T.C.
Marmara Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı
Ortaöğretim Matematik Eğitimi Bilim Dalı

ORTAÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN EĞİTİMİ PROGRAMINA STEM ENTEGRASYONU: BİR DERS ÖRNEĞİ

Gökhan DERİN
(Yüksek Lisans Tezi)

İstanbul, 2017

T.C.
Marmara Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı
Ortaöğretim Matematik Eğitimi Bilim Dalı

ORTAÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN EĞİTİMİ PROGRAMINA STEM ENTEGRASYONU: BİR DERS ÖRNEĞİ

Gökhan DERİN
(Yüksek Lisans Tezi)

Danışman

Doç. Dr. Emin AYDIN

İstanbul, 2017

ONAY SAYFASI

Gökhan DERİN tarafından hazırlanan "Ortaöğretim Matematik Öğretmen Eğitimi Programına STEM Entegrasyonu: Bir Ders Örneği" konulu bu çalışma, 06/12/2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda jüri tarafından başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmza
TEZ DANIŞMANI	Doç. Dr. Emin AYDIN	....
JÜRİ ÜYESİ	Prof. Dr. Ahmet Şükrü ÖZDEMİR	....
JÜRİ ÜYESİ	Yrd. Doç. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ	....

ÖZGEÇMİŞ

Öğrenim

1991 – 1996	Yusuf Çiftçioğlu İlkokulu / Gümüşhane
1996 – 1999	Gümüşhane Merkez Ahmed Ziyauddin Kur’an Kursu
1998 – 2000	Dumlupınar İlköğretim Okulu / Gümüşhane
2000 – 2001	Atatürk İlköğretim Okulu / Gümüşhane
2001 – 2005	Mareşal Çakmak Anadolu Öğretmen Lisesi / Gümüşhane
2005 – 2009	Marmara Üniversitesi – İlköğretim Matematik Öğretmenliği
2012 – 2017	Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Öğretmenliği Bilim Dalı – Yüksek Lisans

Mesleki Deneyim

2010 – 2013	Özel Okul – Matematik Öğretmeni / Üsküdar
2013 – 2014	Özel Bir Sivil Toplum Kuruluşu – Proje Komisyonu Yöneticiliği / Maltepe
2015 – 2016	Özel Okul – Matematik Öğretmeni / Ümraniye
2016 - ……	Milli Eğitim Bakanlığı – Matematik Öğretmeni / Halkalı

İletişim Bilgileri

Adres:	Halkalı Merkez Mahallesi, 1. Barış Sokak No: 25 Daire: 9 Küçükçekmece / İstanbul
E- posta:	gokhanderin29@gmail.com

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen, her konuda bana güvenen, kendisinden çok şeyler öğrendiğim ve onunla çalışırken büyük keyif aldığım kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Emin AYDIN'a,

Yüksek lisans eğitimimin ders döneminde kendilerinden istifade ettiğim bölümdeki kıymetli hocalarıma,

Tezimin veri toplama süreçlerinde yardım ve desteklerini benden esirgemeyen kıymetli hocam Dr. Mahmut KERTİL'e,

Tez jüri üyeliği davetimizi kabul ederek görüş ve önerileri ile çalışmama katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet Şükrü ÖZDEMİR ve Yrd. Doç. Dr. Kamil Arif KIRKIÇ'a,

Tüm yüksek lisans eğitimim boyunca dualarını benden esirgemeyen aileme ve her zaman beni destekleyen ve yanımda olan sevgili eşim ve dünyalar tatlısı kızıma,

en içten dileklerimle teşekkürü bir borç bilirim.

Gökhan DERİN

ÖZET

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi son yıllarda gerek dünyada gerekse ülkemizde üzerine yoğun çalışmaların yapıldığı bir eğitim yaklaşımıdır. Henüz tam olarak kavramsallaştırılamamış bu eğitim yaklaşımının ülkemiz eğitim sitemine nasıl entegre edilebileceği ile ilgili çalışmalar, hem ülkenin önde gelen sanayi kuruluşlarının hem de Milli Eğitim Bakanlığı'nın çağrıları ile devam etmektedir.

Bu çalışmada, STEM eğitimi yaklaşımının en önemli paydaşlarından, bu eğitimi uygulayacak ve öğrencilere bu yaklaşımla eğitim verecek olan öğretmenlerin nasıl yetiştirilebileceklerine dair bir ders örneği tasarlanmaya çalışılmıştır. Bunun için öğretim programımızda kendisine yer edinmiş ve daha iyi kavramsallaştırılmış bir teorik model olan matematiksel modelleme teorik çerçeve olarak kullanılmıştır.

Çalışmada hem nitel hem de nicel verilere ihtiyaç hissedildiği için karma yöntem kullanılmıştır. STEM eğitimi yaklaşımının öğretmen eğitimine entegre edilebilmesi için matematiksel modellemeden yararlanılarak en verimli olabilecek bir ders tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için karma yöntem tasarım tabanlı araştırma deseni ile kullanılmıştır.

Araştırmada, farklı tasarımlarla uygulamalar yapılarak en verimli olan tasarım elde edilmeye çalışıldığı için üç ayrı çalışma grubu ile çalışılmıştır. Birinci çalışma grubu fen edebiyat fakültesi mezunu 22 öğrenciden oluşmaktadır. İkinci çalışma grubu yine fen edebiyat fakültesi mezunu 24 öğrenciden oluşmaktadır. Üçüncü çalışma grubu ise eğitim fakültesi 2. ve 3. sınıflarında okuyan 40 öğrenciden oluşmaktadır.

Araştırma, her üç çalışma grubunda da benzer süreçler takip edilerek gerçekleştirilmiştir. İlk önce öğrencilerin problem çözme ve matematiksel modelleme yeterliklerini belirleyebilmek için ön test olarak matematiksel modelleme testi uygulanmıştır. Ardından STEM eğitimi bağlamında tasarlanan matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Daha sonra öğrencilerin problem çözme ve matematiksel modelleme becerilerindeki gelişimini gözlemleyebilmek için son test olarak birinci teste paralel ikinci matematiksel modelleme testi uygulanmıştır. Son olarak katılımcıların

tüm bu süreçlerle ilgili görüşlerini almak için yarı yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

STEM eğitimi bağlamında matematiksel modelleme etkenlikleri uygulanırken birinci tasarımda ilk önce öğrenciler gruplara ayrılmış ve matematiksel modelleme problemi dağıtılarak öğrencilerden problemi teorik olarak çözmeleri istenmiştir. Ardından problemin çözümü için gerekli ve uygun materyaller gruplara dağıtılarak problemi bu materyalleri kullanarak uygulamalı olarak çözerek teorik çözümlerini kontrol etmeleri ve eğer teorik çözümlerinde hataları varsa düzeltme yapıp raporlamaları istenmiştir. Uygulamalı çözümlerin ardından ikinci modelleme testi ve mülakatlar gerçekleştirilmiştir. İkinci tasarımda birinci tasarımdaki benzer süreçler takip edilmiştir. Ancak bu tasarımda birinci tasarımdaki uygulamanın tersi yapılmış, yani ilk önce aynı problemin materyallerle uygulamalı çözümü yapılmış ardından teorik çözüm istenmiştir.

Birinci ve ikinci tasarımdan elde edilen veriler ayrı ayrı analiz edildikten sonra bu veriler birleştirilerek tekrar analiz edilmiştir. Bu analizlerin ardından üçüncü çalışma grubuna uygulanacak çalışmanın tasarımına karar verilmiştir. Toplanan verilerin ve araştırmacının gözlemleri doğrultusunda üçüncü çalışma grubuna ilk tasarımın uygulanmasına karar verilmiş ve birinci tasarım zenginleştirilerek (etkinlik sayısı artırılarak) üçüncü tasarım aynı süreçler takip edilerek uygulanmış ve tasarımın verimliliği teyit edilmiştir.

