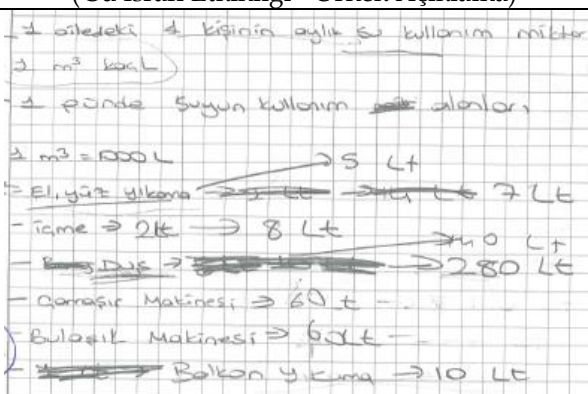
Öğrenciler önce, uygulamanın ikinci etkinliği olan "Atık Kağıt" etkinliğinin çözülememesi ifade etmiş ve atık kağıdın hesaplanamayacağını belirtmişlerdir. Etkinliğin devamında, yukarıda verilen açıklamada görüldüğü üzere öğrenciler, etkinlik çözümü için fen bilimlerine ait bilgileri işe koşmakta zorlanmıştır. Abuzer, etkinlikte sunulan "sağlık amaçlı kağıtlar geri dönüştürülemez" bilgisinden hareketle hangi kağıtların geri dönüşüme kazandırılacağını belirlemeye çalışmıştır. Öğrenciler hem bu bilgiyi hem de belirledikleri kağıdın nasıl hesaplanacağı konusunda zorlanmış ve öğretmen desteğine ihtiyaç duymuşlardır. İkinci örnek açıklamaya bakıldığında aynı öğrenciler, uygulamanın dördüncü etkinliğinde, etkinliğin gerektirdiği kazanımları çözüm sürecinde nasıl ele alacaklarını belirlemişlerdir. Abuzer'in, malzeme türünü belirlemek için fen bilimlerinden, evin ebatlarını belirlemede matematikten faydalanacağını ifade ettiği açıklamalar, ayrıştırma ve bağlam kurma

basamağına örnek açıklamalardır. Diğer öğrencilerin malzeme türünü belirlerken fen bilgilerini işe koştukları görülmektedir. Bu durum diğer grup için de geçerli olup, öğrencilerin ayrıştırma ve bağlam kurma basamaklarında son etkinliklerde ilk etkinliklere nazaran daha başarılı performanslar sergiledikleri söylenebilir.

Modelleme sürecinde çözüm için varsayımların oluşturulduğu ve modelin ilk tasarısının ortaya çıktığı zihinsel model oluşturma basamağına öğrenciler ilk etkinliklerde gerçekçi varsayımlar belirlemede zorlanmıştır. İki farklı etkinlikten aynı grubun örnek açıklamaları tabloda sunulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5

Zihinsel Model Oluşturma Basamağına İlişkin Öğrenci Açıklamaları

Seviye 2 (Orman Etkinliği - Örnek Açıklama)	Seviye 3 (Su İsrarı Etkinliği - Örnek Açıklama)
<p>Ayşe: O zaman diyorum ki kayın ağacından biraz koyalım ortamdaki tozu tutsun. Birazcık da iğne yapraklı serviden olsun ki oksijeni üretsün. Bu konuda tamam mıyız?</p> <p>Yusuf: Evet tamam, şimdi burada diyor ki ağaç sayısını bulmamız için ağaç aralarını hesaplayıp burada 1 hektar demiş alanı, eni boyu kaç olacak ki hocam bunun.</p> <p>Ayşe: 5000'e 2 yapalım o zaman.</p> <p>Hacı Yusuf: Hocam 10 bin metrekare kaç metredir?</p> <p>Matematik Öğretmeni 1: Metrekare farklı birimdir metreye çevrilmez.</p> <p>Ayşe: Hocam 1 hektar 10 bin metrekare değil mi?</p> <p>MÖ1: Evet...</p> <p>Ayşe: Tamam biz şimdi ne dedik. Servi ve kayın seçmiştik ama öbürlerinden mi bir tane koysak acaba? Yok hepsinden bir tane olsun.</p> <p>Nisa: Tamam şöyle yapalım o zaman 1 servi 1 metre 1 kayın 1 metre...</p>	 <p>Yusuf: Hımm, nasıl yapacağız? Enis başlıkları yazalım şimdi. Suyu nerelerde kullanabiliriz.</p> <p>Nisa: Bulaşık, çamaşır, el yüz yıkama.</p> <p>Enis: İçmede, yemek yapmada, peki miktarları nasıl belirleyeceğiz?</p> <p>Ayşe: Mesela bir insan günde 2 litre su içermiş.</p> <p>Nisa: Litre ne kadarki?</p> <p>Ayşe: Meyve suları, sütler ve uzun şişe, onlar 1 litre, bizim içtiğimiz kolalar 330 ml mesela, onun 3 katı gibi düşün.</p> <p>Nisa: Tamam o zaman hadi hesaplayalım.</p>

Öğrencilerin ilk etkinlikten itibaren gerçekçi varsayımlar üretmede zorluk yaşamışlardır. Yukarıda verilen örnek açıklamalarda aynı öğrenci grubunun birinci ve üçüncü etkinliğe ilişkin açıklamaları verilmiştir. İlk örnekte öğrencilerin genişliği 2 m olabilecek bir ormanlık arazi tasarlamaya çalıştıkları ve tasarladıkları bölgeyi bir servi bir kayın şeklinde dikmeyi düşündükleri görülmektedir. Öğrenciler her iki husus için de çok gerçekçi olmayan varsayımlar yürütmüşlerdir. Aynı öğrenci grubun ikinci örnekte daha gerçekçi varsayımlar oluşturduğu görülmektedir. Öğrenciler günlük hayattaki su tüketim miktarlarını belirlerken gerçekçi bir yaklaşım sergilemişlerdir. Öğrenciler, günlük içilen su miktarı bilgisinden ve günlük hayatta kullanılan farklı kapasitedeki nesnelere hareketle miktarları belirlemeye çalışmışlardır. Öğrencilerin zihinsel model oluşturma basamağına göstermiş olduğu başarı, deneyimlerini doğru şekilde işe koştuklarıyla açıklanabilir. Öte yandan, öğrencilerin bu basamak için orta düzeyde bir başarı sağladığı, bu örnek dışında sadece son etkinlikte tamamen gerçekçi

