



## Applications Based on Atomic Supported Holistic Approach Fostering The Modeling Competencies of Preservice Mathematics Teachers<sup>#</sup>

Zeynep Çakmak Gürel<sup>1,a,\*</sup>, Ahmet Işık<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Education, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan/Turkey

<sup>2</sup>Faculty of Education, Kırıkkale University, Kırıkkale/Turkey

\*Corresponding author

### Research Article

#### Acknowledgment

<sup>#</sup>This study is a part of phd's thesis

#### History

Received: 03/08/2021

Accepted: 11/01/2022



This paper was checked for plagiarism using iThenticate during the preview process and before publication.

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

### ABSTRACT

The aim of this study is to reveal how the learning environment, which includes mathematical modelling applications based on the atomic supported holistic approach, fosters the modelling competencies of mathematics pre-service teachers. The action research method was used in the study. The study group consists of a total of 32 preservice mathematics teachers, 17 of whom attended the learning environment and 15 not participating. As the data collection tools, two modelling situations were applied to the pre-service teachers individually before and after attending the environment. The data is examined with the content analysis method. The modelling competencies of the preservice teacher who participated and did not participate in the environment were qualitatively compared to determine whether the development occurred due to the learning environment. It was determined that the mathematical modelling competencies of preservice teachers participating in the learning environment improved. It has been determined that this increase is mostly in model creation, model solving, and interpretation competencies. On the contrary, it was revealed that the learning environment did not contribute to the validation competence.

**Keywords:** Holistic approach, atomic approach, mathematical modelling, preservice mathematics teachers, competencies

## Kısmi Destekli Bütüncül Yaklaşımaya Dayalı Uygulamaların Matematik Öğretmeni Adaylarının Modelleme Yeterliklerini Desteklemesi

#### Bilgi

<sup>#</sup>Bu çalışma doktora tezinin bir parçasıdır.

\*Sorumlu yazar

#### Süreç

Geliş: 03/08/2021

Kabul: 11/01/2022

Bu çalışma ön inceleme sürecinde ve yayımlanmadan önce iThenticate yazılımı ile taranmıştır.

#### Copyright



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, kısmi destekli bütüncül yaklaşıma dayalı matematiksel modelleme uygulamalarını içeren öğrenme ortamının matematik öğretmeni adaylarının modelleme yeterliklerini nasıl desteklediğinin ortaya konulmasıdır. Çalışmada eylem araştırması yöntemi kullanılmıştır. Çalışma grubu, ortama katılan 17 ve katılmayan 15 olmak üzere, toplamda 32 matematik öğretmeni adayından oluşmaktadır. Ön ve son görüşmede olmak üzere iki modelleme probleminin yer aldığı görüşme formları veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Meydana gelen gelişimin öğrenme ortamından kaynaklı olup olmadığını belirlemek amacıyla, ortama katılan ve katılmayan öğretmen adaylarının modelleme yeterlikleri nitel olarak karşılaştırılmıştır. Kısmi destekli bütüncül yaklaşıma dayalı öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artışın en fazla model oluşturma, modeli çözme ve yorumlama yeterliklerinde olduğu tespit edilmiştir. Öğrenme ortamının doğrulama yeterliğine ise katkı sağlamadığı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bütüncül yaklaşım, kısmi yaklaşım, matematiksel modelleme, öğretmen adayı, yeterlikler

<sup>a</sup> [zcakmak@erzincan.edu.tr](mailto:zcakmak@erzincan.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0913-3291>

<sup>b</sup> [isikahmet@kku.edu.tr](mailto:isikahmet@kku.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1599-2570>

**How to Cite:** Çakmak Gürel, Z., & Işık, A. (2022). Kısmi destekli bütüncül yaklaşıma dayalı uygulamaların matematik öğretmeni adaylarının modelleme yeterliklerini desteklemesi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 11(1), 177-192

## Giriş

Matematisel modelleme, fen bilimleri, mühendislik gibi uygulamalı bilimlerde yıllardır kullanılan bir alandır (Lesh ve Doerr, 2003). Örneğin, şehirlere yapılacak yatırımların olumlu/olumsuz yönlerinin ortaya konulması, kavşak yoğunluğunun belirlenip trafik sinyalizasyonunun düzenlenmesi, bilgisayar programlarının yazılması gibi birçok alanda matematisel modelleme ile karşılaşılmaktadır. Bugünün çocuklarının yarının mühendisleri, bilim adamları, şehir planlayıcıları, yöneticileri olacağı düşünüldüğünde ise matematisel modelleme yeterliği kazanmış bireyler yetiştirmek büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle matematisel modellemenin, eğitimdeki varlığı da oldukça önemlidir (Blomhøj ve Kjeldsen, 2006; Lingefjård, 2006).

Literatürde çeşitli matematisel model ve modelleme tanımları ile karşılaşılmaktadır. Genel anlamda matematisel model sadece grafik, formül, eşitlik, tablo gibi herhangi bir temsil biçimi olmakla birlikte gerçek hayat durumunu tahmin etme, açıklama, düşünme, yorumlamada kullanılan kavramsal sistemlerdir (Doerr ve Tripp, 1999). Matematisel modelleme ise, gerçek hayat durumlarından matematisel model oluşturma sürecidir (Blum, 2002; Lesh ve Doerr, 2003). Borromeo Ferri (2006) tarafından döngüsel matematisel modelleme süreci altı bileşende tanımlanmaktadır. Bunlar, “gerçek durum”, “durumun zihinsel temsili”, “gerçek model”, “matematisel model”, “matematisel sonuçlar” ve “gerçek sonuçlar” şeklindedir. Modelleme döngüsü boyunca farklı modelleme yeterliklerine ihtiyaç duyulur. Bu yeterlikler, gerçek durumdan durumun zihinsel temsiline geçişteki *anlama*; durumun zihinsel temsilinden gerçek modele geçişteki *yapılandırma ve basitleştirme*; gerçek modelden matematisel modele geçişteki *model oluşturma*; matematisel modelden matematisel sonuçlara geçişteki *modeli çözme*; matematisel sonuçlardan gerçek sonuçlara geçişteki *yorumlama* ve gerçek sonuçlardan durumun zihinsel temsiline geçişteki *doğrulama*dır. Bu yeterliklerin tamamı matematisel modelleme yeterliğinin birer göstergesidir (Niss, Blum ve Galbraith, 2007).

Modelleme yeterliklerine ilişkin yapılan çalışmalara bakıldığında; durumu anlama (Schaap, Vos ve Goedhart, 2011) değişkenleri tanımlayıp tahmin ederek gerçek modeli oluşturma (Blum, 2011; Ji, 2012; Maaß, 2006), matematisel modeli oluşturma (Frejd ve Årlebäck, 2011; Ji, 2012; Kertil, 2008; Maaß, 2007), matematisel sonuçları elde etme (Galbraith ve Stillman, 2006), yorumlama ve doğrulama (Biccard ve Wessels, 2011; Gatabi ve Abdolahpour, 2013) yeterliklerinde öğrencilerin problem yaşadıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle öğrencilerin matematisel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Alanyazında modelleme yeterliklerinin hızlı bir şekilde geliştirilmesi adına iki yaklaşımdan söz edilmektedir (Blomhøj ve Jensen, 2003; Brand, 2014; Güç, 2015). Bunlar, bütüncül yaklaşım ve kısmi yaklaşımdır. Modelleme yeterliklerinin tamamının eş zamanlı olarak geliştirilmeye çalışılması bütüncül yaklaşımı, farklı zamanlarda bazı

yeterliklerin geliştirilmeye çalışılması ise kısmi yaklaşımı ifade etmektedir (Grünwald, 2012; Güç, 2015). Örneğin; öğrencilere verilen bir modelleme durumu ile basitleştirme, yapılandırma, model oluşturma, çözme, yorumlama ve doğrulama şeklinde tüm bilişsel faaliyetleri öğrencinin gerçekleştirmesi bekleniyorsa bütüncül yaklaşım esas alınıyor demektir. Bütüncül yaklaşıma göre bir etkinlik boyunca modelleme sürecinin tamamının yaşanması ve modelleme yeterliklerinin tamamının işe koşulması amaçlanmaktadır (Güç, 2015). Kısmi yaklaşımda ise, verilen modelleme durumunun tamamının işe koşulması değil de sadece varsayımlarda bulunma alt yeterliği geliştirilmek isteniyorsa öğrencilerden verilen modelleme durumunu çözmemeleri sadece varsayımında bulunmaları beklenmektedir. Her iki yaklaşımın da modelleme sürecindeki gelişimi sağlama adına önemli olduğu alanyazın tarafından ifade edilmektedir (Brand, 2014; Kaiser ve Brand, 2015). Özel olarak alanyazında bütüncül yaklaşımın daha etkili olduğu ifade edilse de tek başına yeterli olmadığı iki yaklaşım arasında bir denge sağlanması önerilmektedir (Blomhøj ve Jensen, 2003; Güç, 2015; Güç ve Baki, 2016).

Blomhøj ve Jensen (2003), Brand (2014), Grünwald (2012) ve Kaiser ve Brand (2015) çalışmalarında modelleme yeterliklerini geliştirmek adına bütüncül ve kısmi yaklaşımdan faydalanarak iki farklı öğrenme ortamı tasarlamışlardır. Çalışmalarda bir grup öğrenciye bütüncül yaklaşıma uygun öğretim yapılırken, bir grup öğrenciye de kısmi yaklaşıma uygun öğretim yapılmıştır. Çalışmaların sonuçlarında, modelleme yeterliklerinin gelişimine kısmi yaklaşımın da katkı sağladığı fakat bütüncül yaklaşımın daha etkili bir yöntem olduğu tespit edilmiştir. Bütüncül yaklaşım odaklı oluşturulan öğrenme ortamlarının da modelleme yeterliklerini geliştirme de eksik yönlerinin olduğu dikkate alındığında (Brand, 2014) ise alanyazında bu iki yaklaşımın birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir (Blomhøj ve Jensen, 2003). Yapılan çalışmalara bakıldığında (Brand, 2014; Dede, 2017; Grünwald, 2012; Güç, 2015; Kaiser ve Brand, 2015) ya kısmi yaklaşımı ya da bütüncül yaklaşımı temel alan öğrenme ortamları tasarlanmış; her iki yaklaşımın aynı anda işe koşulduğu bir öğrenme ortamının tasarımına rastlanmamıştır.

Bu çalışmada ise öğrenme ortamı bütüncül yaklaşıma göre tasarlanmış olup, gerekli görülen zamanda ve yeterliklerde kısmi yaklaşım ile desteklenmektedir. Böylece kısmi yaklaşım, bütüncül yaklaşıma destek verme amacıyla kullanılmıştır. Buradan hareketle çalışmada kısmi destekli bütüncül yaklaşıma göre tasarlanan öğrenme ortamına katılma durumunun, matematik öğretmeni adaylarının matematisel modelleme yeterliklerinin gelişimini nasıl desteklediğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmaya ait problem durumu; “Kısmi destekli bütüncül yaklaşıma dayalı matematisel modelleme uygulamalarını (KDBY-M) içeren öğrenme ortamı matematik öğretmeni adaylarının modelleme yeterliklerini nasıl etkilemektedir?” şeklindedir. Bu problem durumu modelleme yeterliklerine göre ayrı ayrı incelenmiştir. Böylece alt problemler şu şekildedir:

- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının anlama yeterliğini nasıl etkilemektedir?
- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının yapılandırma yeterliğini nasıl etkilemektedir?
- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının model oluşturma yeterliğini nasıl etkilemektedir?
- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının modeli çözme yeterliğini nasıl etkilemektedir?
- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının yorumlama yeterliğini nasıl etkilemektedir?
- KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının doğrulama yeterliğini nasıl etkilemektedir?