Araştırmalardan elde edilen bulgulara göre öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ve problem çözme yeterliklerinde ilerleme kaydedildiği Wilcoxon T testi sonuçları ile ortaya konmuştur. Matematiksel modelleme ile problem çözmede eğitim fakültesi öğrencilerinin fen edebiyat fakültesi öğrencilerinden daha başarılı olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda öğretmen adaylarının bazı matematiksel modelleme basamaklarını sergilemede yetersiz oldukları gözlemlenmiştir. STEM bağlamında yapılan uygulamalı çözümlerin matematiksel modellemenin zayıf kaldığı bazı basamaklara önemli ölçüde katkı sağladığı ve matematiksel modellemenin de STEM eğitiminin sınıflarda uygulanabilmesi için önemli bir basamak olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda öğretmen adaylarının problem çözümlerinde gerekli ve uygun materyaller sağlandığında bunları kullanabilme becerilerinin yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan görüşmelerde öğretmen adayları STEM bağlamında materyallerle desteklenerek somutlaştırılan günlük hayat problemlerinin öğrenemeye ve öğrencilerin matematiği günlük hayatla ilişkilendirmelerine önemli ölçüde katkı sunacağını belirtmişlerdir.

Araştırmanın sonuçlarına göre STEM bağlamında yapılan bu tarzdaki matematiksel modelleme etkinliklerinin zaman alıcı olduğu ve mevcut müfredata uygunluğunun tartışılır olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının öğretmen olduklarında öğrencilerine grup çalışması yaptırabilme yeterliklerinin eksik olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada STEM eğitiminin eğitim sistemimize uyarlanabilmesi için matematiksel modellemenin bir araç olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak bunun için daha çok akademik çalışmaya ihtiyaç vardır. Üniversitelerde öğretmen eğitimi programlarında STEM uygulamalarını içeren ders içerikleri hazırlanmalı ve öğretmen eğitimlerinde etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Bu uygulamaların okullarda zaman kaygısı taşınmadan rahat uygulanabilmesi için uygulamalara özgü ek bir ders konulabilir. Ayrıca öğretmen adaylarının grup kontrolü için gerekli olan yeterlikleri üniversite hayatlarında kazanabilmeleri için ek çalışmalar yapılmalıdır. Son olarak STEM eğitimi ve matematiksel modellemenin birlikte kullanımına yönelik daha çok çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: STEM eğitimi, matematiksel modelleme, problem çözme, karma yöntem, tasarım tabanlı araştırma, öğretmen eğitimi.

ABSTRACT

STEM (Science, Technology, Engineering, and Maths) Education is an educational approach that is widely researched in our country and all over the world. Researches are still being done on how to integrate this yet-to-be conceptualized approach into our educational system, with the call and support of the ministry of national education and of the primary industrial companies.

This study aims to design a class demonstration regarding how to train teachers being one of the primary shareholders of the global STEM idea who are expected to use this approach in their teaching. For this, mathematical modeling, a better conceptualized theoretical model, and taken its place in our high school mathematics curriculum, has been used as a theoretical framework. This study needs to have both the qualitative and the quantitative data, so the mixed method approach has been used. The mixed method was used with the *design based* research approach because, the aim is to develop an efficient lesson design by using mathematical modelling in order to integrate STEM educational approach to teacher training.

As the study aims to have the most effective design by doing applications with different designs, three separate study groups have been studied. The first study group includes 22 students from the college of arts and sciences. The second group consists of 24 students from the same college. As for the third group, it includes 40 sophomore and junior year faculty of education students.

This research was carried out through similar processes in all three study groups. Firstly, mathematical modelling test was done in order to find out problem solving and mathematical modelling abilities of the students. Then mathematical modelling activities, designed as a part of STEM education, were also conducted. After that, a second mathematical modelling test corresponding with the first one was given in order to observe problem-solving and mathematical modelling abilities of the students. Finally, semi-structured interviews were carried out to have thoughts of the participants regarding all of these processes.

When conducting mathematical modelling activities in the context of STEM, in the first design, students have been separated into different groups and were handed out mathematical modelling problems and asked for solving them theoretically. After that, appropriate materials to solve the problem had been handed out and the students were asked to solve the problem by using these materials and verify their theoretical solutions with them, correct and report the errors if there were any. After the practical solutions, second modelling test and interviews were done. In the second design, similar processes with the first one were conducted. However, this design was the reverse of to the first design, first asking students solve the problems practically and theoretical solutions came after that.

After analyzing the data from the first and second designs separately, the data from the two designs were analyzed collectively this time. After these analyses, using the data gathered from the first two phases of the study and from the observation of the researcher, it has been decided to apply the first design to the third group. Enriching the first design (by increasing the number of events), third design was carried out by the same processes, and its effectiveness was confirmed.

According to the data collected from the research, improvement in mathematical modelling and problem-solving sufficiency of teacher candidates were shown with the results of Wilcoxon T test. It was also observed that students of the faculty of education were more successful at mathematical modelling and problem solving, compared to the students of faculty of arts and sciences. it has been observed that teacher candidates, in general, were not sufficiently competent enough to exhibit some of the steps in the mathematical modelling process. It was observed that applied solutions made in the context of STEM caused huge improvements in the areas where mathematical modelling, used alone, was not sufficient enough to produce the expected results, and mathematical modelling was emerged as an important tool that helps the use of STEM education practices in the classroom. As a result of the studies done, it has been observed that teacher candidates' ability to use the appropriate materials is sufficient. In the interviews, the teacher candidates stated that daily life problems concretized with materials in accordance with STEM education helps learning and makes a significant contribution to have the students link mathematics with the daily life.

According to the research results, it is concluded that type of mathematical modelling used in this study, made as a part of the STEM may take too much time, and its appropriateness regarding the curriculum is debatable. Also, it has been noticed that there are deficiencies in teacher candidates' ability to use classroom grouping approaches.

In this research, it has been concluded that mathematical modelling can be used as a means of adapting STEM education to our education system. However, more research is needed to develop the idea. It is necessary to prepare course content having STEM applications in teachers' training programs at universities, and this content should be used efficiently in teachers' training programs. In order to apply these applications easily without the time pressure, having a special course regarding this application can be considered. Also, there is a need for further studies in order to develop the teacher candidates' skills to manage groupwork in their university life. Finally, more studies are needed for the collaborative use of STEM education and mathematical modelling.

Keywords: STEM education, Mathematical modelling, Problem-solving, Mixed method, Design-based research, Teacher training.

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

RESİM LİSTESİ

KISALTMALAR

DBRC	Design-Based Research Collective
LYS	Lisans Yerleştirme Sınavı
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MMP	Model ve Modelleme Perspektifi
OBHE	Observatory on Borderless Higher Education
PISA	Programme for International Student Assessment
SETA	Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği

BÖLÜM I: GİRİŞ

Bu bölümde problem durumuna, araştırmanın amacına, sorularına, önemine, varsayımlarına ve sınırlılıklarına yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Çağımız teknoloji çağı olarak adlandırılmakta ve teknoloji hayatımızın her alanında, hayatımızı kolaylaştırmak gayesi ile yer almaktadır. Teknoloji, kolaylıkları ile birlikte birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. Yeni yaşam şartları yeni problemleri doğurmakta ve yeni problemler de yeni çözümleri gerektirmektedir. Matematik uzun yıllardır insanlığın çeşitli ve en ilginç problemlerine çözüm bulan ve yüzyıllardır sürekli geliştirilen bir disiplindir (The National Curriculum in England s. 37). Matematik, özü problem çözme olan ve insanların problem çözme becerisini geliştirerek hayatını kolaylaştıran bir disiplindir (Mevarech ve Kramarski, 2014). Matematik öğretiminin temel amaçlarından bir tanesi de öğrencilere problem çözme becerisi kazandırmaktır (MEB, 2017).