varsayımlar oluşturabildikleri gözlenmiştir. Öğrencilerin tabloda verilmeyen ama bu basamakta zorluk yaşamalarının nedenlerinden biri standart ölçülerin gerçek yaşamdaki karşılığı hakkında yeterince bilgi sahibi olmamalarıdır. Örneğin, yalıtım etkinliğinde tasarladıkları evin ebatlarını belirlemeye çalışırken, uygulama yapılan sınıfın ebatlarını dikkate almış ve sınıfın yüksekliğinin 6 m olabileceğini ifade etmişlerdir. Bir başka örnek, su israfı etkinliğinde öğrenciler litrenin miktarını tam olarak bilemedikleri için gerçekçi bir yaklaşım sergileyememiş ve banyo için 5 litrelik su kullanıldığını ifade etmişlerdir. Bu ve bunun gibi ilk etkinliklerde daha çok görülen ve öğrencilerin öğretmen desteğine başvurdukları durumlar, öğrencilerin gerçekçi varsayımlar oluşturmasını doğrudan etkilemiştir.

Modelleme sürecinde, bir sonraki basamak model oluşturma basamağıdır. Bu basamakta öğrenciler, probleme çözüm olacak matematik ve fen bilimlerine dayalı bir yaklaşım oluşturmaya çalışmışlardır. Tablo 3'e bakıldığında öğrencilerin neredeyse tüm etkinliklerde model oluşturabildiği fakat ilk etkinliklerde oluşturulan modellerin bazı hatalar içerdiği görülmektedir. Sadece üçüncü etkinlikte grup 2 hatalı bir model oluşturmuştur. Öğrenci performanslarına ilişkin farklı seviyelerdeki örnek çözümler aşağıda sunulmuştur (Tablo 6).

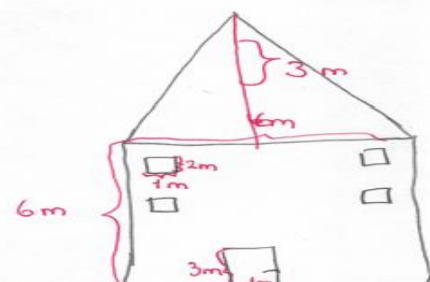
Tablo 6

Modeli Oluşturma ve Modeli Çözme Basamağına İlişkin Öğrenci Açıklamaları

Seviye 1 (Su israfı Problemi)	<p>① Dış firmalardan veya su doldururken suya bakmamamız, fazla su kullanmamız, banyo muslukları tamir etmeliyiz, Yemek yaparsak fazla su kullanmamız yeterli kadar kullanmalıyız bunları yaparsak yaklaşık olarak bir ailenin kullandığı su miktarı: 0,51</p> <p>0,51 günlük m³ birim fiyatı 5,46 =</p> $\begin{array}{r} 5,46 \\ \times 0,51 \\ \hline 546 \\ 2730 \\ \hline 27816 \end{array}$ <p>* 27816 gıvartama = 2,8 günlük fiyat</p> <p>2,8 * 30 = 84 aylık fiyat</p> <p>84 * 12 = 1008 yılda</p> <p>faturaya göre yılda 1432 * olur</p> $\begin{array}{r} 136 \\ \times 12 \\ \hline 272 \\ +1360 \\ \hline 1632 \end{array}$ <p>② Faturada aylık 136 * gelmiştir ancak su israfı yaparak bu fiyat 52 * düşüyor ve 84 * olur</p>
-------------------------------------	---

Tablo devam ediyor...

Tablo 6'nın Devamı...

<p>Seviye 2 (Yalıtım Etkinliği)</p>	<p>→ Evimiz kare şeklinde ve yüksekliği 6 m → Bir yüzeyi 36 m^2 → Tüm yüzeyleri $\rightarrow 26.4 \rightarrow 104 \text{ m}^2$ → Bir pencerenin alanı $\rightarrow 2 \text{ m}^2$ → Evde 16 pencere $\rightarrow 32 \text{ m}^2$ → Kapı $\rightarrow 3 \text{ m}^2$ $\rightarrow 104 - 35 = 69 \text{ m}^2$ Çatı ise $6 \cdot 3 \text{ m} = 18 \text{ m}^2 - 3 \text{ m}^2$ $3 \cdot 6 = 18 \text{ m}^2$ $18 + 36 = 54 \text{ m}^2$ $109 : 3,6 = 29$ $29 \cdot 282,6 = 8195,4$ $\rightarrow 8195,4 + 3000 = 11195,4 \text{ €}$</p> <p>Kullanılan Malzeme \rightarrow Taş yünü Çatı İse \rightarrow Cam yünü B markası tercih edilecek.</p> <p>1 ayda ortalama doğal gaz + elektrik = 300 € 1 yıla = 300 · 12 = 3600 € 300 · $\frac{60}{100} = 2160 \text{ €} \rightarrow$ tasarruf</p> 
<p>Seviye 3 (Küresel Isınma Etkinliği)</p>	<p>→ Buzdolabı $\rightarrow 24 \text{ saat} \rightarrow 25 \cdot 24 = 600 \rightarrow 1 \text{ gün} \rightarrow 1 \text{ yıllık} = 216.000 \text{ gr}$ → Gamaşır Makinesi $\rightarrow 450 \cdot 60 = 27.000 \rightarrow 12500 \cdot 12 = 162.000 \text{ gr}$ → Işık $\rightarrow 70 \cdot 8 = 560 \rightarrow 688 \cdot 360 = 247.680 \text{ gr}$ (5 saat ağırlık) → Elektrikli süpürge $\rightarrow 2 \text{ saat} \rightarrow 2024 \cdot 360 = 728.640$ → Bulaşık Makinesi $\rightarrow 1 \text{ saat} \rightarrow 495 \cdot 360 = 178.200$ → ... iletici (1 saat) $\rightarrow 660 \cdot 360 = 237.600$ TV (2 saat) $\rightarrow 42 \cdot 360 = 15.120$ Klima (2 saat, 4 ay) $\rightarrow 1280 \cdot 120 = 153.600$ İncan $\rightarrow 304 \cdot 4 \text{ kişi} = 1216 \rightarrow 120 \cdot 180 = 21.600$ Araba $\rightarrow 2 \text{ araba} = 16000 \text{ gr} \rightarrow 1 \text{ gün} \rightarrow 16000 \cdot 52 = 832.000$ Servis $\rightarrow 3100 \cdot 52 = 161.200$ Bilgisayar (2 saat) $\rightarrow 600 \cdot 360 = 216.000$</p> <p>Toplam = 216000 162000 247680 728640 177200 308600 165600 832000 176800 216000 15120 24672 3.332.312</p> <p>$3332312 : 42000 = 79,340763$ yaklaşık olarak 78 ağırlık</p>