## Yöntem

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden eylem araştırması deseni kullanılmıştır. Eylem araştırmaları, eğitim sorunlarını çözmek amacıyla eğitim uygulamaları geliştirmek ve böylece eğitimin kalitesini arttırmak için yararlanılan sistematik bir süreçtir (Carr ve Kemmis, 2003). Eylem araştırmaları, bir problemi tanımlamaya yönelik araştırmalardan ziyade uygulamaya yönelik araştırmalardır. Burada temel amaç çeşitli müdahalelere göre bir uygulama geliştirmektir (Elliott, 1991). Bu araştırmada ise bir öğrenme ortamı tasarlanarak öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerindeki gelişim izlenmiştir. Eylem planı tasarlanan öğrenme ortamı başlığı altında sunulmuştur.

### Çalışma Grubu

Araştırma grubunu, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan bir üniversitenin İlköğretim Matematik Öğretmenliği Lisans Programı'nda 2015-2016 öğretim yılının güz yarıyılında öğrenim gören dördüncü sınıf öğretmen adayları oluşturmaktadır. Araştırma grubu, öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayından ve öğrenme ortamına katılmayan 15 öğretmen adayından oluşmaktadır. Öğrenme ortamına katılan öğretmen adayları matematiksel modelleme ile ilgili etkinliklere katılırken, katılmayan öğretmen adayları matematiksel modelleme ile ilgili herhangi bir eğitim almamışlardır.

Örnekleme seçiminde, uygun örnekleme yöntemi (Yıldırım ve Şimşek, 2006) kullanılmıştır. Öğrenme ortamına katılan öğretmen adayları K1, K2, ..., K17 şeklinde, katılmayan öğretmen adayları ise KM1, KM2, ..., KM15 şeklinde kodlanmıştır. Öğrenme ortamına katılan araştırma grubunun %59'u kadın ve %41'i erkek, öğrenme ortamına katılmayanların ise %47'si kadın ve %53'ü erkektir. Öğretmen adaylarının ağırlıklı not ortalamalarına bakıldığında, 2.00 ile 3.51 arasında değiştiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme hakkındaki ön bilgileri araştırmak için matematiksel modellemeyi tanımlamaları istenmiştir. Öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının (%59) ve katılmayan öğretmen

adaylarının (%53) büyük çoğunluğunun matematiksel modellemeyi tanımlayamadıkları görülmüştür. Araştırmaya katılan diğer öğretmen adaylarının ise matematiksel modellemeyi materyal, manipülatif veya problem çözme ile karıştırdıkları tespit edilmiştir.

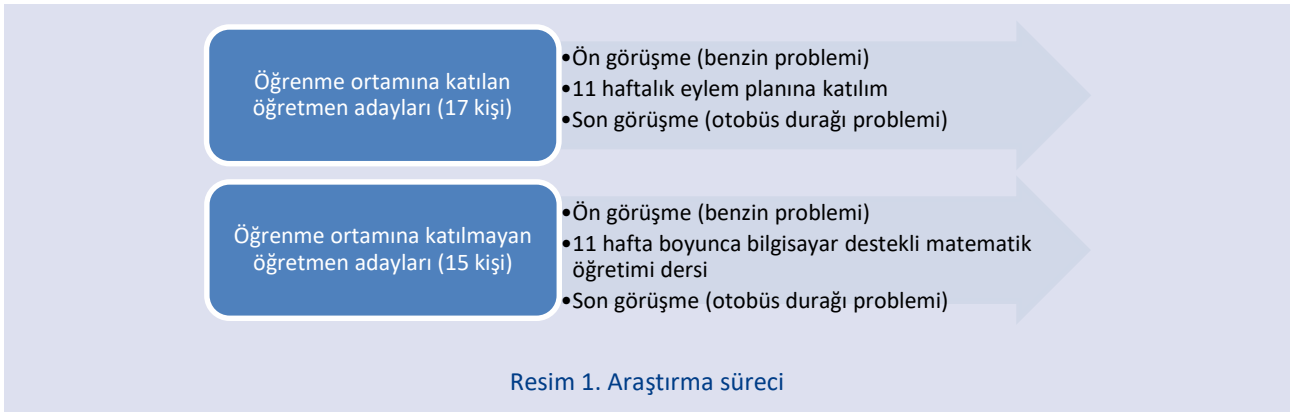
### Veri Toplama Araçları ve Veri Toplama Süreci

Araştırmada nitel veri toplama tekniklerinden görüşme tekniği kullanılmıştır. Öğretmen adayları ile uygulama öncesi ve sonrası görüşme olmak üzere iki bireysel görüşme yapılmıştır. Bu kapsamda matematiksel modelleme problemlerinin yer aldığı görüşme formları hazırlanmıştır. Öğretmen adaylarının modelleme problemlerine ilişkin gerçekleştirdikleri çözüm süreçleri, adaylardan izin alındıktan sonra ses ve görüntü kaydına alınmıştır. Ön görüşmede yer alan probleme ait çözüm süreci bireysel olarak gerçekleştirilmiştir. Ön görüşmedeki "benzin tüketimi" ile ilgili modelleme problemi Blum ve Borromeo Ferri'den (2009) uyarlanmıştır (bkn. Ek-1). Ardından öğrenme ortamına katılan öğretmen adayları ile 11 hafta boyunca üçer saatlik modelleme etkinlikleri düzenlenmiştir. Bu etkinlikler sırasında öğretmen adayları grupça çalışmış ve oluşturdukları modelleri akranları ile paylaşmışlardır. Bu süreçte öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adayları matematiksel modelleme ile ilgili herhangi bir eğitim almamışlardır. Öğretmen adaylarının modelleme yeterliklerinde bir gelişimin veya değişimin meydana gelmediğini tespit etmek amacıyla son görüşme yine bireysel olarak yapılmıştır. Son görüşmede ise "otobüs durağı" ile ilgili modelleme problemi Swetz ve Hartzler'den (1991) uyarlanmıştır (bkn. Ek-2). Ön ve son görüşmedeki problemler bütüncül yaklaşıma uygun olarak seçilmiştir. Öğretmen adaylarından varsayımlarda bulunmaları, değişkenleri belirlemeleri, değişkenlere ilişkin tahminlerde bulunmaları ve bir matematiksel model oluşturmaları beklenmektedir. Ardından modeli çözmeleri, yorumlamaları ve doğrulamaları gerekmektedir. İki modelleme probleminin benzer zorlukta olmasına dikkat edilmiştir. Veri toplama süreci Resim 1'de özetlenmiştir.

Resim 1'de görüldüğü üzere eylem planı sadece öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarına uygulanmıştır. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adayları matematiksel modelleme ile ilgili herhangi bir eğitim almamışlardır. Ortama katılmayan öğretmen adayları 11 hafta boyunca geogebra, matlab gibi programlar üzerinde çalışarak bilgisayar destekli matematik eğitimi dersi almışlardır. Her iki gruba da ön ve son görüşme yapılmıştır.

Bu araştırmanın veri kaynağını ön ve son görüşmedeki modelleme problemlerinin çözümleri oluşturmaktadır. Bunun iki sebebi vardır. Birincisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin bireysel olarak belirlemek istenmesidir. Eylem planı sırasında grup çalışması yapıldığından, öğrenme ortamında bireysel modelleme yeterliklerinin gelişiminin belirlenmesi yetersiz kalmaktadır. Yapılan çalışmalar (Güç, 2015; Zeytin, 2013) grupların modelleme yeterliklerinin geliştiğini ifade ederken, bireysel yeterliklerinin gelişip gelişmediği konusunda yeterli bir bilgi vermemektedir. Bu konuda mevcut çalışma önemli bilgiler içermektedir.





Çizelge 1. Bütüncül yaklaşıma ve kısmi destekli bütüncül yaklaşıma göre hazırlanan eylem planları

Tarih	Modelleme durumu	Kaynak	Modelleme basamağı	Araştırmacı ve uzman tarafından alınan karar-
Ön görüşme	Benzin problemi	Blum ve Borromeo Ferri, (2009)	Tüm modelleme süreci (BY)*	
<b>Eylem Planı: Eylem Planı I: Bütüncül Yaklaşım</b>				
13.10.2015	Büyük Ayak Problemi	Lesh ve Doerr, (2003)	Tüm modelleme süreci (BY)*	Model oluşturmada ve çözümede eksiklik
20.10.2015	Süpürgelik Problemi	Zawojewski ve Lesh, (2003)	Tüm modelleme süreci (BY)*	Model oluşturma ve çözümede eksiklik
<b>Eylem Planı: Eylem Planı II: KDBY-M</b>				
27.10.2015	Gezegenlerin Uzaklığı Problemi	Berry ve Houston, (1995)	Model kurma ve çözüme (KY)**	-
03.11.2015	Telefon Şirketi Problemi	Bal ve Doğanay, (2014)	Model kurma ve çözüme (KY)**	-
03.11.2015	Reklam Problemi	Korkmaz, (2010).	Model kurma ve çözüme (KY)**	-
17.11.2015	Petrol Problemi	Bukova Güzel ve Uğurel, (2010).	Model kurma ve çözüme (KY)**	-
24.11.2015	Tünel Problemi	Bukova Güzel ve Uğurel, (2010)	Tüm modelleme süreci (BY)*	Doğrulama ve geçerliği test etmede eksiklik
01.12.2015	Trafik Sinyalizasyon Problemi	Kaplan, (2011)	Model kurma ve doğrulama (KY)**	
08.12.2015	Arazi Problemi	Dede, ve Yılmaz, (2013).	Tüm modelleme süreci (BY)*	Gerçek modelde eksiklik
15.12.2015	Gemilerin Kıyıya Uzaklığı Problemi	Blum ve Borromeo Ferri, (2009).	Gerçek modeli kurma (KY)**	-
22.12.2015	Konserve Problemi	Swetz ve Hartzler (1991)	Tüm modelleme süreci (BY)*	-
Son Görüşme	Otobüs durağı problemi	Swetz ve Hartzler (1991)	Tüm modelleme süreci (BY)*	-

\*Bütüncül yaklaşıma göre hazırlanan modelleme durumu, \*\*Kısmi yaklaşıma göre hazırlanan modelleme durumu

İkincisi ise eylem planına katılmayan öğretmen adayları ile ön ve son görüşmenin yapılmasıdır. Bunun nedeni öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının lehine ön ve son görüşme arasında değişim gözlemlenirse bunun ön ve son görüşmede kullanılan modelleme probleminden kaynaklı değil de öğrenme ortamından kaynaklı olduğunu değerlendirmektir.