Problem çözme becerisi 21. yüzyıl becerileri arasında çokça anılan ve öğrencilere kazandırılması hedeflenen önemli becerilerden bir tanesidir (Association for Career and Technical Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills, 2010). 21. yüzyılın, teknoloji ile birlikte, teknolojinin doğal yapısı gereği, hayatımıza soktuğu karmaşık yapı ve çok disiplinli yapılar, günlük hayatta karşılaşılan problemlerin de basit olmayan bir yapıya bürünmesine sebep olmuştur. Bu bütünleşik ve çok yönlü problemlerin çözümü de çok yönlü düşünmeyi gerektirmektedir. Fakat mevcut müfredat, son yıllarda yapılan yoğun yatırım ve düzenlemelere rağmen, açıklanan son PISA sonuçlarına bakıldığında henüz özlenen düzeyde olmadığı görülmektedir (MEB, 2016). Okul müfredatlarının temel amacının bireyi hayata hazırlamak olduğu düşünüldüğünde, genel manada müfredatın özel manada matematik müfredatının bahsedilen zorluklara hazırlayacak şekilde adaptasyonunun göz önüne alınması ve bu adapte edilen müfredata göre öğrencilere istenilen düzeyde rehberlik edebilecek ve öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirebilecek öğretmenler yetiştirilmesi gerekliliği kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Türkiye, sürdürülebilir bir ekonomik yapıya sahip olması ve küresel rekabette söz sahibi olabilmesi için nitelikli ve problem çözme yeteneğine sahip insan gücüne ihtiyaç duymaktadır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Türkiye'nin insan kaynağının belirlenmesine yönelik yaptırdığı bir çalışmanın sonuç raporunda firmaların ihtiyaç duyacağı beceriler arasında problem çözme becerisi de gösterilmiştir (SETA, 2012). 21. yüzyılın getirdiği karmaşık problemlerin çözümü için eğitim içeriğimiz gözden geçirilmeli ve zamanın gereklerine uygun problem çözebilen öğrenciler yetiştirilmelidir.

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi bütünleşik yaklaşımı ile bu donanımlı öğrencileri yetiştirebilecek potansiyele sahip bir eğitim modeli olarak düşünülebilir. 21. yüzyılın getirdiği çok yönlü ve karmaşık problemleri çözebilen öğrenciler yetiştirmek için çok yönlü ve disiplinler arası (bütünleşik) düşünebilen öğretmenlere ihtiyaç olduğu aşikârdır. Ancak son yıllardaki yoğun çalışmalara rağmen STEM eğitim modeli tüm paydaşlar tarafından tam olarak kavramsallaştırılamamıştır (Breiner, Johnson, Harkness & Koehler, 2012; Assefa ve Rorissa, 2013). Dolayısıyla bu eğitim modelinin nasıl olacağı ve nasıl uygulanacağı problemleri araştırmacıların üzerinde çalıştığı konular arasındaki yerini korumaktadır (Breiner, Johnson, Harkness & Koehler, 2012; Roehrig, Moore, Wang & Park, 2012; Assefa ve Rorissa, 2013; Corlu, Capraro & Capraro, 2014).

Yapılan birçok araştırma öğretmenlerin kendi alanlarının diğer disiplinlerle olan ilişkisini, bu disiplinlerde nasıl kullanıldığını ve ne işe yaradığını tam kavrayamadıklarını ortaya koymaktadır (Çorlu ve Corlu, 2012, Aydın ve Delice, 2007). STEM eğitimi bu problemi çözmeye aday bir eğitim yaklaşımıdır. Ancak bu eğitim modelinin eğitim sistemimize nasıl entegre edileceği hususundaki çalışmalar halen devam etmektedir (Corlu, Capraro & Capraro, 2014).

Ortaöğretim matematik öğretim programının amaçları düşünüldüğünde problem çözebilen, modelleme yapabilen, matematiksel bilgiyi güncel hayat problemlerine uygulayabilen, disiplinler arası ilişkiler kurabilen ve matematiksel bilgiyi materyallerle destekleyebilen öğrenciler yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (MEB, 2017). Bu çalışmanın amacı, öğretim programımızın yukarıda ifade edilen amaçlarına ulaşmasına katkı sağlama potansiyeline sahip olan STEM eğitim modelinin eğitim sistemimize entegre edilebilmesine katkı sağlamak için öğretim programımızda ifadesini bulmuş olan modellemeden yararlanarak bir ders modülü[1] tasarlamaktır. Bu tasarım çalışmasında STEM eğitimini öğretmen yetiştirme programımıza entegre edebilmek için matematiksel modellemenin kullanılacağı bir ders modülü tasarlanacaktır. Bunun için ilk önce öğretmen adaylarının problem çözme becerileri test edilecektir. Bu nicel verinin ardından nitel veri olan matematiksel modelleme etkinlikleri, STEM bağlamında en verimli olabilecek şekilde ardıl uygulamalar ile tasarlanmaya çalışılacaktır. Tasarlanan bu ardıl uygulamalar sonucunda problem çözme becerileri tekrar test edilerek en uygun tasarım elde edilmeye çalışılacaktır.

1.3. Araştırma Soruları

Hem nicel hem de nitel verilerin kullanılacağı bu çalışma nitel ağırlıklı bir çalışmadır. Nitel araştırmalarda araştırma sorusunu nicel araştırmalarda olduğu gibi baştan kesin olarak sınırlandırmak zor bir süreçtir. Nitel araştırmalarda araştırma soruları, çalışmanın kavramsal çerçevesine ve yapılmak istenen çalışmanın ön bilgilerine göre şekillenir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmanın amacı bütünleşik yaklaşımla işlenen matematik dersinin öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine katkısını ve disiplinler arası ilişki kurma düzeylerini matematiksel modellemeden yararlanarak incelemektir. Bu bağlamda aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır:

1. Öğretmen adaylarının STEM – Matematiksel Modelleme birlikteliği ile işlenen ders sonrası problem çözme becerileri hangi düzeydedir?
2. Öğretmen adaylarının rutin olmayan, günlük hayat problemlerini çözebilme ve bunu yaparken matematiksel modelleme aşamalarını sergileme yeterlikleri hangi düzeydedir?

[1] İçerisinde teorik çözüm ve uygulamalı çözümün; yani materyal geliştirme veya geliştirilmiş uygun materyalin kullanımı süreçlerinin yer aldığı günlük hayat problemi içeren etkinlik örneği ve uygulaması.

3. STEM çerçevesinde yapılan uygulamalı çözümlerin matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi ne düzeydedir?
4. Öğretmen adaylarının, modelleme problemlerinin STEM bağlamında uygulamalı olarak çözülmesi ve materyal kullanımı ile ilgili görüşleri nelerdir?

1.4. Araştırmanın Önemi

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda bütünleşik öğretim yaklaşımları üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır (OBHE Raporu, 2013). Son yıllarda yapılan birçok araştırma STEM eğitiminin, ülkelerin inovasyon ihtiyacını karşılayacak elemanları yetiştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Committee on Science, Engineering, and Public Policy, 2007 akt. Breiner, Johnson, Harkness & Koehler, 2012; Erdoğan, Corlu & Capraro, 2013; Kovarik, Patterson, Cohen, Sanders, Peterson, Porter, & Chowning, 2013; Berlin ve White, 2012). Türkiye gibi gelişmekte olan ve sanayisini çağdaş normlara uygun hale getirmeye çalışan ülkelerin yetişmiş, inovasyon kabiliyeti yüksek bireylere ihtiyacı aşikârdır (TÜBİTAK, 2004). Ayrıca aynı belgede fen, teknoloji ve matematik alanlarına verilen önem Türkiye'nin de devlet olarak STEM eğitimine ilgi duyduğuna işaret etmektedir (TÜBİTAK, 2004). Nitekim Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan raporda da ülkemizin STEM eğitim yaklaşımına ihtiyacının olduğu vurgulanmakta ve tüm paydaşların bu konu üzerinde çalışma yapmaları önerilmektedir (MEB, 2016).