Tablo 6'da farklı seviyedeki öğrenci performanslarından ilkinde öğrenciler su tasarrufu yapmak için etkinlikte verilen su faturasından hareketle bir model planlamışlardır. Faturadaki su tüketim bedelinden, bir kişinin aylık tükettiği su miktarını belirleyen öğrenciler varsayımlara dayandırmadan, her kişiden belirli bir miktar tasarruf yapmış ve yeni faturayı hesaplamışlardır. Öğrencilerin rastgele rakamlara göre yaptıkları su tasarrufu modeli hatalı olduğu görülmektedir. İkinci modelde öğrenciler yalıtım yapacakları evi tasarlamış ve yüzey alanını ve kullanılacak malzeme bilgilerini doğru bir şekilde hesaplamışlardır. Yalıtımın faturada sağladığı katkıyı da dikkate alan öğrenciler, yalıtımın karlı bir iş olup olmadığını belirleyecek maliyet/kazanç hesaplamasına modelde yer vermişlerdir. Fakat öğrencilerin modellerinde bazı hatalar bulunmaktadır. Öğrenciler evin ebatlarını çok gerçekçi olmayan varsayımlara dayandırmış ve kapı ve pencerenin ebatlarını evin planında doğru bir şekilde ele almamıştır. Dört taraflı ele aldıkları çatıda yüksekliği belirlerken rastgele değerler almış, matematiksel olarak doğruluğunu değerlendirmemişlerdir.

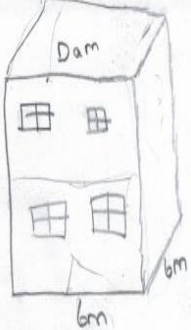
Bu nedenle modellerinin kısmen hatalı olduğu söylenebilir. Son örnekte ise öğrencilerin bir kişinin karbon ayak izini tolere edecek ağaç sayısını belirlemek için doğru bir model oluşturdukları görülmektedir.

Modeli çözmeye basamağı, uygulama sürecinde öğrencilerin performans olarak en başarılı olduğu basamaklardan bir diğeridir. Öğrencilerin modeli matematik ve fen bilimlerini işe koşarak çözmeye çalıştığı bu basamakta, genel anlamda zorluk yaşamamışlardır. Tablo 6'daki çözümlerde öğrencilerin yaptığı doğru hesaplamalardan örnekler görülmektedir. Sadece ilk etkinlikte, birim dönüşümünden kaynaklı bir hesaplama hatası oluşmuş ve öğrenciler modeli yanlış çözmüşlerdir. Bunun dışında öğrencilerin uygulama süreci boyunca genel anlamda modeli doğru bir şekilde çözdükleri söylenebilir.

Modelleme sürecindeki son basamaklar olan dönüştürme ve değerlendirme basamağında öğrencilerin genel anlamda başarısız oldukları söylenebilir (Tablo 3). Dönüştürme basamağında, öğrencilerin matematik ve fen bilimleri yoluyla buldukları sonucu gerçek dünyada yorumlamaları, değerlendirme basamağında ise yorumlanan sonucun gerçek dünyada işlevselliğini değerlendirmeleri gerekmektedir. Uygulamaların ilk etkinliklerinde öğrenciler oluşturdukları modeli çözmüş fakat çözümü gerçek dünyada yorumlama ihtiyacı hissetmemiş, modelleme sürecini o aşamada tamamlamıştır. Öğrencilerin bu şekilde performans sergilediği etkinliklerde öğrenci becerileri seviye 1 olarak kodlanmıştır. Öğrenciler bazı etkinliklerde ise çözümü gerçek dünyada yorumlamış ve değerlendirmiştir (Tablo 7).

Tablo 7

Dönüştürme ve Değerlendirme Basamağına İlişkin Öğrenci Açıklamaları

Seviye 1 (Yalıtım Etkinliği - Örnek Açıklama)	Seviye 3 (Yalıtım Etkinliği - Örnek Açıklama)
 <p>Atilla: Bizim maliyetimiz 11.304 tl. 40 yılda 20 bin kar sağlıyor. Mehmet: Sonucu bulduk işte, tamamdır.</p>	<p><u>Tasarruf 3. Grup</u></p> <p>Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) aylık 50 TL kış aylarında ise (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) aylık 150 TL tasarruf yaptık. Uzun vadede (40 yıl) düşünürümüş de <u>20.636 TL</u> ortalama bir tasarruf sumut oldu. Ayrıca ülke ekonomisine ve doğaya da yararına katkı sağladı.</p> <p>Ayşe: Maliyet 11,200 lira çıktı yaklaşık. Şimdi yalıtım % 40-60 arasında bir kar sağlıyormuş. Şimdi düşünelim. Kışın doğal gaz var. Yusuf: Yazın klima var. Enis: Evet ortalama ne kadar geliyor. Bizim kışın fatura 450 falan geliyor. Ayşe: Yazın iki ayda klima 200-250 arası geliyor. Ortalama 300 lira o zaman. Yıllık maliyeti ne olur. 3600 lira. Nisa: yüzde 60 kar sağlıyor Enis: Bence ortalamasını almamız. Ayşe: Yok bence 60 mantıklı. Hadi zaman kalmadı zaten. Bize 2160 tasarruf sağlıyor. O zaman yaklaşık 5 ya da 6 yılda kar getirmeye başlıyor. Yusuf: Çok mantıklıymış aslında. Şimdi anlıyorum insanlar niye yapıyor. Ayşe: Bulduğumuz sonuç gayet mantıklı evet.</p>