### **KDBY-M İçeren Öğrenme Ortamı**

Eylem planı hazırlanmadan önce öğretmen adayları ile bireysel olarak ön görüşme yapılmış ve görüşmede benzin

problemini bireysel olarak çözmeleri istenmiştir. Ardından 11 haftalık eylem planı uygulanmıştır. Eylem planının sona ermesi ile son görüşme yapılmıştır. Son görüşmede ise otobüs durağı probleminin öğretmen adayları tarafından bireysel olarak çözülmesi istenmiştir. Haftalık hazırlanan eylem planları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1’de verilen eylem planı haftalık değerlendirmeler sonucu oluşmuştur. Eylem planı-1’de, bütüncül bir yaklaşımla tüm modelleme sürecini kapsayan büyük ayak problemi ve süpürgelik probleminin uygulanmıştır. Bütüncül yaklaşıma uygun modelleme

etkinliklerinin uygulanmasının nedeni, öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmek istenmesidir. Eylem planı-I'in uygulanmasının ardından, öğretmen adaylarının modelleme yeterlikleri araştırmacı ve uzman ile değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarının model oluşturma ve çözme yeterliklerinde eksik oldukları tespit edilmiştir. Ardından eylem planı II olarak KDBY-M içeren öğrenme ortamı tasarlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan etkinlikler Çizelge 1'de verilmiştir. Her bir modelleme durumu, ya kısmi yaklaşıma (KY) göre ya da bütüncül yaklaşıma (BY) göre hazırlanmıştır. Bu nedenle eylem planı II'ye KDBY-M içeren öğrenme ortamı adı verilmiştir. Bir haftalık etkinliğin sonunda ise öğretmen adaylarının eksik oldukları modelleme aşamaları uzman ve araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Ardından sonraki hafta yapılacak olan etkinlik, eksik görülen modelleme aşamalarına hitap edecek şekilde seçilmiştir. Öğretmen adayları bu aşamalarda başarılı olana kadar kısmi yaklaşıma göre hazırlanan modelleme etkinliklerine devam edilmiş ve başarılı olduktan sonraki hafta bütüncül yaklaşıma göre hazırlanan modelleme etkinliği uygulanmıştır. Hangi modelleme probleminin kullanılacağı bir önceki hafta uygulanan modelleme probleminin analizi sonucu ortaya çıkarılmıştır. Haftalık uygulanan modelleme problemleri ve problemlerin sonunda alınan kararlar aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

#### *Eylem Planı I: Bütüncül Yaklaşım (Büyük Ayak Problemi ve Süpürgelik problemlerinin Uygulanması)*

İlk iki hafta bütüncül yaklaşıma uygun modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. İki modelleme probleminin çözümleri modelleme eğitimi konusunda bir uzman ve araştırmacı tarafından analiz edildikten sonra öğretmen adaylarının model oluşturmada ve modeli çözmede problem yaşadıkları tespit edilmiştir. Öğretmen adayları bir model oluşturmak yerine bazı sayısal tahminlerden hareketle problemleri çözmeye çalışmışlardır. Bir sonuca ulaştıklarında bu sonucu genelleştirmek yerine süreci sonlandırmışlardır. Bu nedenle yorumlama ve doğrulama aşamalarına hiç geçiş yapamadıkları görülmüştür. Uzman ve araştırmacı tarafından öncelikle sadece model oluşturma ve çözme yeterliklere özgü bir modelleme etkinliği planlanmasına karar verilmiştir. Bir sonraki haftanın modelleme problemi model oluşturma ve çözme aşamalarına özgü hazırlanmıştır.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Gezegenlerin Uzaklığı, Telefon Şirketi, Reklam ve Petrol Problemlerinin Uygulanması)*

Uzman ve araştırmacının haftalık gözlemleri doğrultusunda dört hafta boyunca model oluşturma ve çözme aşamalarına yönelik modelleme etkinliği uygulanmıştır. Örneğin gezegenlerin uzaklığı probleminde, her bir gezegenin güneşe olan uzaklıkları hazır olarak verilmiştir. Bu problem basitleştirme aşaması tamamlanmış ve gerçek modeli yapılandırılmış bir problemdir. Bu problemde amaç, öğretmen adaylarının modelleme döngüsündeki sadece model oluşturma basamağını gerçekleştirmeleridir. Öğretmen adaylarından verilen uzaklıklar arasındaki örüntüyü keşfederek bir model kurmaları beklenmiştir. Toplanan çalışma kağıtları uzman ve araştırmacı tarafından analiz edilmiştir. Model

oluşturma ve çözme konusunda problem yaşamadıkları sonucuna varılmıştır. Ayrıca öğretmen adayları, süreçte model nedir? nasıl bir model istiyorsunuz? bu sonucumuz bir model olur mu? gibi sorular yöneltilmişlerdir. Bu nedenle bir sonraki haftaların etkinliği de model oluşturma ve çözmeye yönelik oluşturulmuştur. Öğretmen adaylarının telefon şirketi probleminden bir model, reklam probleminde ise birden fazla model oluşturdukları ve modelleri karşılaştırdıkları görülmüştür. Model oluşturma ve çözme yeterliğinin farklı modelleme problemlerinde de ortaya çıktığını tespit etmek için petrol problemi uygulanmıştır. Yeterli seviyeye ulaştıklarına karar verildikten sonra yine bütüncül yaklaşıma uygun etkinlik hazırlanmıştır.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Tünel Probleminin Uygulanması)*

Tünel problemi yine bütüncül yaklaşıma uygun modelleme bir modelleme problemidir. Tünel problemine ait çalışma kağıtları uzman ve araştırmacı tarafından incelendiğinde, öğretmen adaylarının artık model oluşturma ve çözme aşamasında değil doğrulama aşamasında problem yaşadıkları tespit edilmiştir. Bir hafta sonraki etkinlik doğrulama ve geçerliği test aşamasına yönelik seçilmiştir.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Trafik Sinyalizasyon Probleminin Uygulanması)*

Bu problem modeli yorumlama ve doğrulama aşamalarına destek vermektedir. Öğretmen adaylarından modelde bulunan yoğunluğa göre trafik lambalarındaki kırmızı ve yeşil yanma sürelerini belirlemeleri beklenmektedir. Öğretmen adayları, kırmızı ve yeşil ışığın yanında yoğunluğu az olan kavşaklara ise kontrollü ışıkla geçişi sağlamayı düşünmüşlerdir. Böylece gerçek hayatta daha kullanışlı bir gerçek sonuç dile getirmişlerdir. Bu etkinlikten sonra yeterli olduğuna karar verilmiştir.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Arazi Probleminin Uygulanması)*

Bu etkinlikte bütüncül yaklaşıma uygun bir problem seçilmiş ve gerçek modeli oluşturmada yaşanan problem nedeniyle sonraki hafta bu aşamaya göre etkinlik hazırlanmıştır.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Gemilerin Kıyıya Uzaklığı Probleminin Uygulanması)*

Bu etkinlikte öğrencilerden matematiksel model oluşturmada sadece gerçek modeli oluşturmaları istenmiştir. Bu süreçte dünyanın yuvarlak olarak alınmasının, dünyanın yarıçapının önemli bir değişken olduğunu belirlemeleri gerekmektedir. Daha sonra dünyanın yarıçapına ilişkin değişkeni tahmin etmeleri ya da internetten araştırmaları beklenmektedir. Sadece bir yeterliğe odaklanmaları gerektiğinden, bu yeterliği kısa sürede başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmişlerdir.

#### *Eylem Planı II: KDBY-M (Konserve Probleminin Uygulanması)*

En son tüm modelleme sürecine yönelik etkinlik uygulanarak sürecin sonlanmasına uzman ve araştırmacı tarafından karar verilmiştir.

Bütüncül yaklaşıma kısmi destekler verilerek her iki yaklaşımın birlikte kullanılmasına ise KDBY-M içeren

öğrenme ortamı adı verilmiştir. Bu öğrenme ortamında modelleme problemi bütüncül yaklaşıma göre seçilmiş fakat herhangi bir modelleme yeterliğinde (yapılandırma, model oluşturma, ... gibi) problem yaşanması durumunda öğretmen adaylarına söz konusu yeterliğe göre kısmi modelleme problemi verilmiştir. Sonraki hafta yapılacak olan etkinlik, eksik görülen modelleme yeterliğine destekleyecek şekilde seçilmiştir. Kısmi yaklaşıma göre hazırlanan modelleme durumları en az bir en fazla üç modelleme yeterliklerini (Ör: model kurma ve model çözüme) desteklemektedir. Örneğin yapılandırma/basitleştirme yeterliği tamamlanmış ve modelleme durumu bir probleme dönüştürülmüş halde öğretmen adaylarına verilmiş ve sadece model oluşturma yeterliğini gerçekleştirmeleri sağlanmıştır. Böylece problem yaşanan yeterlik, kısmi olarak desteklenmiştir.

Öğretmen adayları bu aşamalarda başarılı olana kadar kısmi yaklaşıma göre hazırlanan modelleme etkinliklerine devam edilmiş ve başarılı olduktan sonraki hafta bütüncül yaklaşıma göre hazırlanan modelleme etkinliği uygulanmıştır. Böylece en son öğretmen adaylarına bütüncül yaklaşıma dayalı modelleme etkinliği uygulanarak 11 haftalık süreç tamamlanmıştır.

Araştırmacı, 11 haftalık süreci modelleme konusunda bir uzman ile yürütmüştür. Uzman, lisans ve lisansüstü düzeyde modelleme dersleri yürüten, matematiksel modellemede doktorasını yapmış ve bu alanda çalışmalar yürüten öğretim elemanıdır. Araştırmacı ve uzman öğretim ortamına birlikte katılmış, öğretmen adaylarına rehberlik etmiş ve etkinlikler sonrası analizleri yaparak eylem planına karar vermiştir. Ön ve son görüşmeyi ise araştırmacı hiçbir müdahalede bulunmadan öğretmen adayları ile bireysel olarak yürütmüştür.

### Verilerin Analizi

Verilerin analizinde içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Blum ve Kaiser tarafından geliştirilen Maaß (2006) tarafından uyarlanan matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri analiz için kullanılmıştır. İfade edilen alt yeterliklerden anlama yeterliğine ilişkin alt yeterlikler Maaß (2006) tarafından tanımlanmamıştır. Anlama yeterliğine ilişkin alt yeterlikler mevcut çalışmada ortaya konulmuştur. Bu alt yeterlikler öğretmen adaylarının verilerinden hareketle üç kategoriye ayrılmıştır. Böylece revize edilen yeterlik ve alt yeterlikler Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2’de sunulan tüm alt yeterlikler 4 kategoride değerlendirilmiştir. Bunlar; yeterli, kısmen yeterli, yetersiz ve gözlemlenmedi şeklindedir. Örneğin; *durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme* şeklindeki B2 alt yeterliği düşünüldüğünde öğretmen adayları, verilen modelleme durumunda bir sonraki aşamaya geçmek için gerekli olan değişkenlerin tamamını belirleyebiliyorsa yeterli, bir kısmını belirleyebiliyorsa kısmen yeterli, ilgisiz değişkenler belirliyorsa yetersiz, hiçbir değişken belirlemediyse gözlemlenmedi kategorisi altında değerlendirilmişlerdir. Benzer şekilde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri C1 alt yeterliğinde, ilgili değişkenleri kullanarak matematikselleştirme

yapabiliyorsa yeterli, bazı ilgili değişkenleri kullanarak matematikselleştirme yapabiliyorsa kısmen yeterli, matematikselleştirme yapamıyorsa (örneğin oluşturduğu eşitlik doğru bir matematiksel anlam içermiyorsa) yetersiz ve bu aşama hiç gözlemlenmiyorsa gözlemlenmedi olarak kodlanmıştır. Yetersiz ve gözlemlenmedi aşaması bir sorunun yanlış yapılması ve boş bırakılması ile benzer olarak değerlendirilebilir. Analizin detaylandırılması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Basitleştirme, model oluşturma gibi yeterlikler, söz konusu yeterliğe bağlı en az bir alt yeterliğin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülerek değerlendirilmiştir. Örneğin Model oluşturma aşamasında öğretmen adayı ilgili niceliklerin arasındaki ilişkileri matematikselleştirebilir (C1) fakat bu ilişkileri sadeleştiremeyebilir (C2). Daha açık ifade etmek gerekirse öğretmen adayı matematiksel modelini  $a+2a+3a+...+na$  şeklinde de ifade edebilir; modelini sadeleştirip  $\sum_{k=1}^n k * a$  şeklinde de ifade edebilir. Bu çalışmada en az bir alt yeterliğin gerçekleştirilmesi, süreci devam ettirmek için yani yorumlamak için yeterli olduğu görülmüştür.

### Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Araştırmanın geçerliği adına; kamera kayıtları ve cevap kâğıtları alınarak veri toplama aşamasında çeşitleme yapılmıştır. Görüşmeler sırasında, araştırmacı öğrencilere “Neden?, Nasıl yaptın? Burada ne demek istedin?” gibi sorular yönlendirerek, çözüm sürecini ayrıntılandırmıştır. Çalışma 11 hafta sürmüş olup alanda uzun süreli çalışıldığını göstermektedir. Hem veri analizinde yer alan tema ve kategoriler hem de araştırma grubu hakkındaki bilgiler detaylandırılarak anlatılmıştır. Araştırmanın güvenirliliği adına ise; öğretmen adaylarının alt yeterlikleri araştırmacı tarafından dört ay ara ile tekrar analiz edilerek aralarındaki uyuma bakılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ön görüşmedeki modelleme durumuna ilişkin 32 öğretmen adayına ait toplamda 263 alt yeterlik (her bir öğretmen adayına ait ortalama 8 alt yeterlik ortaya çıkmıştır) kodlanmıştır. Araştırmacı tarafından farklı zamanlarda yapılan analizler arasındaki görüş ayrılığı 31, görüş birliği 232 olarak tespit edilmiştir. Böylece güvenirlilik katsayısı  $[232/(232+31)*100]$  %88 olarak belirlenmiştir. Son görüşmedeki modelleme durumuna ilişkin ise 32 öğretmen adayına ait toplamda 349 alt yeterlik (her bir öğretmen adayına ait ortalama 11 alt yeterlik ortaya çıkmıştır) kodlanmıştır. Bu kodlamadan 61 görüş ayrılığı 288 görüş birliği tespit edilmiştir. Bu durumda güvenirlilik katsayısı  $[288/(288+61)*100]$  %83 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler, güvenirlilik katsayısının yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (Miles ve Huberman, 1994). Ön ve son görüşmede verilen modelleme problemlerinden kaynaklı bir gelişme olup olmadığını kontrol etmek için öğrenme ortamına katılmayan 15 öğretmen adayı da çalışmaya dahil edilmiştir. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye göre belirlenen modelleme yeterliklerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür (bulgulara detaylı olarak yer almaktadır). Bu durumda öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının modelleme yeterliklerindeki değişimin ön ve son

görüşmede kullanılan modelleme problemlerinden kaynaklı olmadığı düşünülmektedir.

## Bulgular

Öğretmen adaylarının ön görüşmede kullanılan benzin problemlerine ve son görüşmede kullanılan otobüs durağı problemlerine ilişkin anlama, basitleştirme-yapılandırma, model oluşturma, matematiksel çalışma, yorumlama ve doğrulama yeterliklerine ait bulgular alt problemler şeklinde sunulmuştur.

### Anlama Yeterliği ile İlgili Bulgular

Anlama yeterliği üç alt yeterlikten oluşmaktadır. A1 alt yeterliğine ilişkin bulgular Çizelge 3'te sunulmuştur.

Anlama yeterliği kapsamında değerlendirilen A1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 3'te sunulmuştur. Bu bağlamda ön görüşmede öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun (%88) son görüşmede ise tamamının A1 alt yeterliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde ön (%93) ve son (%80) görüşmede öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun A1 alt yeterliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait örnek alıntı aşağıdaki gibidir:

K6: "Öğrencilerin yürüme mesafesine belirlemek amacıyla otobüs durağının nerede durması gerektiğini soruyor bize. Bir cadde boyunca nerden binerse en az mesafe olduğunu düşünmemiz gerekir." (Öğretmen adayı verilenleri-istenenleri yeterli bir şekilde ifade ederek problem durumunu anladığını göstermiştir.)

Ön görüşmede yetersiz performans gösteren öğretmen adaylarından birine ait alıntı da aşağıda verilmiştir.

K3: "[Erzincan Üzümlü arasındaki] Mesafe 20 kilometre. Erzincan'dan Üzümlü ilçesine giderken 1.10 TL olduğuna göre yani Erzincan'da daha karlı. Ama Üzümlüden Erzincan'a gelirken petrolün litresi 1.35. O zaman biraz daha fazla para ödemesi gerekiyor" (Öğretmen adayı modelleme durumunu, Üzümlüden Erzincan'a giderken benzin daha pahalı ve Erzincan'dan Üzümlüye giderken benzin daha ucuz şeklinde algılayarak verilenleri doğru bir şekilde ifade edememiştir.)

A2 alt yeterliğine ilişkin bulgular Çizelge 4'te sunulmuştur.

Anlama yeterliği kapsamında değerlendirilen A2 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 4'te sunulmuştur. Ön görüşmede öğrenme ortamına katılanların %6'sının, katılmayanların %13'ünün A2 alt yeterliğinde yeterli performans gösterdikleri belirlenmiştir. Son görüşmede öğrenme ortamına katılanların %18'inin, katılmayanların %7'sinin A2 alt yeterliğinde yeterli performans gösterdikleri belirlenmiştir. Ön görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait alıntı aşağıda verilmiştir.

K10: "Çiftçi çocuğu olduğum için burada benzinin litre fiyatından bahsedilmiş. Bir an aklıma tarlada çalışırken mazot koymak geldi." (Geçmiş yaşantısından örnek vererek problem durumunu anladığını göstermiştir.)

Anlama yeterliğinin üçüncü alt yeterliği olan A3'e ilişkin bulgular Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 2. Modelleme yeterliklerine ait alt yeterlikler

Yeterlikler	Alt yeterlikler	
A. Anlama	A1. Verilenleri-istenenleri ifade etme	Y*
	A2. Geçmiş deneyimleri ile bağlantı kurma	Y*
	A3. Durumun bir temsili çizme	Y*
B. Basitleştirme ve yapılandırma	B1. Varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme	
	B2. Durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve onları isimlendirme	
	B3. Değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturma	
	B4. Mevcut bilgiyi bulma veya uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunma	
C. Model oluşturma	C1. İlgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri matematikselleştirme	
	C2. Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve bunlar arasındaki ilişkileri sadeleştirme	
	C3. Farklı matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak temsil etme	
D. Matematiksel çalışma	D1. Problemin çözümü için buluşsal stratejiler kullanma	
	D2. Problemi çözmek için matematiksel bilgiyi kullanma	
E. Yorumlama	E1. Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama	
	E2. Özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme	
	E3. Uygun matematiksel dili kullanarak problemin çözümünü inceleme ve/veya çözümler hakkında iletişim kurma	
F. Doğrulama	F1. Bulunanlar üzerinde yansımalar ve eleştirel kontroller yapma	
	F2. Çözümler durum ile tutarlı değilse, modelin bazı kısımlarını gözden geçirme veya matematiksel modelleme süreci üzerinden tekrar geçme	
	F3. Problemi çözenin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirilemeyeceğini düşünme	
	F4. Genel olarak modeli sorgulama	

\*Y: Yeni ortaya konulan alt yeterlikler



Çizelge 3. A1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	15	88	17	100	14	93	12	80
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	-	-
Yetersiz	2	12	-	-	1	7	3	20
Gözlemlenmedi	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4. A2 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	1	6	3	18	2	13	1	7
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	-	-
Yetersiz	-	-	-	-	-	-	3	20
Gözlemlenmedi	16	94	14	82	13	87	11	73

Çizelge 5. A3 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	7	41	17	100	5	33	12	80
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	-	-
Yetersiz	-	-	-	-	-	-	3	20
Gözlemlenmedi	10	59	-	-	10	67	-	-

*Anlama* yeterliği kapsamında değerlendirilen A3 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 3'te sunulmuştur. A3 alt yeterliğinin, öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının ön görüşmede %41'inde son görüşmede ise tamamında yeterli bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. A3 alt yeterliğinin, öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının ön görüşmede %33'ünde son görüşmede ise %80'inde yeterli bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir.

#### **Basitleştirme ve Yapılandırma Yeterliği ile İlgili Bulgular**

*Basitleştirme ve yapılandırma* yeterliği dört alt yeterlikten oluşmaktadır. B1 alt yeterliğine ilişkin bulgular Çizelge 6'da sunulmuştur.

*Basitleştirme ve yapılandırma* yeterliği kapsamında değerlendirilen B1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 6'da sunulmuştur. B1 alt yeterliğinin öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının ön görüşmede %12'sinde, son görüşmede %47'sinde yeterli bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının ise ön görüşmede %13'ünde, son görüşmede %33'ünde yeterli bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ön görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait alıntı aşağıda verilmiştir.

K16: "Deposunda bir litre benzin olmuş olsun ve onu Erzincan'a gelirken kullanmış olsun. Şu an deposu

sıfırlandı." (Probleme ilişkin varsayımı, benzin istasyonuna gittiğinde aracın deposunun boş olmasıdır)

K13: "Mesela otobüs durağına eşit mesafede olacak şekilde otursunlar... Yolun mesela bir çember şeklinde olduğunu düşünürsek" (Öğretmen adayının varsayımı, yolun çember şeklinde olması, merkezinde otobüs durağı olması ve evlerin otobüs durağına eşit mesafede konumlandırılmasıdır.)

Basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında değerlendirilen B2 alt yeterliğine ilişkin bulgular Çizelge 7'de sunulmuştur.

*Basitleştirme ve yapılandırma* yeterliği kapsamında değerlendirilen B2 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön görüşmedeki bulguları Çizelge 7'de sunulmuştur. B2 alt yeterliği öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarında ön görüşmede yeterli bir şekilde gerçekleştirilme oranının %47'den son görüşmede %100'e çıktığı görülmektedir. Öğrenme ortamına katılmayanlarda ise B2 alt yeterliğinin ön ve son görüşmede %60 oranında yeterli bir şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Ön görüşmede durumu etkileyen değişkenleri *harcanan yakıt miktarı ve aracın deposu* şeklinde belirleyerek yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait örnek alıntı aşağıda verilmiştir.

KM6: "Şimdi 20 kilometre gittiği zaman ne kadar benzin harcadığını bilmiyorum... Deposu ne kadar alıyor acaba bu arabanın?" (Aracın kaç litre benzin yaktığı ve deposunun ne kadar benzin aldığı değişkenlerini belirleyebilmek model oluşturmak için önemli. Probleme verilmeyen bu değişkenleri öğretmen adayı belirlemiştir).

K2: "Aslında hiçbir şey vermemiş mesela öğrencilerin uzaklıkları belli değil... Şimdi öğrenci sayımızı belirlersek" (model oluşturmak için evler arasındaki mesafeyi ve evlerde yaşayan öğrenci sayılarını bilmek önemli. Problemden verilmeyen bu değişkenleri öğretmen adayı belirlemiştir).

Kısmen yeterli performans gerçekleştiren öğretmen adayları ise bu değişkenlerden sadece birini belirleyenlerden oluşmaktadır. Örneğin;

KM15: "Bu araç kilometrede kaç litre benzin yakıyor?" (Durumu etkileyen değişkenlerden yalnız birini belirlemiştir. Bu da matematiksel modeli yeterli bir şekilde oluşturmasını engellemektedir.)

Ön görüşmede yetersiz performans gösteren öğretmen adayına ait alıntı aşağıda verilmiştir.