Bu araştırma, 21. yüzyıl becerilerine sahip öğrencileri yetiştirecek olan öğretmen adaylarının STEM eğitim yaklaşımını tanımalarını ve bu yaklaşıma uygun ders işleyebilme becerilerini artırmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda düşünüldüğünde çalışmanın, Millî Eğitim Bakanlığı'nın Türkiye STEM Eğitimi Raporu'nda da çağrıda bulunduğu gibi paydaşlardan biri olan öğretmenlerin eğitimi için önemli katkı sunacağı düşünülmektedir.

1.5. Sınırlılıklar

Araştırmadan elde edilecek bulgular;

- Katılımcıları açısından çalışmanın örneklemi ile sınırlıdır.

- Süresi açısından 2016 – 2017 eğitim-öğretim yılı birinci dönemi ile sınırlıdır.

1.6. Varsayımlar

Araştırmaya katılan tüm öğretmen adaylarının, test, etkinlik ve görüşme sorularını objektif ve samimi olarak yanıtladıkları varsayılmıştır.

BÖLÜM II: İLGİLİ ALAN YAZIN

Bu kısımda çalışmada yararlanılan ilgili literatür ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu inceleme ışığında çalışmanın teorik çerçevesi verilmiştir. Bu bağlamda önce matematik eğitiminin temeli sayılabilecek problem çözme yaklaşımlarından bahsedilecek, ardından modellemenin problem çözmeye yaklaşımı ve katkılarından bahsedilmiş ve son olarak STEM eğitiminden bahsedilmiştir.

2.1. Matematik Eğitiminde Problem Çözme

İçinde bulunduğumuz 21. yüzyıl teknoloji çağı olarak adlandırılmakta ve teknoloji hayatımızın her alanında, hayatımızı kolaylaştırmak gayesi ile yer almaktadır. Teknoloji, kolaylıkları ile birlikte birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. 21. yüzyılın, teknoloji ile birlikte, teknolojinin doğal yapısı gereği, hayatımıza soktuğu karmaşık yapı ve çok disiplinli yapılar, günlük hayatta karşılaşılan problemlerin de basit olmayan bir yapıya bürünmesine sebep olmuştur.

Yeni yaşam şartları yeni problemleri doğurmakta ve yeni problemler de yeni çözümleri gerektirmektedir. Teknolojik gelişmelerin, ulusal ve uluslararası rekabetin süratle arttığı 21. yüzyılda devletler öğrencilerini küresel dünyada rekabet edebilecek yeterliliğe sahip bir şekilde yetiştirmeyi istemektedirler. Hızla gelişen dünyada her ülke kendi öğrencilerinin daha iyi ve donanımlı olması için kendi eğitim programlarına öğrencilere kazandırmak üzere bir takım beceriler ve hedefler koymaktadırlar. (MEB, 2017; Türkiye Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2014-2018), 2014). Bu beceriler 21. yüzyıl becerileri olarak anılmaktadır. 21. yüzyıl becerileri yapılan birçok çalışmayla farklı araştırmacılar tarafından çeşitli şekillerde ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konan 21. yüzyıl becerilerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

Eleştirici düşünce ve problem çözme, işbirliği ve liderlik, düşünce esnekliği ve uyum sağlayabilme, inisiyatif ve girişimcilik, etkin sözel ve yazılı iletişim, verilere ulaşabilme ve bunları analiz etme, merak ve hayal gücü (Association for Career and Technical

Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills, 2010; Wagner, 2008), sıra dışı problemleri çözebilme, kendi kendini yönetme ve geliştirme ve sistemler çerçevesinde düşünebilme becerileri, işbirliği, yaratıcılık, inovasyon (Windschitl, 2009; Bybee, 2010a), uzamsal düşünme becerisi vb. (Ohio Department of Education, 2012).

21. yüzyıl becerileri farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ortaya konsa da hepsinin ortak özeliği problem çözebilme becerisidir. Matematik öğretiminin temel amaçlarından bir tanesi de öğrencilere problem çözme becerisi kazandırmaktır (MEB, 2017). Matematik, uzun yıllardır insanlığın çeşitli ve en ilginç problemlerine çözüm bulan ve yüzyıllardır sürekli geliştirilen bir disiplin (The National Curriculum in England s. 37) olarak ve özü problem çözme olan bir disiplin (Mevarech ve Kramarski, 2014) olarak 21. yüzyıl becerilerine katkı sağlamaktadır. Bu katkının nasıl olacağı yani öğrencilerin nasıl problem çözeceği üzerine araştırmalar yapılmış ve çeşitli problem çözme modelleri ortaya konmuştur(Polya, Schoenfeld, Mevarech ve Kramarski, Verschaffel vb.). Aşağıdaki bölümde bu modellerle ilgili bilgi sunulmuştur.

2.1.1. Polya'nın Problem Çözme Modeli

Alan yazın incelendiğinde en iyi bilinen problem çözme modeli Polya(1973)'nın ortaya koyduğu modeldir. Polya'nın problem çözme modeli dört aşamadan oluşmaktadır:

1) Problemi anlama,

2) Plan yapma,

3) Planı uygulama

4) Kontrol etme

Polya'nın problem çözme modeli uzun yıllar matematikçiler tarafından kabul görmüş ve uygulanmıştır. Polya'nın modeli, benzeri ile daha önce karşılaşılan problemlerin çözümünde oldukça etkili olmakla birlikte daha önce benzeri ile karşılaşılmamış problemlerin çözümünde yeterli ipuçlarını vermediği için eleştirilmiştir (Schoenfeld, 1987). Polya'nın modeli problem çözmede gözlenebilir aşamaları içermekte ve bu aşamalarla ilgili ipuçları vermektedir. Ancak problem çözmenin gözlemlenemeyen aşamaları düşünüldüğünde Polya'nın problem çözme modelinin yetersiz kaldığı söylenebilir.

2.1.2. Schoenfeld'in Problem Çözme Modeli

Schoenfeld (1982)'in ortaya koyduğu problem çözme modelinin aşamaları şu şekildedir:

- Analiz (Problemi basitleştirmek ve yeniden formüle etmek)
- Tasarım (Hiyerarşik bir çözüm planı tasarlamak, çözümün her aşamasını açıklamak ve bu çözümün sonucu ile bir sonraki adımda ne yapacağını bilmek)
- Keşif (Problemi bilinen problemler çerçevesinde düşünerek onlara benzetmeye çalışmak; problemin verilenlerini çeşitli varyasyonlarda düşünmek; problemin yardımcı elemanlarını tespit etmek; bakış açısını değiştirerek, zıtlıkları tartışıp bir çözüm olması gerektiğini varsayarak olması gereken özellikleri belirlemek, orijinal problemde küçük ve büyük değişiklikler yapmak)
- Uygulama (Adım adım yürütme ve her adım sonrası kontrol)
- Doğrulama (Çözümün doğrulanması)

Schoenfeld bu süreçlerin kullanımını arttırmak için problem çözücülere kendi kendilerine sormak üzere üç soru önermektedir:

- Tam olarak ne yapıyorsun? Yaptığını açıklayabilir misin?
- Bu işlemi neden yapıyorsun? Çözüme katkısı var mı?
- Bu işlem sana nasıl yardımcı olacak? Elde ettiğin sonuçla ne yapacaksın?

Bu soruların sorulmasının iki amacı vardır (Mevarech ve Kramarski, 2014): Birincisi, öğrencilerin problem çözme stratejilerini ifade etmelerini teşvik etmektir. İkincisi ise yapılan aktivitelerin etkilerini açığa çıkarmaktır.