Yukarıda verilen iki örnek aynı etkinliğe ait iki grubun çözümlerini içermektedir. Her iki grup ısı yalıtımı maliyetini karlı bir iş olup olmadığını hesaplamıştır. İlk örnekte öğrenciler, yalıtımın 40 yılda getirdiği karı hesaplamış ve

gerçek dünyada bulduğu sonucun anlamlı olup olmadığını değerlendirmemiştir. Sonucun bulunması grup için yeterli olmuştur. İkinci örnekte ise öğrenciler yalıtımın kar getirmeye başladığı süreyi değerlendirmiş ve buldukları sonucun mantıklı olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrenciler, son etkinlikte de benzer şekilde buldukları sonucu gerçek dünyada yorumlamıştır. Fakat uygulama sürecinin neredeyse tamamında, öğrenciler modellerin doğruluğunu değerlendirmemişlerdir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Çağımızın, eğitim anlayışında meydana getirdiği değişimlerden biri olan DMM'ye dayalı bir öğrenme ortamında ortaokul öğrencilerinin modelleme becerilerinin incelendiği bu araştırmada bir takım önemli sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak bulgular incelendiğinde öğrencilerin DMM becerilerinin uygulama sürecinde geliştiğini ve bununla birlikte modelleme sürecinin diğer bazı aşamalarında da zorlandıklarını göstermektedir. Yaşanılan zorlukların temelinde öğrencilerin DMM'nin doğasına alışkın olmamaları ve okullarda süre gelen problem çözme alışkanlıklarının yer aldığı düşünülmektedir. Modelleme etkinlikleri geleneksel problemlerden oldukça farklı özellikler taşımaktadır (Lesh ve Yoon, 2007). Geleneksel problemler ise gerçeklikten uzak, genellikle idealleştirilmiş verilerin hazır sunulduğu yapılardır. Lesh ve Yoon (2007) geleneksel problem çözümede, başlangıç noktasının iyi tanımlandığını, problem durumunda verilen bilgilerin nadiren matematiksel tanımlamalarını yapmak gerektiğini, genellikle verilen bilgilerin matematiksel dilde olduğunu ifade etmişlerdir. Halbuki modelleme etkinlikleri açık uçlu, farklı çözümler içeren karmaşık bir yapıya sahiptir (Dogan, 2020; Maaß, 2007; Şahin, 2019). Modelleme etkinliklerinde öğrencinin geleneksel problemlerde olduğu gibi hazır bilgiyi kullanmasının ötesinde, etkinlikte gömülü bir şekilde yer alan bilgiyi ilişkilendirerek yapılandırması ve varsayım üretmesi gerekmektedir (Zawojewski, 2010). Bu nedenle öğrencilerin disiplinler arası boyutu olan matematiksel modelleme etkinliklerine alışkın olmamalarından kaynaklı zorluk yaşaması beklenen bir durum olarak değerlendirilebilir. Araştırmanın başındaki ilk uygulamalarda etkinliğin hatalı/eksik olduğunu ifade eden öğrenci açıklamaları ve problem çözümü için sadece problem metninde verilen bilgileri ele almaları bu düşünceyi desteklemektedir. Bu nedenle özellikle ilk etkinliklerde öğrenciler model oluşturmak için sıklıkla öğretmen desteğine ihtiyaç duymuşlardır. Geleneksel öğretimde öğretmen genellikle bilgiyi sunan kişidir ve bahsi geçen durumun ortaya çıkmasında öğrenme ortamlarında süregelen alışkanlıklarının etkisi olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, geleneksel problem çözümlerinin öğrencilerin DMM becerilerini desteklediği bir takım durumlar da tespit edilmiştir. Öğretim programında problem çözme, önemli bir beceri olarak görülmekte, disiplinlerin alt kazanımlarında problem çözme uygulamalarına yer verilmekte ve bu uygulamalarda problem çözme aşamaları ayrıntılı bir biçimde gösterilmektedir (MEB, 2018). Polya'nın (1958) problem çözme aşamalarının kullanıldığı uygulamalarda, problemi anlama ilk aşamadır. Klasik problem çözümlerinde de öğretmenler sürekli problemi çözmek için anlamamanın önemli olduğu vurgusu yapmaktadırlar. Araştırma bulguları da öğrencilerin etkinlikte verilenleri ve istenenleri belirlemede genel anlamda zorlanmadıklarını ve en başarılı performansı problemi anlama basamağında sergilediklerini göstermiştir. Okuma ve anlamamanın özellikleri dikkate alındığında başarılı bir öğrenmenin gerçekleşmesi başarılı bir anlama süreciyle doğru orantılıdır (Ehri, 2005). Diğer taraftan modelleme sürecinin

değerlendirme basamağında, öğrencilerin zorlandıkları ve değerlendirme becerilerinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Değerlendirme yapmak daha üst düzey bilişsel düşünme gerektirdiğinden öğrencilerin bu aşamada zorlanmalarının doğal olduğu söylenebilir. Bu araştırma kapsamında değerlendirme becerisi, öğrencilerin geliştirdikleri modeli hem matematik ve fen bilimleri boyutuyla, hem de gerçek yaşam boyutuyla değerlendirmesini içermektedir ve öğrencilerin modelleme etkinliklerinde değerlendirmeyi genel anlamda matematiksel hesaplamaların doğrulanması şeklinde ele aldıkları belirtilmektedir (Borromeo Ferri, 2006; Maaß, 2006). Blum ve Leiß (2007) benzer şekilde çalışmalarında öğrencilerin değerlendirme basamağını göz ardı ettiklerini ifade etmiştir. Öğrencilerin oluşturdukları modeli sınıf ortamında ve grup ortamında değerlendirmelerine fırsat sunan modelleme etkinlikleri, doğal bir değerlendirme sürecini içinde barındırır. Sonuç bulma odaklı geleneksel problemlerde ise elde edilen sonuç, matematik dünyasının dışında kullanılacak bir yapının parçası değildir ve problem durumu matematik dünyası dışına çıkma gereksinimi duymadan bir yol boyunca ilerleyen bir yapıdadır (Lesh ve Yoon, 2007). Bir diğer deyişle geleneksel problemlerde matematiksel sonuç çözüm için yeterlidir. Bu çalışmada da öğrenciler ilk etkinlikten itibaren etkinliklerinde elde ettikleri sonucu gerçek dünyada değerlendirme ihtiyacı hissetmemiş ve genellikle sonucu bulma odaklı hareket etmiştir. Bu durum, tüm uygulama süreci boyunca devam etmiş ve değerlendirme basamağı öğrencilerin en az gelişme gösterdiği tek basamak olmuştur. Ortaya çıkan bu sonuç, öğrencilerin alışkanlıklarını devam ettirmesi ve değerlendirme aşamasının daha üst düzey bilişsel düşünmeyi gerektirmesiyle açıklanabilir.