K6: "arabada ne kadar benzin var" (Öğretmen adayı sadece bir değişken belirlemeye çalışsa da bu değişken durumu doğrudan etkileyen bir değişken olmadığı için yetersiz performans göstermiştir.)

B3 alt yeterliğine ilişkin bulgular Çizelge 8'de sunulmuştur.

Basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında değerlendirilen B3 alt yeterliğine ilişkin öğretmen

adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 8'de sunulmuştur. Öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarına bakıldığında, B3 alt yeterliği ön görüşmede %13 iken son görüşmede %76'ya yükselmiştir. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarında ise bu alt yeterlik %7'den %40'a çıkmıştır. Son görüşmede değişkenler arasındaki ilişkiyi oluşturarak yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait örnek alıntı aşağıda verilmiştir.

K11: "O zaman ortak bir yerde olması gerekiyor ki herkes eşit miktarda yürüsün. Birine yakın diğerine uzak olursa biri çok yürürken diğeri az yol yürür..." (Otobüs durağı ile evlere olan uzaklığı arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir).

Basitleştirme ve yapılandırma yeterliğinin dördüncü alt yeterliği olan B4'e ilişkin bulgular Çizelge 9'da sunulmuştur.

Basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında değerlendirilen B4 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmedeki bulguları Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 6. B1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	2	12	8	47	2	13	5	33
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	-	-
Yetersiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Gözlemlenmedi	15	88	9	53	13	87	10	67

Çizelge 7. B2 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	8	47	17	100	9	60	9	60
Kısmen Yeterli	5	29	-	-	4	27	1	7
Yetersiz	1	6	-	-	-	-	-	-
Gözlemlenmedi	3	18	-	-	2	13	5	33

Çizelge 8. B3 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	3	18	13	76	1	7	6	40
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	-	-
Yetersiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Gözlemlenmedi	14	82	4	24	14	93	9	60

Çizelge 9. B4 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının ön ve son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	Öğrenme Ortamına Katılanlar				Öğrenme Ortamına Katılmayanlar			
	Ön görüşme		Son görüşme		Ön görüşme		Son görüşme	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	6	35	17	100	9	60	9	60
Kısmen Yeterli	6	35	-	-	4	27	-	-
Yetersiz	-	-	-	-	-	-	-	-
Gözlemlenmedi	5	30	-	-	2	13	6	40

B4 alt yeterliği ön görüşmede öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının %35'inde yeterli iken son görüşmede tamamında yeterli bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Öğrenme ortamına katılmayanlarda ise B2 alt yeterliğinin hem ön hem de son görüşmede %60 oranında yeterli bir şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Ön görüşmede *harcanan yakıt miktarına ve alınan benzin miktarına* ilişkin uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunarak yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait örnek alıntı aşağıda verilmiştir.

KM5: “Depomuz 100 litre olsun... Genelde araçların 25 kuruş yaktığını farz edersek...” (B2’de belirlediği değişkenler, tahmin etmektedir. Depoyu 100 litre ve yakıtı 25 kuruş olarak tahmin etmiştir. Bu alt yeterlik B2 alt yeterliğine bağlıdır.)

Kısmen yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait bir örnek ise;

KM2: “[Araç] Mesela bir kilometrede 1.10 TL yaksa” (öğretmen adayı sadece *harcanan yakıt miktarına* ilişkin uygun ve ulaşılabilir tahminlerde bulunarak kısmen yeterli performans göstermiştir)

### Model Oluşturma Yeterliği ile İlgili Bulgular

Ön görüşmede hem öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayının hem de katılmayan 15 öğretmen adayının tamamının matematiksel modele geçiş yapamadığı ve *model oluşturma* yeterliğini gerçekleştiremedikleri belirlenmiştir. Son görüşmede ise öğrenme ortamına katılmayan 15 öğretmen adayının tamamının matematiksel modele geçiş yapamadığı tespit edilmiştir.

Öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının gerçek modelden matematiksel modele geçişte gerçekleştirdikleri model oluşturma yeterliği ile ilgili son görüşmeye ait bulguları Çizelge 10’da sunulmuştur.

Model oluşturma yeterliği kapsamında değerlendirilen C1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının son görüşmedeki bulguları Çizelge 10’da sunulmuştur. Bu bağlamda son görüşmede öğretmen adaylarının %41’inin C1 alt yeterliğini yeterli bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait alıntılar aşağıdaki gibidir:

K2: “[durağı caddenin ortasına kurarak toplam yürüme mesafesini matematikselleştirmiştir]  $(x/4+x/2+3x/4+x)*2$  olur. (9 öğrenciden birinin caddenin tam ortasında oturduğunu varsayarak ve her bir öğrenci arasındaki mesafeyi  $x/4$  şeklinde tahmin ederek, öğrencilerin durağa olan mesafelerini toplamıştır.)

Model oluşturma yeterliği kapsamında değerlendirilen C2 alt yeterliğini son görüşmede öğretmen adaylarının %47’sinin yeterli bir şekilde gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait alıntılar aşağıdaki gibidir:

K12: “ $k=1$  den  $n$ ’e desem.  $\sum_{k=1}^n k * a$  olur. Diğer mesafe  $y=x$  eşit aldığımızdan aynısını yapalım,  $(\sum_{k=1}^n k * a)$  bunların toplamında, ikisinin toplamı şeklinde  $2 * \sum_{k=1}^n k * a$ .” ( $k$ , öğrencilerin durağa olan uzaklığını ve  $a$ , öğrencilerin evleri arasındaki mesafeyi gösteriyor.)

Son olarak 17 öğretmen adayından sadece birinin (%6) C3 alt yeterliğini yeterli bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Bu alt yeterlik geliştirilen modelin farklı bir şekilde ya da grafikte tekrar temsil edilmesini içermektedir. Bir öğrenci oluşturduğu matematiksel modeli bir de grafikte temsil etmiştir. Bu nedenle C1 ya da C2 alt yeterliğinden en az birini gerçekleştiren öğretmen adayları süreçte ilerlemeye devam etmiştir.

Çalışmada C1, C2 ve C3 alt yeterliklerinden en az bir alt yeterliği gerçekleştirerek 17 öğretmen adayından 10’unun (%59) model oluşturma yeterliğini yeterli bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

### Matematiksel Çalışma Yeterliği ile İlgili Son Görüşmeye Ait Bulgular

Ön görüşmede hem öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayının hem de katılmayan 15 öğretmen adayının tamamının matematiksel sonuçlara geçiş yapamadığı ve matematiksel çalışma yeterliğini gerçekleştiremedikleri belirlenmiştir. Bu kısımda öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayının son görüşmede ortaya çıkan matematiksel çalışma yeterliği ve bu kapsamda değerlendirilen alt yeterlikler sunulmuştur. Alt yeterliklere ilişkin son görüşmedeki bulgular Çizelge 11’de sunulmuştur.

Matematiksel çalışma yeterliği kapsamında değerlendirilen D1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının son görüşmedeki bulguları Çizelge 11’de sunulmuştur. Bu bağlamda son görüşmede D1 alt yeterliğini öğretmen adaylarının %18’i yeterli bir şekilde gerçekleştirmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren K16 kodlu öğretmen adayının “*n=çift sayılar için düşünüyorum. n ev sayısı ise  $(n/2)^2$  adım sayısı olacak... n=tek sayılar için, o zaman benim genel terimim  $a_n=a_{n-2}+(n-1)$  olur.*” şeklindeki modellerinden hareketle gerçekleştirdiği D1 alt yeterliğine ait alıntısı aşağıdaki gibidir:

K16: “*n tek için, n=3 de 2 adım, n=5 de 6 adım, n=7 de 12 adım, n=9 da 20 adım. Çiftlerde peki nasıl oluyor? n çift ise n=2 için 1, 4 ev için 4 adım, 6 evde 9 adım, 8 evde de 16 adım. [4 ev için  $(n/2)^2$  modelini kullanarak] yarısı 2 karesi 4...” “tek sayılara bakalım. [3 ev için  $a_n=a_{n-2}+(n-1)$  modelini kullanarak]  $a_3=a_1+2=2$ . [5 ev için  $a_n=a_{n-2}+(n-1)$  modelini kullanarak]  $a_5=a_3+4=6$  buldum. [7 ev için  $a_n=a_{n-2}+(n-1)$  modelini kullanarak]  $a_7=a_5+6=12$  buldum...” (Öğretmen adayı, problem çözme stratejilerinden deneme yanılma yöntemini kullanarak D1 alt yeterliğini gerçekleştirmiş ve toplam yürüme mesafesini belirten bir sonuca ulaşmıştır.)*

K6 kodlu öğretmen adayı ise toplam serinin limitini alırken yetersiz bir şekilde D1 alt yeterliğini gerçekleştirmiştir. Böylece son görüşmede yetersiz performans gösteren K6 kodlu öğretmen adayının “ $\sum_{n=1}^k \frac{n}{n+1}$ ” şeklindeki modelinden hareketle gerçekleştirdiği D1 alt yeterliğine ait alıntısı aşağıdaki gibidir:

K6: “1 için 1/2; 2 için 2/3; 3 verdiğimde 3/4 olur (1/2+2/3+3/4,...), bu formülün toplam serisinin limitini alıp belli bir sonuca gittiğini bilsak. Bu şekilde  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+1}$  [bölme

işlemine yapmaya çalışıyor]. Yani bu  $\lim_{n \rightarrow \infty} 1 - \frac{1}{n+1}$  olur. Burada sonsuz koysam  $\lim_{n \rightarrow \infty} 1 - \frac{1}{\infty}$ . Yürüme mesafesi o zaman 1-0'dan 1 olur." (Öğretmen adayı toplam serinin limitini değil de fonksiyonun limitini almıştır.)

Matematiksel çalışma yeterliği kapsamında değerlendirilen D2 alt yeterliğini öğretmen adaylarının %29'u yeterli, %12'si kısmen yeterli bir şekilde gerçekleştirmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren K7 kodlu öğretmen adayının "Tam ortasına

yaptığımız zaman, a tane öğrenci 22.5 metre gidecek. a tanesi 5 eksiği gidecek...[2a\*22.5+2a\*17.5+...+2a\*2.5]. Şimdi bir de [durağı] başlangıçta alalım. Buna 0 demek zorundayız. a\*5 +a\*10+ ...+a\*50 olacak." şeklindeki modellerinden hareketle gerçekleştirdiği D2 alt yeterliğine ait alıntısı aşağıdaki gibidir:

K7: "45a + 35a + 25a + 15a + 5a =125a mesafe oluyor. Burada [a\*5 +a\*10+ ...+a\*50 olacak] toplamları 9\*10=90, 90/2=45, 45\*5a yapacak toplamda 45\*5a=225a yapıyor." (Öğretmen adayı matematiksel bilgisini kullanarak modeli çözmüştür.)

D1 ve D2 alt yeterliklerinden en az bir alt yeterliği gerçekleştirmiş olan 17 öğretmen adayından 8'inin (%47) matematiksel çalışma yeterliğini gerçekleştirebildikleri belirlenmiştir.

### Yorumlama Yeterliği ile İlgili Son Görüşmeye Ait Bulgular

Ön görüşmede hem öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayının hem de katılmayan 15 öğretmen adayının tamamının gerçek sonuçlara geçiş yapamadığı ve yorumlama yeterliğini gerçekleştiremedikleri belirlenmiştir. Bu kısımda öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayının son görüşmede ortaya çıkan yorumlama yeterliği ve bu kapsamda değerlendirilen alt yeterlikler sunulmuştur. Yorumlama yeterliğine ilişkin son görüşmedeki bulgular Çizelge 12'de sunulmuştur.