2.1.3. Mevarech ve Kramarski'nin Problem Çözme Modeli

İlkokul ve ortaokul öğrencilerine yönelik ilk üst bilişsel öğretim yöntemlerinden biri Mevarech ve Kramarski (1997, akt. Mevarech ve Kramarski, 2014) tarafından

IMPROVE kısaltmasıyla tasarlanmıştır. Bu kısaltma öğretim yöntemini oluşturan basamakları içermektedir. Mevarech ve Kramarski bu çalışmalarında sadece rutin olmayan problemleri çözebilecek bir yöntem değil tüm müfredata uygulanabilecek, tüm matematik sınıflarında ve tüm öğrenci düzeylerine uygun olabilecek bir yöntem ortaya koymaya çalışmışlardır.

Mevarech ve Kramarski (1997, akt. Mevarech ve Kramarski, 2014) tarafından IMPROVE kısaltmasıyla ortaya konan model şu şekildedir:

- Introducing (Takdim): Bu aşama, tüm sınıfa yeni materyallerin, kavramların, problemlerin veya işlemlerin üst bilişsel süreçler yardımıyla modellenerek tanıtılmasını içermektedir.
- Metacognitive self-directed questioning (üst bilişsel öz-yinelemeli sorulama) (Aşık ve Aydın, 2015) : Bu aşamada küçük gruplar halinde veya bireysel olarak kendimizi yönlendirecek üst bilişsel sorular sormamız istenmektedir.
- Practising (Alıştırma): Üst bilişsel sorgulamayı kullanarak uygulamanın yapılması.
- Reviewing (Gözden geçirme): Üst bilişsel sorgulamayı kullanarak yeni materyallerin öğrenci ve öğretmenler tarafından gözden geçirilmesi.
- Obtaining mastery (Ustalığa ulaşma): Yüksek veya düşük bilişsel süreçlerde ustalık elde edilmesi.
- Verifying (doğrulama): Geri bildirim ve düzeltici işlemlere dayalı olarak bilişsel ve üst bilişsel becerilerin kazanıldığının doğrulanması.
- Enrichment: Zenginleştirme ve iyileştirici faaliyetler.

Mevarech ve Kramarski yukarıdaki süreçler işlerken uygulayıcıların kendi kendilerine soracakları dört soru türünden bahsetmektedir:

1. Problemi anlama soruları (Problem hakkında ne biliyoruz?)
2. Bağlantı soruları (Daha önce çözdüğün problemlere benzer yönleri var mı?)
3. Stratejik sorular (problemin çözümü için ne tür stratejiler uygundur? Neden?)
4. Derinlemesine düşünme soruları (Çözüm mantıklı mı? Bu problem başka şekillerde çözülür mü? Zorlandın mı? Neden?)

Bu sorular, uygulayıcıları problem çözme sürecinde ve sonunda üst bilişsel süreçleri etkinleştirmeleri için yönlendirmektedir. Bu sorular sadece matematiksel problem çözmede değil hayatta karşılaşılan diğer problemlerin çözümünde de kolaylık sağlayacak zihinsel bir süreç haline dönüşebilir.

2.1.4. Verschaffel'in Problem Çözme Modeli

Verschaffel (1999) de kendinden önceki araştırmacılarda olduğu gibi problem çözmede, problemi anlama, plan yapma, planı uygulama, çıktıları yorumlama ve cevabı formüle etme gibi üst bilişsel süreçleri içeren bir yöntem geliştirmiştir. Ancak Verschaffel bir takım buluşsal yöntemleri (heuristics) içeren önerilerle modelini şu şekilde tamamlamaktadır:

- Problemin zihinsel temsilini oluşturun.
    - Buluşsal Yöntemler (heuristics):
        - Problemin resmini çizin.
        - Liste, şema veya tablo yapın.
        - Amaca uygun olan ve olmayan veriyi ayırt et.
        - Kendi cümlelerinle problemi ifade et.
- Problemi nasıl çözeceğine karar ver.
    - Buluşsal Yöntemler (heuristics):
        - Bir akış şeması yap.
        - Tahmin et ve kontrol et.
        - Bir şablon bulmaya çalışın.
        - Sayıları basitleştirin.
- Gerekli hesaplamaları yapın.
- Sonucu yorumla ve bir cevap hazırla.
- Çözümü değerlendir.

Yukarıda özet olarak sunulmaya çalışılan tüm problem çözme yöntemleri sınıflarda bireysel ya da gruplarla uygulanabilir. Öğrencileri kendi problem çözme deneyimlerinde cesaretlendirmek ve fikirlerini rahatça söylemelerine olanak sağlamak için üst bilişsel süreçler ilk önce öğretmenler tarafından gösterilip yapılmalıdır. Bu cesaretlendirmeler gittikçe öğrencilerin kendilerine olan güvenlerini arttıracak ve onların kendi öğrenmelerine ve problem çözme becerilerine katkı sağlayacaktır. Bunun için öğrencileri cesaretlendirecek öğretim uygulamalarının yapılması önem arz etmektedir.

Öğrencileri cesaretlendirmek ve matematiği daha rahat ve işler bir şekilde kullanmalarını sağlamak için nasıl bir öğretim yöntemi veya yöntemleri uygulanmalıdır problemi, üzerinde durulması gereken bir problemdir. Ayrıca matematik dersi okullarda soyut ve günlük hayattan kopuk bir şekilde ezberlenmesi gereken kurallar yığını olarak işlendiği için öğrenciler, bu konuların günlük hayatta ne işe yaradığını veya yarayacağını bilememekte ve bunu sürekli sorgulamaktadırlar. Bu da onların matematiğe karşı olan tutumlarını olumsuz etkilemektedir (Deniz, 2014). Bu durumda öğrencilerin matematik ile günlük hayat arasında ilişki kurmalarını sağlayabilecek gerçek hayat problemlerine yer verilmesi önem arz etmektedir. Matematiksel modelleme çalışmaları bu konuda bize önemli katkılar sunmaktadır. Bunun için bu çalışmada öğretim programımızda kendisine yer edinmiş ve daha iyi kavramsallaştırılmış bir teorik model olan matematiksel modelleme teorik çerçeve olarak kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümde matematik eğitiminde modelleme başlığı altında model, modelleme ve matematiksel modellemeden ve bazı modelleme yaklaşımlarından bahsedilecektir.

2.2. Teorik Çerçeve: Matematik Eğitiminde Modelleme

Matematik eğitiminde problem çözme hiç şüphesiz önemli bir yere sahiptir. Problem çözebilen nesiller yetiştirmek her devletin eğitim sistemlerinde öncelikli konusudur. Neslin, problem çözebilen bir nesil olabilmesi için öğretim hayatı boyunca birtakım hayat problemleri ile karşı karşıya getirilmeli ve tecrübe kazanmaları sağlanmalıdır. Matematik eğitiminde modelleme yaklaşımı bu amaca hizmet etmek için ortaya atılmış bir eğitim yaklaşımıdır (Kertil, 2008; Deniz, 2014). Modelleme eğitimini iyi kavrayabilmemiz için ilk önce bazı kavramları tanımamız gerekmektedir. Aşağıda bu kavramlara kısaca değinilecektir.

2.2.1. Model

Matematik eğitiminde problem çözebilen nesiller yetiştirebilmek için öğrencilerin matematiksel düşünme becerileri edinmesi önem arz etmektedir. Bu beceri öğrencilerin karşılaştıkları problemleri anlamaları, yorumlayabilmeleri, anlamlandırmaları ve çözüm üretebilmeleri için gereklidir. Öğrencinin problemle karşılaştığı andan itibaren zihninde oluşturduğu veya oluşturmaya çalıştığı imajlar matematik eğitimi açısından önemlidir.