Öğrencilerin DMM becerilerini etkileyen ve süreçte yaşanan zorlukların temelinde yer alan bir diğer unsur, DMM'nin bağlam boyutu olmuştur. Öğrenciler ilk etkinliklerde hem gerçekçi varsayımlar üretmekte zorlanmış, hem de elde edilen sonuçları gerçek yaşamda yorumlamadan modelleme sürecini tamamlamışlardır. Araştırma bulguları, öğrencilerin gerçek yaşam bilgilerinin zihinsel model oluşturma ve dönüştürme basamaklarını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Maaß (2006), öğrencilerin modelleme problemlerinde varsayımlarını oluştururken gerçekliği çok fazla göz önünde bulundurmadığını, Kaiser (2007) ise modelleme etkinliklerinde özellikle başlangıç seviyesinde olan öğrencilerin bu sorunu yaşadığını ifade etmiştir. Bu anlamda öğrencilerin ilk etkinliklerde bağlama ilişkin yaşadığı zorluklar, literatürü desteklemektedir. Öğrencilerin modelleme sürecinde başarılı olması için gerçeğe dayalı varsayımlar üretmesi önemlidir. Problem durumundaki bağlamın, bireyin gerçekliğiyle örtüşmesi ise bu konuda gösterdiği performansı doğrudan etkilemektedir (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, Post, 2000). Öğrencilerin etkinliklerle ilgili makul varsayımlar üretebilmeleri için etkinliğin bağlamı hakkında bir takım ön bilgilerinin olması gerekmektedir. Nitekim bağlamı hakkında bilgileri olan etkinliklerde öğrencilerin çok zorlanmadıkları söylenebilir. Bu süreçte öğrencilerin yaşadığı bir diğer zorluk ise gerçek yaşamı matematikle ilişkilendirmekte ve yorumlamakta zorlanmaları olmuştur. Örneğin, öğrencilerin uygulama sürecinin başında metre, metrekare gibi ölçü birimlerinin gerçek miktarını belirleyememelerinden kaynaklı gerçekçi olmayan değerlerle varsayımlar oluşturdukları görülmüştür. Benzer şekilde birimler arası dönüşümü matematiksel olarak doğru yapan öğrencilerin, aynı bilgiyi gerçek hayata yorumlamakta

zorlandıkları da saptanmıştır. Öğrencilerin gerçek hayatta kullandığı matematiği, okul ortamında öğrendiği matematikten farklı olarak algılaması (Lesh ve Zawojewski, 2007), bu durumun en önemli nedeni olarak düşünülmektedir. Öğrenciler matematiğin gerçek yaşam uygulamalarına maruz kalmadığı sürece, bir durumu ya gerçek dünya olarak ya da matematik olarak değerlendirmekte ve ikisi arasındaki ilişkiyi sağlamada zorlanmaktadır (Baki ve Aydın-Güç, 2014). Aslında var olan bilgi aynıdır, uygulama alanlarında kullanılma biçimi farklıdır. Gerçek hayatta matematiksel bilgi çoğu zaman gizli veya örtük bir şekilde kullanılırken, okul matematiğinde teorik ve bir takım kurallar şeklinde kullanılmaktadır. Birey okul ortamında öğrendiği bilginin, günlük hayatındaki bilgi ile aynı olduğunu fark ettiği anda, söz konusu bilginin kendisi için kullanılabilirliğini test etmiş olur ve sonraki süreçte daha anlamlı bir biçimde kullanmaya başlar. Bu araştırma kapsamındaki son uygulamalarda öğrenciler daha gerçekçi varsayımlar oluşturmuşlar ve daha başarılı performanslar sergilemişlerdir. Öğrencilerin artan etkinlik deneyimi, gerçek yaşam ile matematik ilişkisini kurma becerisini olumlu yönde etkilemiştir.