Yorumlama yeterliği kapsamında değerlendirilen E1 alt yeterliğine ilişkin öğretmen adaylarının son görüşmedeki bulguları Çizelge 12'de sunulmuştur. Bu bağlamda son görüşmede E1 alt yeterliğini, öğretmen adaylarının %35'i

yeterli ve %12'si kısmen yeterli bir şekilde gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Son görüşmede yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait örnek alıntılar aşağıdaki gibidir:

K7:"[Evler arasındaki mesafenin] Eşit olduğunu düşündüğümüz zaman [durağın caddenin]en ortasında olması gerekiyor." (Toplam yürüme mesafesini en küçük bulduğu yer caddenin ortası olduğundan durağı caddenin ortasına kurmaya karar vermiştir.)

Yorumlama alt yeterliğine ilişkin yetersiz performans gösteren öğretmen adayına ait alıntı aşağıdaki gibidir:

K6: "Bu bulduğum 1 öğrencilerin en az mesafesi olması için durağın nerde olması gereken 1 mi acaba? Bu 1 o zaman otobüs durağımızı nereye koyduğumuzu mu belirtiyor diye düşünüyorum ama bilmiyorum." (Öğretmen adayı bulduğu matematiksel sonucu gerçek dünyaya yorumlayamamıştır.)

Son görüşmede, E2 alt yeterliğini öğretmen adaylarının %24'ünün yeterli bir şekilde gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Yeterli performans gösteren öğretmen adayına ait örnek alıntılar aşağıdaki gibidir:

K8: "Daha az mesafe almaları için daha çok evin bulunduğu yere kurulması lazım... Onun için çok evin tam ortasında yapılması daha uygun olur." ( "K8: 4 tane eve daha yakın kurduğumuzda biraz daha toplam yürüme mesafesi düştü." Şeklindeki gerçek sonucunu genelleyerek daha çok evin yakınına otobüs durağını kurmanın toplam yürüme mesafesini düşürdüğü şeklinde yorumladı).

Son görüşmede, E3 alt yeterliğini öğretmen adaylarının %12'sinin yeterli bir şekilde gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Yeterli performans gösteren öğretmen adaylarına ait örnek alıntı aşağıdaki gibidir:

K10: "y tane öğrenci c mesafe yürüyecek x'ler hiç yürümeyecek (x\*0+y\*c) yani. Bu durumda durak x dedir. İkinci durumda durak y dedir... x=y ise a ve b ye bağlı olmadığı için Durağın yeri x ve y arasındadır. Değişir yani her yerde olabilir. Yani x ve y arasında her yerde olabilir." (Bulduğu birden fazla matematiksel sonucun arasında iletişim kurarak yorumladı)

17 öğretmen adayından 8'inin (%47) E1, E2 ve E3 alt yeterliklerinden en az bir alt yeterliği gerçekleştirecek yorumlama yeterliğini tamamladığı belirlenmiştir

Çizelge 10. Model oluşturma yeterliğine ilişkin öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	C1 alt yeterliği		C2 alt yeterliği		C3 alt yeterliği		Alt yeterliklerden en az birini gerçekleştirenler	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	7	41	8	47	1	6		
Kısmen Yeterli	-	-	-	-	-	-	10	%59
Yetersiz	-	-	-	-	-	-		
Gözlemlenmedi	10	59	9	53	16	94		

Çizelge 11. Çalışma yeterliğine ilişkin öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	D1 alt yeterliği		D2 alt yeterliği		Alt yeterliklerden en az birini gerçekleştirenler	
	f	%	f	%	f	%
Yeterli	3	18	5	29		
Kısmen Yeterli	-	-	2	12		
Yetersiz	1	6	-	-	8	47
Gözlemlenmedi	13	76	10	59		

Çizelge 12. Yorumlama yeterliğine ilişkin öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının son görüşmeye ait bulguları

Kodlar	E1 alt yeterliği		E2 alt yeterliği		E3 alt yeterliği		Alt yeterliklerden en az birini gerçekleştirenler	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Yeterli	6	35	4	24	2	12	8	47
Kısmen Yeterli	2	12	-	-	-	-		
Yetersiz	1	6	-	-	-	-		
Gözlemlenmedi	8	47	13	76	15	88		

### **Doğrulama Yeterliği ile İlgili Son Görüşmeye Ait Bulgular**

Son görüşmede öğrenme ortamına katılan 17 öğretmen adayından hiçbirinin doğrulama yeterliğini gerçekleştiremedikleri belirlenmiştir. Bu nedenle söz konusu yeterlik ve bu yeterliğe ilişkin alt yeterlikler gözlemlenmemiştir.

### **Tartışma ve Sonuç**

Bu araştırmada matematiksel modelleme yeterliklerini geliştirmek adına KDBY-M içeren öğrenme ortamı tasarlanmış, ön ve son görüşmeler ile ortama katılan ve katılmayan öğretmen adaylarının modelleme yeterlikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda öğretmen adaylarının anlama, basitleştirme ve yapılandırma, model oluşturma, matematiksel çalışma, yorumlama ve doğrulama yeterlikleri incelenmiştir.

Öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının, anlama yeterliği kapsamındaki A1, A2 ve A3 alt yeterliklerinde ön görüşmeye göre son görüşmede daha yüksek; öğrenme ortamına katılmayanların ise A1 ve A2 alt yeterliğinde daha düşük performans sergiledikleri belirlenmiştir. A3 alt yeterliğine ilişkin bulgular incelendiğinde ise; her iki grubun da A3 alt yeterliğinde artış olduğu, fakat öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarında, katılmayan öğretmen adaylarına göre daha fazla arttığı belirlenmiştir. Bu alt yeterlikte her iki grupta artış elde edilmesinin sebebi ise son görüşmedeki modelleme probleminin zihinsel temsilini resmetmek için daha elverişli olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Alt yeterliklerde az artışlar gözlemlenmesinin yanında genel olarak öğretmen adaylarının anlama yeterliğini gerçekleştirmede problem yaşamadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Benzer durum yapılan çalışmalarda da (Çiltaş ve Işık, 2013; Ji, 2012; Türker, Sağlam ve Umay, 2010) tespit edilmiştir. Bunun sebebinin problemi anlama aşamasının birçok matematik probleminde temel basamak olduğu için kazanılmış bir davranış olduğunun düşünülmesidir. Nitekim eylem planında da anlama yeterliğine ilişkin bir probleme rastlanmadığından bu yeterliğe ait kısmi destek verilmemiştir.

Öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının basitleştirme ve yapılandırma yeterliği kapsamında değerlendirilen B1, B2, B3 ve B4 alt yeterliklerinin tümünde gelişim gösterdikleri belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının tamamı B2 ve B4 alt yeterliklerini gerçekleştirmiştir. B1 ve B3 alt yeterliklerinin ise diğer alt yeterliklere göre daha az artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu alt yeterliklerin daha az ortaya çıkması öğretmen

adaylarının süreçte ilerlemelerine engel olmadığı gözlemlenmiştir. Varsayımlar açık bir şekilde ifade edilmese de aslında arka planda problemin bir varsayıma dayandırıldığı söylenebilir. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının ise ön ve son görüşmedeki B2 ve B4 alt yeterliklerinin aynı oranda gerçekleştiği dikkat çekmektedir. Tüm bu sonuçlardan hareketle; öğrenme ortamına katılma durumunun öğretmen adaylarının B2 ve B4 alt yeterlikleri üzerinde oldukça etkili olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle B2 ve B4 alt yeterliklerindeki gelişimin, öğrenme ortamındaki gerçek modele ilişkin hazırlanan kısmi modelleme probleminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Öğrenme ortamındaki kısmi destekli problemde öğretmen adayından verilmeyen değişkeni belirlemeleri (B2 alt yeterliği) ve bu değişkeni tahmin etmeleri ya da internetten araştırmaları (B4 alt yeterliği) istenmiştir. Öğretmen adayları öğrenme ortamında bu alt yeterliklerini deneyimledikleri için son görüşmede daha yeterli oldukları düşünülmektedir. Aslında bazı çalışmalar (Bukova-Güzel, 2011; Ji, 2012; Türker, Sağlam ve Umay 2010) öğrencilerin büyük çoğunluğunun basitleştirme ve yapılandırma süreçlerinde sıkıntı yaşamadıklarını ortaya koyarken; bazı çalışmalar (Maaß, 2006; Kaiser, 2007; Schaap vd., 2011) öğrencilerin bu konuda problem yaşadıklarını belirtmektedir. Brand (2014) ve Kaiser ve Brand (2015) tarafından basitleştirme yeterliğinde bütüncül yaklaşımın kısmi yaklaşımdan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada ise KDBY-M içeren öğrenme ortamının basitleştirme yeterliğine katkısı olduğu belirlenmiştir.

Ön görüşmede öğretmen adaylarının tamamının, son görüşmede ise sadece öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının model oluşturma yeterliğine sahip olmadığı belirlenmiştir. Böylece model oluşturma, matematiksel çalışma, yorumlama ve doğrulama yeterlikleri gerçekleştirilemediğinden; bu yeterliklere ilişkin alt yeterlikler de gözlemlenmemiştir. Son görüşmede öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun C1, C2 ve C3 alt yeterliklerinden en az birini yeterli bir şekilde gerçekleştirerek model oluşturma yeterliğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Tasarlanan öğrenme ortamının diğer yeterliklere nazaran öğretmen adaylarının model oluşturma yeterliğini daha fazla desteklediği söylenebilir. Bunun nedeninin dört hafta boyunca model oluşturma ve çözüme yeterliğine ilişkin kısmi destek verilmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Hem ön görüşmede hem de eylem planının uygulandığı öğrenme ortamında model oluşturma yeterliğine ilişkin tespit edilen problemler nedeniyle bu yeterliğe odaklanılmasına karar verilmiştir. Bu

nedenle diğer yeterliklere göre en fazla model oluşturma yeterliğine odaklanılmıştır. Öğrenme ortamına katılmayan öğretmen adaylarının hala model oluşturmada büyük sıkıntı yaşamaları ise öğrenme ortamının desteğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlara benzer şekilde modelleme konusunda eğitim almayan öğrencilerin model oluşturma yeterliğinde problem yaşadıkları yapılan çalışmalar tarafından (Biccard ve Wessels, 2011; Frejd ve Årlebäck, 2011; Ji, 2012) ortaya konmuştur. Başlangıçta model oluşturma yeterliğini gerçekleştirilemeyen öğretmen adaylarının öğrenme ortamına katılmaları sonucu söz konusu yeterlikte başarılı oldukları ise Biccard ve Wessels (2011), Brand (2014), Ji (2012), ve Kaiser ve Brand (2015)'in çalışmalarında da belirlenmiştir. Özellikle Brand (2014), Güç (2015), Grunewald (2012), Kaiser ve Brand (2015) tarafından bütüncül yaklaşıma göre düzenlenen öğrenme ortamının model oluşturma yeterliğini desteklediği tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada ise KDBY-M içeren öğrenme ortamının diğer yeterliklere nazaran model oluşturma yeterliğine önemli katkıları olduğu belirlenmiştir.