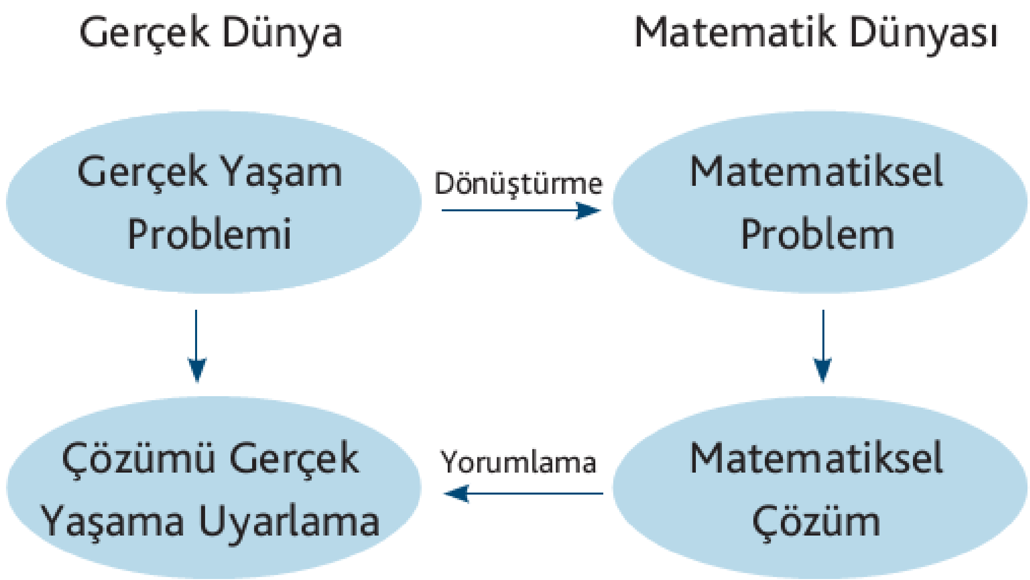
Matematiksel modelleme yaklaşımına göre öğrenci problemle karşılaştığında zihninde uyanan veya beliren imaj, şekil veya soyut temsiller “model” olarak tanımlanmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003a). Örneğin öğrenciye fonksiyon dediğinizde kâğıt üzerinde size aktardığı veya doğru parçası dediğinizde size çizdiği şekil onun zihnindeki o kavramla ilgili oluşan modeldir. Bir başka değişle model, kendisinden farklı nesne veya sistemleri tanımlayan, onlara benzeyen ve onları açıklamaya çalışan, kendine özgü özellikleri ve yapısı olan bir kavramdır (Kertil, 2008).

Modeller, günlük hayatta ve bilim dünyasında karşılaşılan birçok durumda, özellikle karşılaşılan durumun gerçeğinin elde dilmesinin güç ve maliyetli olduğu durumlarda, çokça kullanılan yapılardır (Doruk, 2010). Örneğin ağır sanayi alanlarında yapılmak istenen ürünün maliyeti ve harcanacak zaman düşünüldüğünde önce bir modeli tasarlanır ve daha sonra bu model üzerinde gerekli çalışmalar yapılarak üretime geçilir. Aynı şekilde pilotluk eğitimi düşünüldüğünde henüz eğitim aşamasındaki bir öğrenciye yüzlerce milyon hatta milyarlarca dolarlık uçakların teslim edilemeyeceği düşünüldüğünde simülasyonların (bunlar da sonuçta birer modeldir) ne kadar önemli olduğu aşikârdır. Bu ve buna benzer örnekleri hemen hemen her alanda görmek mümkündür.

2.2.2. Modelleme ve Matematiksel Modelleme

Modelleme kavramı ise kısaca model oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır (Sriraman, 2005). Bir başka ifade ile modelleme, karşılaşılan problem karşısında problemi yorumlayarak birtakım zihinsel süreçler sonucunda problem ile ilgili yeni ilişkiler ve örüntüler bularak yeni bir model oluşturma sürecidir (Kertil, 2008).

Matematiksel modelleme, karşılaşılan bir problemin matematiksel olarak ifade edilmesi ve test edilmesi süreci olarak kısaca tanımlanabilir (Doruk, 2010; Haines ve Crouch, 2007). Yani karşılaşılan durumu, matematik veya matematik dışındaki herhangi bir durumu, matematik dilini kullanarak ifade etmeye ve analiz etmeye çalışma süreci olarak tanımlayabiliriz (Kertil, 2008; Erbaş, Kertil, Çetinkaya, Çakıroğlu, Alacacı, ve Baş, 2014). Matematiksel modelleme, öğrencilerin karşılaştıkları problem karşısında ilk önce problemi uygun matematiksel terminoloji ile ifade ettiği, daha sonra bu terminoloji çerçevesinde tespit edilen değişkenlerin birbirleri ile ilişkilerinin belirlenerek uygun modelin belirlenip test edilmesini içeren bir süreç olarak ele alınabilir (MEB, 2013).



Şekil 1. Matematiksel Modellemeye Ait Döngüsel Süreç [MEB, 2013'ten Alınmıştır]

Şekil 1'deki döngüsel süreç ele alındığında matematiğin günlük hayattan soyut bir yapı olmadığı ve gerçek hayat problemlerine modelleme yardımıyla çözümler üreten bir disiplin olduğu öğrencilere fark ettirilmelidir.

2.2.3. Matematiksel Modelleme Yaklaşımları

Günümüzde gittikçe gelişen ve bu gelişmeyle birlikte karmaşıklaşan teknoloji ve bunun beraberinde getirdiği problemler bizim okullarda öğrencilere öğrettiğimiz ve çözmelerini istediğimiz problemlerden çok daha fazlasıdır. Dolayısıyla bu problemlerin anlamlandırılabilmesi ve çözülebilmesi için üst düzey problem çözme yeteneklerinin öğrencilerde geliştirilmesi gerekmektedir. Matematiksel modelleme, son yıllarda bu üst düzey problem çözebilme yeteneklerinin kazandırılması için matematik eğitiminde üzerinde durulan eğitim yaklaşımlarından bir tanesidir (Doorman ve Gravemeijer, 2009; Lingefjärd, 2006; MEB, 2013).

Matematik eğitimi literatürüne bakıldığında matematiksel modelleme ile ilgili tek bir yaklaşımdan söz etmek mümkün değildir (Kaiser ve Sriraman, 2006; Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013). Kaiser ve Sriraman (2006) yaptıkları çalışmada matematiksel modelleme yaklaşımlarını Tablo 1.'de görüldüğü gibi altı başlık altında toplamışlardır.

Tablo 1.
Matematiksel Modelleme Yaklaşımları [Kaiser ve Sriraman'den (2006) Uyarlanmıştır]

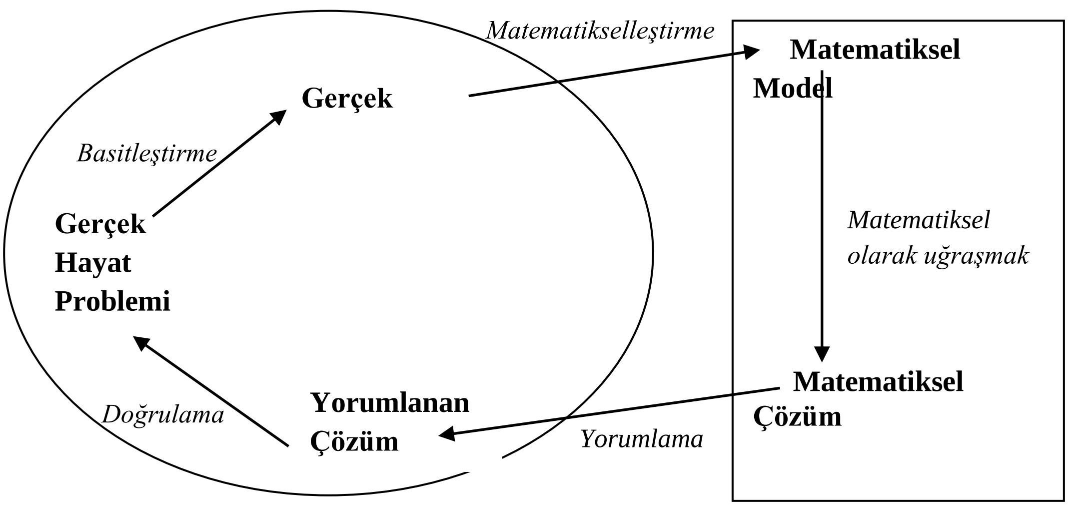
Modelleme Yaklaşımları	Temel Yaklaşımları
Gerçekçi veya uygulamalı modelleme	Gerçek dünya problemlerini anlamak, çözmek ve modelleme becerilerini geliştirmek.
Bağlamsal modelleme	Öğrencilerin matematik ve matematik öğretimine yönelik motivasyon ve tutumlarının arttırılmasına ve geliştirilmesine yönelik yapaylıktan uzak gerçek yaşam durumları verilerek bir bağlam çerçevesinde matematiksel kavramların öğretilmesi.
Eğitimsel Modelleme	Öğrenme süreçlerinin tanıtılıp yapılandırılarak kavramların oluşturulması ve geliştirilmesi
Sosyo-kritik Modelleme	Yaşanılan çevreyi ve kültürü eleştirebilecek ve katkı sağlayabilecek bir bakış açısı geliştirilmesi
Epistemolojik veya Teorik Modelleme	Matematiksel kavramlar arasındaki ilişkilerin fark ettirilerek teorinin geliştirilmesinin hedeflenmesi.
Bilişsel Modelleme	Modelleme süreçlerinde yer alan bilişsel süreçlerin analizi ve bu bilişsel süreçlerin anlaşılması ve matematiksel düşünme süreçlerinin teşvik edilmesi