Etkinliğin ilişkili olduğu fen bilimleri ve matematik kazanımları, öğrencilerin DMM becerilerini etkileyen bir başka unsur olarak belirlenmiştir. Öğrenciler modeli çözme basamağında ilk etkinliklerinden itibaren diğer basamaklara göre daha iyi bir performans sergilemiştir. Öğrencilerin matematik ve fen bilimleri yeterliklerine bağlı olarak bu sonucun ortaya çıktığı söylenebilir. Öğrencilerin sahip olduğu matematiksel bilgi ve becerilerinin öğrencilerin modelleme performanslarını etkilediği, model oluşturma ve modeli çözme basamakları için oldukça önemli bir yeterlik olduğu farklı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Maaß, 2006; Blomhøj ve Jensen, 2003). DMM uygulamaları için de benzer bir sonucun ortaya çıktığını söylemek mümkündür. DMM sürecine mahsus olan ayrıştırma ve bağlam kurma basamaklarına ait öğrenci becerilerinin matematik ve fen bilimlerine ait bilgilerinden doğrudan etkilendiği tespit edilmiştir. Bu basamaklarda öğrenci becerileri etkinliğe bağlı olarak değişim gösterse de ilk etkinliklerde ayrıştırma ve bağlam kurma basamaklarında öğrencilerin zorlandığı söylenebilir. Fakat ilerleyen etkinliklerde her iki basamak için öğrencilerin gelişme gösterdiği ve başarılı oldukları söylenebilir. Öğrencilerin DMM uygulamalarında deneyim kazanmaları değerlendirme hariç diğer tüm basamaklarda olduğu gibi öğrencilerin ayrıştırma, bağlam kurma ve modeli çözme basamaklarını da olumlu bir şekilde etkilemiştir. Modelleme uygulamalarında deneyimin, modelleme becerisi kazandırmada önemli bir unsur olduğu göz önüne alındığında (Maaß, 2006), araştırma sonuçlarının beklenen doğrultuda olduğu söylenebilir. Ancak bu gelişimin doğrusal olmadığı, bazı etkinliklerde öğrencilerin önceki etkinliklere nazaran bazı basamaklarda daha başarısız olduğu tespit edilmiştir. Literatürde öğrenci başarısının etkinlikten etkinliğe göre değiştiği ifade edilmekte ve bu, modelleme sürecinin çok boyutlu ve karmaşık yapısıyla açıklanmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003). English (2009) benzer şekilde modelleme etkinliklerinin özellikleri ve etkinlik prensiplerine göre tasarlanmasının öğrencilerin modelleme becerisini etkilediğini ifade etmekte ve fazla veri içeren etkinliklerde öğrencilerin verileri yorumlamakta ve model oluşturmada zorlandıklarını belirtmektedir. Burada da öğrenci performansındaki değişim deneyimin ötesinde etkinliğin gerektirdiği bilgi ve bağlam bilgisi gibi faktörlerle açıklanabilir.

Özet olarak DMM becerilerinin ortaokul düzeyinde ele alındığı bu araştırmada, grup performanslarının birbirine benzediği, etkinliklerde öğrencilerin en iyi performansı problemi anlama, en düşük performansı değerlendirme basamağında sergiledikleri sonucuna ulaşılmıştır. DMM etkinlikleri ile etkileşimin süreç içerisinde öğrencilerin modelleme becerilerini genel anlamda olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Öğrencilerin performans becerilerinin, problem çözme alışkanlıklarından, DMM'nin doğasına ilişkin durumlarından, etkinliğin gerektirdiği matematik ve fen kazanımlarından etkilendiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin ilk etkinliklerden itibaren artan performansı, modelleme uygulamalarına öğretim sahasında daha çok yer verilmesinin gerekliliğini göstermektedir. Bu nedenle öğrencilerin bu uygulama sürecindeki gelişimleri göz önüne alındığında, DMM uygulamalarına programda yer verilmesi önerilmektedir. Öğrencilerin DMM becerilerini, modelleme etkinliği ve öğretmen rolü kapsamında incelenmesi araştırma önerisi olarak sunulabilir.

Kaynakça

- Aydın-Güç, F. (2015). *Matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi*. (Yayınlanmış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baki, A., ve Güç, F. A. (2014). Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin devirli ondalık gösterimle ilgili kavram yanlışları. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 5(2), 176-206.
- Blomhøj, M., and Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching mathematics and its applications*, 22(3), 123-139.
- Blomhøj, M. and Jensen, T. H. (2007). What's all the fuss about competencies? In W. Blum, P. L. Galbraith, H. Henn, and M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI study* (pp. 45-56). New York, NY: Springer.
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri, and G.A. Stillman (Eds.), *In Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 15-30). Springer, Dordrecht.
- Blum, W., and Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45-58.
- Blum, W., and Leiß, D. (2007). Investigating quality mathematics teaching: The DISUM project. *Developing and researching quality in mathematics teaching and learning, proceedings of MADIF*, 5, 3-16.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi, Ankara.
- Çavuş-Erdem, Z. (2018). *Matematiksel modelleme etkinliklerine dayalı öğrenme sürecinin alan ölçme konusu bağlamında incelenmesi*. (Yayınlanmış doktora tezi). Adıyaman Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman.
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. In J. Bellance, & R. Brandt (Eds.), *"21st century skills: Rethinking how students learn"* (pp. 51-76). Bloomington, IN: Solution Tree Press.

- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş-Erdem, Z., and Şahin, S. (2019). Using mathematical modeling for integrating STEM disciplines: A theoretical framework. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(3), 628-653. <https://doi.org/10.16949/turkbilm.502007>.
- Doerr, H. M. (1997). Experiment, simulation and analysis: An integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*, 19(3), 265-282.
- Dogan, M. F. (2020). Evaluating Pre-Service Teachers' Design of Mathematical Modelling Tasks. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 28(1), 44-59.
- Dunne, T., and Galbraith, P. (2003). Mathematical modelling as pedagogy-impact of an immersion program. In Q. X. Ye, W. Blum, K. Houston, and Q.Y. Jiang (Eds.), *Mathematical modelling in education and culture* (pp-16-30). Horwood Publishing Chichester, England.
- English, Lyn D. (2008). Mathematical modeling: linking mathematics, science and arts in the primary curriculum. In: *2nd International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences (MACAS2)* (pp. 187-194), 29 - 31 May 2007, Odense, Denmark.
- English L. D. (2009). Promoting interdisciplinarity through mathematical modelling. *ZDM*, 41, 161-181. doi 10.1007/s11858-008-0106-z.
- English, L. D. (2015). STEM: Challenges and opportunities for mathematics education. In *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 4-18). PME.
- Erbaş, A.K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1607-1627. doi: 10.12738/estp.2014.4.2039.
- Ferri, R. B. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86-95.
- Galbraith, P. (2012). Models of modelling: Genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modelling and application*, 1(5), 3-16.
- Gonzalez, H. B., and Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress.
- Gürbüz, R., and Doğan, M.F. (2019). Giriş: Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı. R. Gürbüz ve M. F Doğan (Eds) (2.baskı). *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*, (pp.1-5). Ankara, Pegem Akademi.
- Ehri, L. C. (2005). Learning to read words: Theory, findings, and issues. *Scientific Studies of Reading*, 9(2), 167-188. https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0902_4.
- Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F., and Brilleslyper, M. (2008). Model-Eliciting Activities (MEAs) as a Bridge between Engineering Education Research and Mathematics Education Research. *Advances in Engineering Education*, 1(2), 1-25.
- Hıdıroğlu, Ç. N., Tekin Dede, A., Kula, S., ve 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.
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi*. Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lesh, R., and Doerr, H. M. (2003a). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, and H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., Galbraith, P. L., Haines, C. R., and Hurford, A. (2010). *Modeling students' mathematical modeling competencies (ICTMA13)*. Springer, Dordrecht.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., and Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly and R. Lesh (Eds.), *Hand book of reseacrh design in mathematics and science education* (pp. 591-646). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., and Yoon, C. (2007). What is Distinctive in (Our Views about) Models and Modelling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching?. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.W. Henn, and M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 161-170). Springer, Boston, MA.
- Lesh, R., and Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763-804). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Ludwig, M., and Xu, B. (2010). A Comparative Study of Modelling Competencies Among Chinese and German Students. *Journal fur Mathematik-Didaktik*, 31(1), 77-97.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies?. *ZDM*, 38(2), 113-142.
- Maaß, K. (2007a). Modelling taks for low achieving students. First results of an empirical study. In *CERME 5-Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2120-2129).
- Maaß, K., and Mischo, C. (2011). Implementing modelling into day-to-day teaching practice-The project STRATUM and its framework. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 32(1), 103-131. Doi: 10.1007/s13138-010-0015-x
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], (2018). Talim Terbiye Kurulu. *Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*, Erişim Tarihi 20 Şubat 2018, <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>.
- Michelsen, C. (2005). Expanding the domain: Variables and functions in an interdisciplinary context between mathematics and physics. In Beckmann, A., Michelsen, C., and Sriraman, B (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium of Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences* (pp. 201-214).
- Michelsen, C. (2015). Mathematical modeling is also physics—interdisciplinary teaching between mathematics and physics in Danish upper secondary education. *Physics Education*, 50(4), 489. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/489>.

- Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical model*. Princeton, New Jersey.
- Sahin, S. (2019). *Matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme problemi hazırlama becerilerinin incelenmesi* [Doktora tezi], Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman.
- Tekin Dede, A. (2015). *Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: bir eylem araştırması*. (Yayınlanmış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Williams, J., Roth, W. M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., Borrromeo Ferri, R., and Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary mathematics education*. Springer Nature.
- Zawojewski, J. (2010). Problem solving versus modeling. In Lesh, R., Galbraith P. L., Haines C. R. ve Hurford A., (Ed.). *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies*. ICTMA 13, Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

EK1: Küresel Isınma Etkinliği

Küresel ısınmaya dikkat çekmek isteyen Zeynep öğretmen öğrencileri ile aşağıdaki metni paylaşmıştır:



Karbondioksit, metan gibi sera gazlarının sebep olduğu iklim değişikliğinden kaynaklanan küresel ısınma bugün dünyanın önünde bulunan en önemli sorunlarından biri. Uzmanlar küresel ısınmanın önüne geçmek için atmosferdeki karbondioksit oranının azaltılması gerektiğini vurguluyor. İklim değişikliklerinin etkilerini azaltmak için günlük hayatta yaptığımız etkinliklerin yeryüzüne olan etkilerinin somut olarak görerek işe başlayabiliriz. Bunun için ilk adımı karbon ayak izimizi ölçerek atalım. Karbon ayak izi, yaşam şeklimizin çevre üzerinde yarattığı etkinin ölçümüdür. Günlük aktivitelerimizin her yıl atmosfere ne kadar karbondioksit saldıgının tahmini bir hesabı sonucunda elde edilir.

1. Sizce günlük aktivitelerimiz sonucu atmosferdeki karbondioksit düzeyini nasıl artırıyoruz?
2. Karbon ayak izinizi nasıl hesaplıyorsunuz?
Ailenizin 1 yıl boyunca ürettiği karbondioksit miktarını telafi etmek için kaç ağaca ihtiyaç duyulduğunu gösteren bir rapor hazırlayınız.

Öğretmene not:

Ulaşım Araçlarının	Mesafe	Araba (ton)	Otobüs- Servis (ton)	Bisiklet (Yürüyerek)
--------------------	--------	-------------	----------------------	----------------------

Ortalama Karbon İzi (Haftalık)	(ton)			
	0-15 km	8000 gr	1600 gr	0
	15-21 km	28000 gr	3400 gr	0

Summary

Introduction

STEM approach, where at least two disciplines are integrated, and mathematical modeling are the prominent changes in educational approaches in recent years. The contextual aspect of mathematical modeling might be seen as an important tool in the implementation of STEM, as it provides an opportunity to consider different disciplines together (Hamilton, Lesh, Lester, & Brilleslyper, 2008). Thus, mathematical modeling, which is one of the important research topics of mathematics education, has come to the fore with its interdisciplinary dimension in recent years (English, 2015; Doğan, Gürbüz, Çavuş-Erdem & Şahin, 2019). Mathematical modeling is based on generating a mathematical solution to a problem encountered in real life and evaluating the functionality of this solution. The contextual aspect of mathematical modeling is one of the main reasons for an interdisciplinary approach since it has a complex structure that includes different disciplines at the same time. Also, modeling is considered an important concept for both mathematics and science at all levels (Lesh, Galbraith, Haines, & Hurford, 2010). This is accepted as a starting point in approaching mathematical modeling with an interdisciplinary perspective (Michelsen, 2015). The literature shows that interdisciplinary mathematical modeling is mostly discussed within the scope of mathematics and science (English, 2008; Doğan, Gürbüz, Çavuş-Erdem & Şahin, 2019). In the interdisciplinary mathematical modeling (IMM) approach, real-life problems are solved using knowledge and methods of mathematics and science. Therefore, apart from the differences arising from the inclusion of another discipline, the basic features of mathematical modeling such as modeling process and modeling skills are also valid for IMM. In addition to the studies examining mathematical modeling skills, studies examining students' modeling skills in IMM activities are quite limited. Therefore, this study aims to examine middle school students' modeling skills in IMM activities addressed in the axis of mathematics and science.