Son görüşmede öğrenme ortamına katılan öğretmen adaylarının neredeyse yarısının matematiksel çalışma ve yorumlama yeterliğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Tasarlanan öğrenme ortamının model oluşturma yeterliğinden sonra matematiksel çalışma ve yorumlama yeterliğini desteklediği belirlenmiştir. Kaiser ve Brand (2015) tarafından yapılan çalışmada kısmi yaklaşımın matematiksel çalışma yeterliğine bütüncül yaklaşımdan daha fazla etkisi olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmada ise KDBY-M içeren öğrenme ortamının matematiksel çalışma yeterliğini önemli ölçüde desteklediği görülmüştür. Bu durumun dört hafta boyunca bu yeterliğin desteklenmesi için uygulanan kısmi yaklaşımdan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. KDBY-M içeren öğrenme ortamının öğretmen adaylarının yorumlama yeterliğini desteklediği bulunmuştur. Bu sonuç bütüncül yaklaşıma göre tasarlanan öğrenme ortamları (Grunewald, 2012; Güç, 2015; Kaiser ve Brand, 2015) ile benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada tasarlanan öğrenme ortamının öğretmen adaylarının doğrulama yeterliğini desteklemediği sonucuna ulaşılmıştır. Düzenlenen öğrenme ortamları değerlendirildiğinde, bütüncül yaklaşımın doğrulama yeterliğini desteklemediği Güç (2015) tarafından; desteklediği ise Kaiser ve Brand (2015) tarafından belirlenmiştir. Dede (2017) ise kısmi yaklaşımın doğrulama yeterliğini desteklediğini ifade etmektedir. Alanyazında bu konuda ortak bir karara ulaşılmadığı görülmektedir. Bu durumun doğrulama yeterliğinin öğrencilerin en zorlandıkları yeterlik (Biccard ve Wessels, 2011; Gatabi ve Abdolapour, 2013; Ji, 2012) olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmada ise KDBY-M içeren öğrenme ortamının doğrulama yeterliği desteklememesi iki şekilde açıklanabilir. Birincisi modelleme sürecinin uzun sürmesinden dolayı öğretmen adayları bir çözüme ulaştıklarında süreci doğrulama yapmadan sonlandırıyor olabilirler. İkincisi eylem planında doğrulama yeterliğine ilişkin daha az sayıda kısmi destek verilmesinden kaynaklı olabilir.

## Sınırlılıklar ve Öneriler

Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi için KDBY-M içeren öğrenme ortamı tasarlanabilir. Özellikle öğretmen adaylarının model oluşturma, matematiksel çalışma ve yorumlama yeterliklerinde eksik oldukları düşünülüyorsa, benzer bir öğrenme ortamının tasarlanmasının, bu yeterliklerin geliştirilmesi açısından uygun olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada doğrulama yeterliğinin geliştirilmesi için tekrar bir eylem planı hazırlanmamıştır. Bu durum, çalışmanın sınırlılıklarından biridir. Doğrulama yeterliğinin geliştirilmesi için ya farklı bir öğrenme ortamının oluşturulması ya da aynı öğrenme ortamının daha uzun bir süreçte ele alınması önerilebilir. Ayrıca doğrulama yeterliği için daha fazla kısmi desteğin verildiği bir öğrenme ortamı tasarlanabilir. Modelleme yeterliklerine ne kadar fazla bütüncül yaklaşımla beraber kısmi destek verilirse o kadar olumlu sonuçlar alınabilir. Nitekim mevcut çalışmada en fazla model oluşturma ve çözme yeterliklerine kısmi destek verilmiş ve en fazla gelişim bu aşamalarda gerçekleşmiştir. Ayrıca bu araştırma öğretmen adayları ile sınırlı olup, benzer ortamlar öğretmenler ya da ortaokul öğrencileri ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmanın bulguları bireysel yeterlikleri tespit edebilmek için uygulama sürecinin değil ön ve son görüşmenin veri analizi ile sınırlıdır. Uygulama sürecinin analizine dayalı benzer bir çalışma yürütülebilir.

## Eğitim Uygulamalarına Yansımaları

Bireylerin modelleme yeterliklerini geliştirmek amacıyla etkili öğrenme ortamlarının tasarlanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada tasarlanan KDBY-M içeren öğrenme ortamının, modelleme yeterliklerinden basitleştirme yeterliğini desteklemekle birlikte, model oluşturma, matematiksel çalışma ve yorumlama yeterliğine daha büyük katkılar sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte doğrulama yeterliği üzerinde tasarlanan öğrenme ortamının bir katkısı olmadığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında ya bütüncül yaklaşıma göre ya da kısmi yaklaşıma göre tasarlanan öğrenme ortamları mevcuttur. Bu çalışmalar incelendiğinde (Brand, 2014; Grunewald, 2012; Kaiser ve Brand, 2015); hem bütüncül yaklaşım hem de kısmi yaklaşım ile tasarlanan öğrenme ortamlarının öğrencilerin modelleme yeterlikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmada KDBY-M içeren öğrenme ortamının da modelleme yeterliklerini desteklediği görülmüştür. KDBY-M içeren öğrenme ortamının, bütüncül yaklaşım ile benzerliklerine bakıldığında; yapılandırma/basitleştirme, model oluşturma ve yorumlama yeterliklerine her iki yaklaşımın da önemli katkıları olduğu söylenebilir. KDBY-M içeren öğrenme ortamının, kısmi yaklaşım ile benzerliklerine bakıldığında ise; her iki yaklaşımın da matematiksel çalışma yeterliğine önemli katkıları olduğu söylenebilir. Bu durumda KDBY-M içeren öğrenme ortamının hem kısmi yaklaşım hem de bütüncül yaklaşımın etkili olduğu yeterliklere, önemli katkıları olduğu sonucuna varılabilir. Doğrulama yeterliğinde ise bütüncül

(Kaiser ve Brand, 2015) ya da kısmi (Dede, 2017) yaklaşımın temel alındığı öğrenme ortamları, çalışmada tasarlanan öğrenme ortamına göre daha olumlu sonuçlar verebilir.

## Kaynaklar

- Bal, A. P., ve Doğanay, A. (2014). Sınıf öğretmenliği adaylarının matematiksel modelleme sürecini anlamalarını geliştirmeye yönelik bir eylem araştırması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1363-1384.
- Berry, J. S., and Houston, S. K. (1995). *Mathematical modelling*. London: Edward Arnold.
- Biccard, P., and Wessels D. C. J. (2011). Documenting the development of modelling competencies of grade 7 mathematics students. In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 375-383). New York: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-0910-2\_37
- 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. doi: 10.1093/teamat/22.3.123
- Blomhøj, M., and Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 163-177.
- Blum, W. (2002). ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education Discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51, 149-171.
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 15-30). New York: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-0910-2\_3
- Blum, W., and Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1) 45-58.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86-95. doi: 10.1007/BF02655883.
- Brand, S. (2014). Effects of a holistic versus an atomistic modelling approach on students' mathematical modelling competencies. In C. Nicol, P. Liljedahl, S. Oesterle, and D. Allan (Eds.), *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA 36, Vol. 2* (pp. 185-191). Vancouver, Canada: PME.
- Bukova Güzel, E. (2011). An examination of pre-service mathematics teachers' approaches to construct and solve mathematical modeling problems. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 30(1), 19-36. doi: 10.1093/teamat/hrq015.
- Bukova Güzel, E., ve Uğurel, I. (2010). Matematik öğretmen adaylarının analiz dersi akademik başarıları ile matematiksel modelleme yaklaşımları arasındaki ilişki. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(1), 69-90.
- Carr, W., and Kemmis, S. (2003). *Becoming Critical: Education, Knowledge And Action Research*. New York: RoutledgeFarmer, Taylor & Francis.
- Çiltaş, A. ve Işık, A. (2013). The effect of instruction through mathematical modelling on modelling skills of prospective elementary mathematics teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(2), 1187-1192.,
- Dede, A. T. (2017). Modelleme yeterlikleri ile sınıf düzeyi ve matematik başarısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *İlköğretim Online*, 16(3), 1201-1219. doi: 10.17051/ilkonline.2017.330251
- Dede, A. T. ve Yılmaz, S. (2013). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının modelleme yeterliliklerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 4(3), 185-206.
- Doerr, H. M., and Tripp, J. S. (1999). Understanding how students develop mathematical models. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(3), 231-254
- Elliott, J. (1991). *Action research for educational change*. Philadelphia: Open University Press.
- Frejd, P., and Ärlebäck, J. B. (2011). First results from a study investigating Swedish upper secondary students' mathematical modelling competencies. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 407-416). Springer: New York.
- Galbraith, P., and Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*. 38(2), 143-162. doi: 10.1007/BF02655886.
- Gatabi, A. R., and Abdolapour, K. (2013). Investigating students' modeling competency through grade, gender, and location. In B. Ubuz, C. Haser and M. A. Mariotti (Eds.), *Proceedings of the 8th congress of the european society for research in mathematics education CERME 8* (pp. 1070-1077). Turkey: Middle East Technical University.
- Grünwald, S. (2012, July). *Acquirement of modelling competencies – first results of an empirical comparison of the effectiveness of a holistic respectively an atomistic approach to the development of (metacognitive) modelling competencies of students*. Paper presented at the meeting of the 12. International Congress on Mathematical Education. Korea: Seoul.
- Güç, F. A. (2015). *Matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 381105)
- Güç, F. A. ve Baki, A. (2016). Matematiksel modelleme yeterliklerini geliştirme ve değerlendirme yaklaşımlarının sınıflandırılması. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 7(3), 621-645.
- Ji, X. (2012, July). *A quasi-experimental study of high school students' mathematics modelling competence*. Paper presented at the meeting of the 12. International Congress on Mathematical Education. Korea: Seoul.
- Kaiser, G. (2007). Modelling and modelling competencies in school. In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* (pp. 110-119). Chichester: Horwood.
- Kaiser, G., and Brand, S. (2015). Modelling competencies: Past development and further perspectives. In G. A. Stillman, W. Blum and M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical modelling in education research and practice* (pp. 129-149). Cham: Springer International Publishing.
- Kaplan, T. (2011). *Lineer denklem sistemleri ve uygulama alanları* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 299752)
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 221516)

- Korkmaz, E. (2010). *İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 275237)
- Lesh, R., and Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modelling perspective on mathematics teaching, learning and problem solving. In R. Lesh and H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: models and modelling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching* (pp. 3-33). Mahwah N. J.:Lawrance Erlbaum Associates Publishers.
- Lingefjärd, T. (2006). Faces of mathematical modelling. *Zentralblatt Für Didactik Der Mathematic*, 38(2), 96 -112. doi: 10.1007/BF02655884
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt Für Didactik Der Mathematic*, 38(2), 113-142. doi: 10.1007/BF0265588
- Maaß, K. (2007). Modelling in class: What do we want the students to learn? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* (pp. 63-78). Chichester: Horwood.
- Miles, M.B and Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis*, Thousand Oaks, CA: Sage.
- Niss, M., Blum, W., and Galbraith, P. (2007). How to replace the word problems. In W. Blum, P. Galbraith, H-W. Henn and M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (pp. 3-32). New York: Springer.
- Schaap, S., Vos, P., and Goedhart, M. (2011). Students overcoming blockages while building a mathematical model: Exploring a framework. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri and G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling (ICTMA 14)* (pp. 137-146). New York: Springer.
- Swetz, F., and Hartzler, J. S. (1991). *Mathematical Modelling in The Secondary School Curriculum: A Resource Guide Of Classroom Exercises*. Reston, VA: NCTM.
- Türker, B., Sağlam, Y. ve Umay, A. (2010). Preservice teachers' performances at mathematical modeling process and views on mathematical modeling. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 4622-4628. doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.740.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (6. Baskı). Ankara: Seçkin.
- Zawojewski, J. S., and Lesh, R. (2003). A models and modeling perspective on problem solving. In R. Lesh and H. M. Doerr (Ed.). *Beyond constructivism: models and modelling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching* (pp. 317-336). Mahwah N. J.:Lawrance Erlbaum Associates Publishers.
- Zeytun, A. Ş. (2013). *An investigation of prospective teachers' mathematical modelling processes and their views about factors affecting these processes* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 341056)

### Ek-1: Ön görüşmede kullanılan modelleme durumu Benzin Problemi

Ela Hanım Erzincan'ın sınırından 20 km uzakta bulunan Üzümlü ilçesinde yaşamaktadır. Ela Hanım, aracının benzinini doldurmak için Erzincan'a gitmektedir. Erzincan da petrolün bir litresine 1.10 TL öderken Üzümlü de 1.35

TL ödemektedir. Ela Hanımın Erzincan'a gitmesi sizce kârlı mıdır? Tüm çözümlerinizi lütfen yazınız.