Tablo 1'deki sınıflandırma, araştırmacıların da ifade ettiği gibi sistematik bir analizden ziyade kendi görüşlerini içermektedir. Bu modelleme yaklaşımlarını keskin sınırlarla birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Araştırmacıların da ifade ettiği gibi bu alanda daha derinlemesine araştırmaların yapılması gerekmektedir. Alan yazın incelendiğinde matematiksel modelleme ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve çeşitli modelleme yaklaşımları ortaya konmuştur (Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013; Erbaş vd., 2014).

Alan yazındaki matematiksel modelleme yaklaşımları incelendiğinde bu yaklaşımların hepsi matematiksel modellemenin döngüsel bir süreç olduğu konusunda hemfikirdir (Zbiek ve Conner, 2006). Ancak bu sürecin açıklanması ve yorumlanmasında araştırmacıların yoğunlaştıkları odak noktaları farklılık göstermektedir. Bu odak noktalarına göre de birbirinden farklı matematiksel modelleme yaklaşımları ortaya çıkmaktadır.

Maaß'a (2006) göre modelleme süreci şu beş aşamadan oluşmaktadır:

i. Gerçek yaşam problemi
ii. Gerçek model (öğrencinin zihninde oluşan model)
iii. Matematiksel model
iv. Matematiksel çözüm
v. Yorumlanan çözüm



Şekil 2. Matematiksel Modelleme Süreci [Maaß'dan (2006) Uyarlanmıştır]

Şekil 2.’deki modelleme sürecine göre öğrenci karşılaştığı gerçek yaşam problemini kendine göre basitleştirerek zihninde bir model tasarlamaktadır. Daha sonra bu zihnindeki modeli matematik diline aktararak matematiksel bir modele dönüştürmeye çalışmaktadır. Bulduğu matematiksel model ile problemi çözmeye uğraşarak matematiksel bir çözüme ulaşmaya çalışmaktadır. Ulaştığı matematiksel modeli yorumlayarak bulduğu bu çözümü doğrulama yoluna gitmektedir. Bu şekilde yaptığı matematiksel modellemenin gerçek yaşam durumuna bir çözüm getirip getiremediğini ve benzer durumlar için de geçerli olup olamayacağını tartışmaktadır.

Maaß (2006) aynı çalışmasında öğrencilerin modelleme sürecini başarılı bir şekilde yürütebilmeleri için gerekli beceriler ile ilgili de açıklamalar yapmıştır. Kertil ve arkadaşları (2016), Maaß’ın (2006) çalışmasındaki yeterlikleri Tablo 2’deki gibi düzenlemişlerdir.

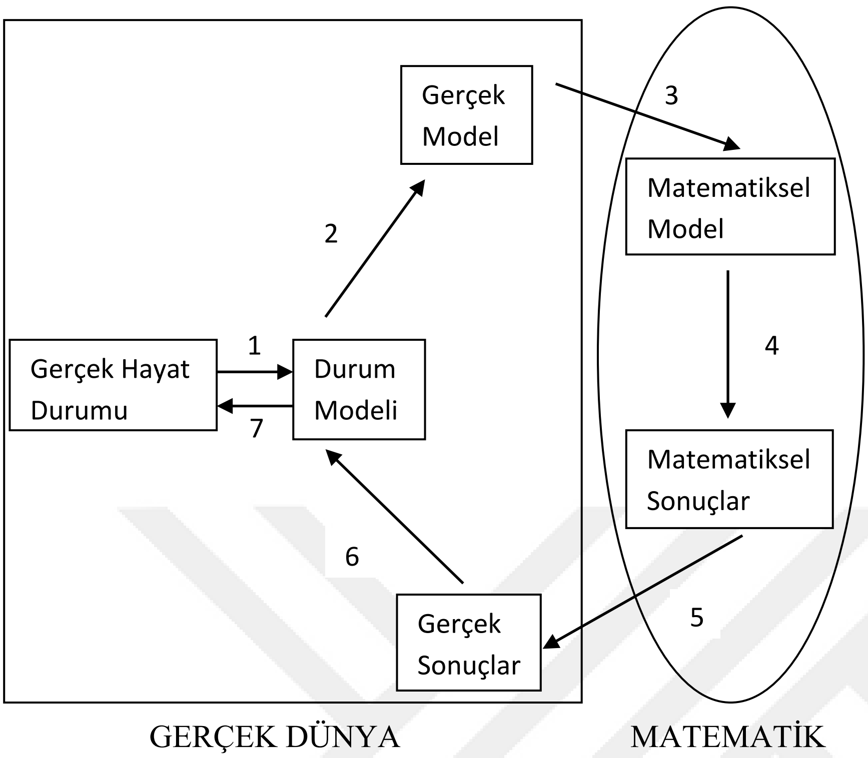
Tablo 2.
Matematiksel Modelleme Yeterlikleri [Maaß’dan (2006, ss. 116-117, 137 ve 139) Uyarlayan Kertil (2008)]

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri ve Alt-yeterlikleri
1. Herhangi bir modelleme sürecini bütün aşamalarıyla başarılı bir şekilde tamamlamak için gerekli yeterlikler. Gerçek hayat problem durumunu anlama ve gerçek duruma bağlı bir model kurma yeterlikleri • Problem durumu için varsayımlarda bulunma ve durumu sadeleştirme • Problem durumunu etkileyen nicelikleri belirleme ve onları isimlendirme. Değişkenleri belirleme • Problem durumundaki kullanılabilir bilgiyi seçebilme, gerekli ve gereksiz bilgiyi ayırma Gerçek modeli kullanarak matematiksel bir model kurma yeterlikleri • İlgili nicelikler ve aralarındaki ilişkiyi matematik ile ifade etme • Uygun matematiksel notasyonlar seçme ve durumu grafiksel olarak gösterebilme Matematiksel soruları kurulan matematiksel model içerisinde çözme yeterlikleri • Uygun problem çözme stratejilerini kullanma • Problemi çözmek için gerekli matematiksel bilgiyi kullanma Elde edilen matematiksel sonuçları gerçek hayat durumu üzerinde yorumlama yeterlikleri • Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlarda yorumlama • Özel bir durum için geliştirilen çözümleri genelleme • Elde edilen sonuçları uygun matematiksel bir dil kullanarak başkalarına aktarabilme Elde edilen sonucu doğrulama yeterlikleri • Elde edilen sonucu eleştirel bir bakışla kontrol etme • Gerekli olduğu takdirde modelleme sürecini tekrar etme • Farklı çözüm yollarını inceleme ve çözümün nasıl geliştirilebileceği üzerine düşünme • Elde edilen modeli genel olarak sorgulama
2. Üstbilişsel modelleme yeterlikleri
3. Gerçek hayat problemleri oluşturabilme ve bu problemlere çözüm üretme hedefine yönelik çalışabilme yeterlikleri