Method

This research, which was part of a bigger project, is designed as a descriptive study. During this comprehensive project, teachers first attended a 13 weeks workshop on mathematical modeling and IMM. As part of their training, the teachers were asked to design a IMM in pairs (one mathematics and one science teacher). Then, those designed six IMM activities were implemented by mathematics and science teachers who attended the workshop at two different schools at the 8th-grade level. The students worked on the IMM activities as a group of four in the classroom. A random

group was selected from each class and the IMM competencies of the students in these groups were examined (in total eight students). To analyze the data, IMM Competencies Assessment Rubric developed by researchers and were coded by using the content analysis method. The IMM Competencies Assessment Rubric was developed by incorporating Doğan et al. (2019)' IMM process with the rubric developed by Hidiroğlu, Tekin Dede, Kula, and Bukova Güzel (2014) for analyzing students' modeling skills. Students' IMM skills were presented with this rubric and supported by direct quotations from students.

Results

The results of the study show that students have difficulties at some levels in the modeling process. Although students showed more successful performances towards the end of the implication process, this development has emerged more clearly in the last three activities. Besides, both groups performed similarly while engaging in the IMM activities. When we consider students' modeling skills according to the levels in the IMM process, the students were most successful at the level of understanding the problem. Although the students generally had a successful performance in the decomposition and context forming levels, they had difficulties in determining what information was required during the earlier activities. In the mental modeling step where the assumptions for the solution were created in the modeling process and the first design of the model emerged, the students had difficulty in determining realistic assumptions in the first activities. At the level of model forming, the students tried to create an approach based on mathematics and science concepts to solve the problem. The level of model solving was another step in which students were most successful in terms of performance. However, students generally failed in the transformation and evaluation levels, which were the last two steps in the modeling process. During the first activities of the implication, the students solved the model they created but completed their modeling process at the model solving level without interpreting their solution into the real world. In some activities, students interpreted and evaluated the solution in the real world.

Discussion, Conclusion and Implications

The results of this study reveal that the students' IMM competencies improved during the implementation of modeling activities and that they had difficulties in some levels of the modeling process. The reasons for these difficulties might be because of students' not being accustomed to the nature of IMM activities and their problem-solving habits in schools. Modeling activities have quite different features from traditional problems (Lesh & Yoon, 2007). In modeling activities, beyond the student's use of literal knowledge as in traditional problems, the student should construct and generate assumptions by associating the information embedded in the activity (Zawojewski, 2010). This situation caused students to have difficulties in the modeling process. When the levels in the modeling process were considered one by one, the students had the most difficulties in the evaluation level and their evaluation skills were not at a sufficient level. It might be natural for students to have difficulties at this level, as making evaluations requires higher-level cognitive thinking. Similarly, Blum and Leiß (2007) stated that students ignored the evaluation level in their studies. The contextual dimension of IMM was another factor affecting students' IMM skills.

During the first activities, the students both had difficulty in producing realistic assumptions and completed the modeling process without interpreting their results in real life. Maaß (2006) stated that students do not take reality into consideration while forming their assumptions in modeling problems, and Kaiser (2007) stated that especially beginner students experience this problem in modeling activities. The same was true for IMM activities. However, in the last activities, students had more realistic assumptions and displayed more successful performances. This shows that students' experience positively affected their ability to see the relation between mathematics and real life. At the level of model solving, the students generally performed better than the other levels. This result might be because of students' competencies in mathematics and science concepts. The decomposition and context-forming levels of the IMM process were directly affected by the students' knowledge of mathematics and science. Although student skills vary depending on the activity in these levels, the students had difficulties in the stages of decomposition and context forming during the first activities. However, in the following activities, the students performed better for both levels. The increasing performance of the students from the first activities suggests the necessity of having more place for the modeling activities in the teaching. However, more research is needed to examining students' IMM skills within the scope of modeling activity and teachers' role in implementing these activities.

Araştırmanın Etik İzinleri

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı = Erciyes Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu

Etik değerlendirme kararının tarihi= 23/02/2016

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası= 12

Yazar Bilgileri/ Authors' Biodata

Zeynep ÇAVUŞ ERDEM Adıyaman Merkez Mehmet Akif Ersoy Ortaokulunda matematik öğretmeni olarak görev yapmaktadır. Doktorasını 2018 yılında tamamlamıştır. Çalışma alanları, matematiksel modelleme, disiplinler arası matematiksel modelleme, kavram yanılgıları ve öğretmen eğitimidir.

Zeynep CAVUS Erdem works as a mathematics teacher at Mehmet Akif Ersoy Secondary School in Adıyaman. She completed her doctorate in 2018. Her research interests are mathematical modelling, interdisciplinary mathematical modelling, misconceptions, and teacher education.

Muhammed Fatih DOĞAN, Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi'nde öğretim üyesi (Doç. Dr.) olarak görev yapmaktadır. Dr. Doğan'ın başlıca çalışma alanları, öğrencilerin cebir, genelleme ve ispat ile Matematiksel Modelleme konularının öğrenimini destekleyen ortamlar oluşturmak, özellikle ortaokul ve lise seviyesinde ilgili konuların öğrenilmesine destekleyen ortamları incelemek ve öğretmenlerin

anlamalı öğrenci katılımını teşvik etmeyi amaçlayan pedagojik pratikleri ile ilgili incelemeler yapmaktadır.

Muhammed Fatih Doğan is a Associated Professor of mathematics education at Adiyaman University. Dr. Dogan's main areas of study are student reasoning, particularly as it relates to algebra-generalization-justification-and-proof, and Mathematical Modelling as well as teachers' pedagogical practices aimed at fostering meaningful student engagement.

Ramazan GÜRBÜZ, Adiyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi'nde Prof. Dr. olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları, Bilgisayar Destekli Matematik Öğretimi, Matematiksel Modelleme, Disiplinlerarası Matematiksel Modelleme, Matematik Kimliği, Muhakeme, Olasılık Öğretimi

Ramazan Gürbüz works in Adiyaman University Faculty of Education. Working areas; Computer Assisted Mathematics Teaching, Mathematical Modelling, Interdisciplinary Mathematical Modelling, Math Identity, Reasoning, Probability Teaching