### Ek-2: Son görüşmede kullanılan modelleme durumu Otobüs Durağı Problemi

Bir şirket kurulduğu zaman birçok faktör düşünülür. Bu faktörlerden en önemlilerinden biri, müşteriler ve çalışanlar kolay yolculuk edebilsin diye tesisin kurulacağı yerdir. Bu tesisin bulunduğu yer sayesinde her yıl milyonlarca TL kar edilebilir.

Benzer şekilde bir okul otobüsü düşündüğümüzde, bir cadde boyunca yaşayan bir grup öğrenci için okul otobüsü durağının yerine karar vermek gerekiyor. Öğrencilerin en az miktarda toplam yürüme mesafesi olacak şekilde, otobüs durağının nerede olması gerektiğini belirleyiniz.

### Summary

#### Introduction

The mathematical model is not only a way of any representation such as graph, formula, equation, table but also conceptual systems applied in predicting, explaining, thinking, interpreting the real-life situation (Doerr and Tripp, 1999). On the other hand, mathematical modelling is the process of creating mathematical models from real-life situations (Blum, 2002; Lesh and Doerr, 2003). Borromeo Ferri (2006) defines the cyclical mathematical modelling process with six components. These are real situation, cognitive representation of the situation, real model, mathematical model, mathematical results, and real results. The competencies of understanding, structuring/simplifying, model building, solving the model, interpreting and, validating the model are defined between these components. All of these competencies are defined as mathematical modelling competencies (Niss, Blum and Galbraith, 2007).

As the studies on the modelling competencies were reviewed, it was realised that students had difficulties in understanding the situation (Schaap, Vos and Goedhart, 2011), creating the real model by defining and predicting variables (Blum, 2011; Ji, 2012; Maaß, 2006), building the mathematical model (Frejd and Ärleback, 2011; Ji, 2012; Kertil, 2008; Maaß, 2007), reaching the mathematical results (Galbraith and Stillman, 2006) and interpreting and validating (Biccard and Wessels, 2011; Gatavi and Abdolhpour, 2013). For this reason, it is significant to develop the students' mathematical modelling competencies. Two approaches for the rapid development of modelling competencies are suggested in the literature (Blomhøj and Jensen, 2003; Brand, 2014; Güç 2015). These are the holistic approach and the atomic approach. Trying to develop all the modelling competencies simultaneously refers to the holistic approach; on the other hand, trying to develop some competencies at different times refers to the atomic approach (Grünewald, 2012; Güç, 2015). Although it is suggested in the literature that the holistic approach is more effective, it is also suggested to strike a balance



between the two approaches as it may not be sufficient (Blomhøj and Jensen, 2003; Güç, 2015; Güç and Baki, 2016). Considering the relevant studies (Brand, 2014; Dede, 2017; Grünewald, 2012; Güç, 2015; Kaiser and Brand, 2015), the learning environments including either an atomic approach or a holistic approach were designed, and the design of a learning environment in which both approaches are applied together was not encountered.

In the present study, the learning environment was designed according to the holistic approach and is supported with the atomic approach when necessary and at the required competencies. Thus, the atomic approach was applied to support the holistic approach. Considering this, the study aimed to explore how participation in the learning environment designed according to the atomic supported holistic approach supports the development of the pre-service mathematics teachers' mathematical modelling competencies.

### **Method**

An action research design, one of the qualitative research methods, was employed in this study. The action research is a set of systematic processes applied to create educational practices to solve educational problems and thus improve the quality of education (Carr and Kemmis, 2003). The main purpose here is to develop applications for various interventions (Elliott, 1991). However, in the present study, the development in the mathematical modelling processes of the pre-service teachers was observed by designing a learning environment. The action plan is presented under the heading of the designed learning environment.

The study groups consisted of the pre-service teachers studying at the fourth class of the Department of Secondary School Mathematics Education of a university in the Eastern Anatolia Region in the fall term of the 2015-2016 academic year. The participants were 17 pre-service teachers who regularly participated in the learning environment of mathematical modelling and 16 pre-service teachers who did not participate in the learning environment of mathematical modelling. While the pre-service teachers, who participated in the learning environment, participated in the activities related to the mathematical modelling, the pre-service teachers, who did not participate, did not take any education relevant to the mathematical modelling.

Two significant points reflect the research process. The first is that the analysis of the data was not performed according to the weekly action plan, but according to the modelling, the problem applied in the pre-and post-interview. The reason for this was to determine the mathematical modelling competencies of the pre-service teachers individually. As the group work was carried out during the action plan, it was insufficient to determine the development of individual modelling competencies in the learning environment. The second was that the pre-and post-interview was carried out with pre-service teachers who did not participate in the action plan. The reason for this was to evaluate that whether a difference was

observed between the pre-and post-interview in favour of the pre-service teachers participating in the learning environment, it would be due to the learning environment, not the modelling problem applied in the pre-and post-interview.

The interview technique, which is one of the qualitative data collection techniques, was applied in the research. In this scope, interview forms consisting of the mathematical modelling problems were prepared. Two individual interviews were held with the pre-service teachers, one before and one after the application. The data obtained from the two forms were compared with each other. The content analysis method was used in the analysis of the data. The mathematical modelling competencies and their sub-competencies developed by Blum and Kaiser and transcribed by Maaß (2006) were used for the analysis. All the sub-competencies were evaluated under four categories. These are sufficient, partially sufficient, insufficient, and not observed.

### **Results**

It was determined that the pre-service teachers, who participated in the learning environment, demonstrated higher performance in the post-interview compared with the pre-interview in their sub-competencies of A1, A2, and A3 within the scope of the understanding competency; on the other hand, those, who did not participate the learning environment, demonstrated lower performance in the A1 and A2 sub-competencies. As the findings related to the A3 sub-competency were analysed, it was determined that there was an increase in the A3 sub-competency of both groups; however, it increased more in the pre-service teachers who participated in the learning environment compared with those who did not participate. It was concluded, in addition to the observation of minor increases in sub-competencies, that the pre-service teachers generally did not have any problems in improving their understanding competencies. A similar situation was encountered in the studies by (Çiltaş and Işık, 2013; Ji, 2012; Türker et al., 2010). This is because the understanding of the problem stage is thought to be an acquired behaviour since it is the fundamental step in many mathematical problems. Likewise, as any problem relevant to the understanding competency was not encountered in the action plan, atomic support was not offered related to this competency. It was noticed that the pre-service teachers, who participated in the learning environment demonstrated development in all the B1, B2, B3, and B4 sub-competencies evaluated within the scope of the simplifying and structuring competency. It is a significant development that all of the pre-service teachers (100%) fulfilled especially the B2 and B4 sub-competencies. In the pre-interview, it was realised that none of the pre-service teachers and in the post-interview, none of the pre-service teachers, who did not participate in the learning environment, had the model created competency. Thus, as the model created, working mathematically, interpreting and validating competencies were not

realised, the sub-competencies related to these competencies were not observed either. It was determined that 59% of the 17 pre-service teachers participating in the learning environment had the model created competency in the post-interview by realising at least one of the C1, C2, and C3 sub-competencies adequately. It can be claimed that, compared to the other competencies, the designed learning environment supports the model created competency of the pre-service teachers more. It is thought that this may be due to the atomic support given to model building and solving competency for four weeks. It was determined that 47% of the 17 pre-service teachers participating in the learning environment had the working mathematically competency by realising at least one of the D1 and D2 sub-competencies; in addition, 47% of them had the interpretation competency by realising E1, E2, and E3 sub-competences. It was realised that the designed learning environment supported the working mathematically and interpreting competency after the model created competency. The conducted studies suggest that the atomic approach has more effect on working mathematically competently compared with the holistic approach (Kaiser and Brand, 2015). In the present study, it was found that the atomic-supported holistic approach supported the working mathematically competency significantly. This situation may be due to the application of the atomic approach for the support of this competency for four weeks. As the interpreting competency was examined, it was noticed that the pre-learning environment based on the atomic supported holistic approach supported these competencies of the pre-service teachers. On the other hand, Kaiser and Brand (2015), Grünwald (2012), and Güç (2015) determined that the learning environment they designed according to the holistic approach supported the interpretation competency. The competency of validating, among the mathematical modelling competencies, was not encountered even in the post-interview carried with the pre-service teachers. It was concluded that the designed learning environment did not support the validating competency of the pre-service teachers. In the present study, it was found out that the atomic supported holistic approach does not support the competency of validating, which can be explained in two ways. The first is that it may originate from the fact that the modelling process takes a long time, and that the pre-service teachers terminate the process when they reach a solution. The second is it may be due to less atomic support for validating competency in the action plan.

### **Discussion**

It was noticed that the designed learning environment supported the simplifying competency; the main support emerged in the competencies of model building, working mathematically and interpretation. It was found that the designed learning environment had no contribution to the

validating competency. As the conducted studies are reviewed, there are the learning environments designed either according to the holistic approach or to the atomic approach. As these studies are examined (Brand, 2014; Grünwald, 2012; Kaiser and Brand, 2015), it was concluded that the learning environments designed both with the holistic approach and with the atomic approach had positive effects on students' modelling competencies. With the present study, even the atomic supported holistic approach supported their modelling competencies. As the similarities of the atomic-supported holistic approach with the holistic approach were taken into consideration, it was determined that both approaches had significant contributions to the structuring/simplifying, model building, and interpreting competencies. As the similarities between the atomic supported holistic approach and the atomic approach were considered, it was found that both approaches had significant contributions to the competency of working mathematically. In this case, it can be claimed that the atomic-supported holistic approach has significant contributions on the competencies to which both the atomic approach and the holistic approach are effective. In addition, in the competency of validating, the learning environments based on either the holistic (Kaiser and Brand, 2015) or the atomic (Dede, 2017) approaches can give more positive results compared with the designed learning environment in the study.

### **Pedagogical Implications**

The learning environment based on the atomic supported holistic approach can be designed to develop the mathematical modelling competencies of the students. Specifically, it is thought that designing a similar learning environment will be appropriate to develop these competencies if it is thought that the students have deficiencies in model building, working mathematically and interpreting competencies. On the other hand, to develop the competency of validating, either designing a different learning environment or applying the same learning environment for a longer period can be recommended. The more holistic approach with atomic support is given to modelling competencies, the more positive results can be achieved.

### **Araştırmanın Etik Taahhüt Metni**

Yapılan bu çalışmada bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulduğu; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifatın yapılmadığı, karşılaşılabilecek tüm etik ihlallerde "Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi ve Editörünün" hiçbir sorumluluğunun olmadığı, tüm sorumluluğun Sorumlu Yazara ait olduğu ve bu çalışmanın herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiş olduğu sorumlu yazar tarafından taahhüt edilmiştir.