Matematiksel Modelleme Yeterlikleri ve Alt-yeterlikleri	
4.	Modelleme sürecinin her bir aşaması ile ilgili deliller sunarak savunabilme ve bunu yazılı olarak ifade edebilme yeterlikleri
5.	Matematiğe ve modelleme sorularına karşı olumlu tutum ve inançlara sahip olma. Bu kapsamda, matematiğin gerçek hayat durumlarının çözümü için sunduğu olanakları fark edebilme ve bu olanakları pozitif olarak değerlendirebilme yeterlikleri

Tablo 2 incelendiğinde 1. maddenin, Maaß'ın (2006) modelleme sürecindeki (Bkz. Şekil 2) her bir aşama için gerekli becerileri ifade ettiği görülmektedir. Maaß'a (2006) göre modelleme süreci için gerekli yeterlikler madde 1'dekilerle sınırlı değildir ve modelleme sürecinin daha verimli olabilmesi için başka yeterliklere de ihtiyaç vardır. 2. maddede üstbilişsel yeterliklerin gerekliliğinden bahsedilmektedir. Öğrenciler tüm modelleme süreci boyunca gerekli üstbilişsel yeterlikleri sergileyebilmeli ve kendi modelleme süreçlerinde ne yaptıklarını bilerek ilerlemelidirler. 3. maddede ise öğrencilerden günlük hayatta karşılaşabilecekleri problemlere yönelik çözümler üretebilmeleri ve bu çözüm uğraşları esnasında problemin odağından sapmadan bunu başarabilmeleri beklenmektedir. Yani hedefe sadık kalınması istenmektedir. 4. maddede ise öğrencilerden yaptıkları çözümleri savunabilmeleri ve çözümlerini açık ve anlaşılır bir biçimde yazıya dökerek kendi çözümlerini ifade edebilmeleri istenmektedir. 5. maddede ise öğrencilerden matematiğe ve matematiğin günlük hayattaki yerine karşı olumlu tutum içinde olmaları, matematiğin günlük hayatın içinde var olduğunu fark ederek matematiğe değer vermeleri istenmektedir. Maaß'ın (2006) modelleme süreci için öngördüğü yeterliklere bakıldığında, bu yeterliklerin öğrencilerin modelleme becerileri ile birlikte duyuşsal, bilişsel ve sosyal becerilerini de içerdiği görülmektedir (Kertil, Çetinkaya, Erbaş ve Çakıroğlu, 2016).

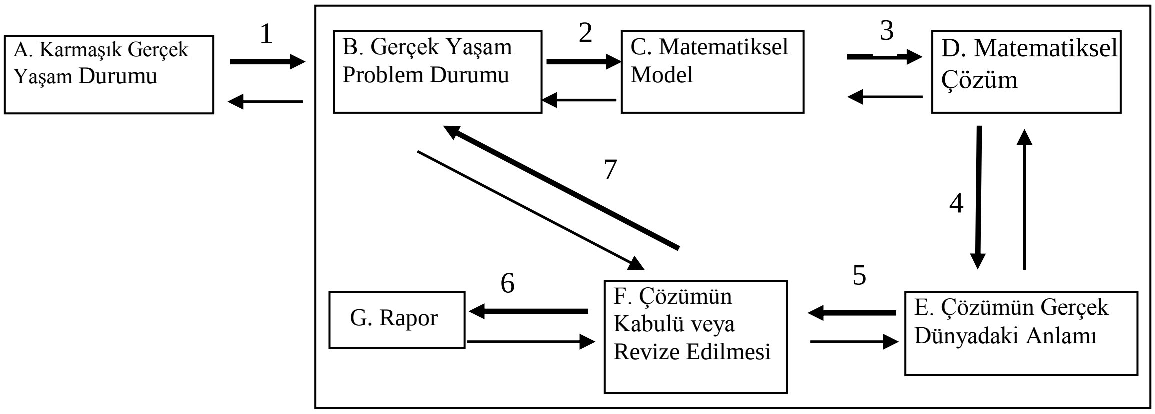
Borromeo Ferri'nin (2006) matematiksel modellemeyi açıklamaya çalıştığı çalışmasındaki süreçler de Maaß'ın (2006) çalışması ile benzerlik göstermektedir. Ancak Borromeo Ferri (2006) çalışmasında "Gerçek Hayat Durumu" ile "Gerçek Model" aşamaları arasına "Durum Modeli" olarak isimlendirdiği bir ara basamak eklemiş ve aşamalar arası geçişlerdeki sürece daha fazla açıklama getirmeye çalışmıştır (Bkz. Şekil 3).



1. Problem durumunu anlama
2. Problem durumunu basitleştirerek yapılandırma. Bu geçiş sürecinde ekstra matematiksel bilgiye ihtiyaç duyulabilir.
3. Matematikselleştirme. Bu geçiş sürecinde matematiksel bilgiye çok daha fazla ihtiyaç vardır.
4. Matematiksel çalışma. Bu geçiş sürecinde bireysel matematik becerileri kullanılır.
5. Elde edilen sonuçları yorumlama
6. Elde edilen sonuçları doğrulama
7. Elde edilen sonuçların sunumu.

Şekil 3. Matematiksel Modelleme Süreci [Borromeo Ferri'den (2006) Uyarlanmıştır]

Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007), daha önce Galbraith ve Stillman (2006) tarafından ortaya atılan modelleme sürecini güncelleştirerek Şekil 4'teki modelleme sürecini ortaya koymuşlardır.



1. Bağlamı anlama, yapılandırma, basitleştirme, yorumlama.
2. Varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme.
3. Matematiksel çalışma.
4. Matematiksel çıktıyı yorumlama.
5. Karşılaştırma, eleştirme, doğrulama.
6. Anlatmak, savunmak (eğer model tatmin edici kabul edilirse).
7. Modelleme sürecini gözden geçirmek (eğer model tatmin edici değilse).

Şekil 4. Modelleme Süreci (Stillman, Galbraith, Brown ve Edward, 2007)

Şekil 4'teki modelleme sürecinde araştırmacılar, sürecin olması gereken akış yönünü koyu ok işaretleri ile ifade etmekle birlikte her bir basamakta geri dönüşün de mümkün olabileceğini göstermek adına ters istikamette ince oklar da kullanmışlardır. Galbraith ve Stillman (2006) yaptıkları teorik çerçeve çalışmasında modelleme süreciyle birlikte bu süreçteki basamaklar arası geçişlerde öğrencilerin karşılaştıkları bilişsel zorlukları da belirlemeye çalışmışlardır (Bkz. Tablo 3).

Tablo 3.
Basamaklar Arası Geçişlerde Öğrenci Zorluklarını Belirlemeye Yönelik Bir Çerçeve [Galbraith ve Stillman'dan (2006) Uyarlanmıştır]

1.	**Karmaşık Gerçek Yaşam Durumu ⟶ Gerçek Yaşam Problem Durumu**
i.	Sorunun bağlamını açıklığa kavuşturma.
ii.	Problemi basitleştirmek.
iii.	Stratejik noktaların belirlenmesi.
iv.	Stratejik noktaların doğru unsurlarının belirlenmesi
2.	**Gerçek Yaşam Problem Durumu ⟶ Matematiksel Model**
i.	Cebirsel modele dâhil edilmek üzere bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tanımlanması.
ii.	Bağımsız değişken açık bir şekilde tanımlanmalıdır.
iii.	Elemanları matematiksel olarak temsil ederek formüller uygulanabilir.
iv.	İlgili varsayımların yapılması.
v.	Hesaplamayı etkinleştirmek için teknolojinin / matematiksel tabloların seçimi.
vi.	Çoklu durumu formüle edebilecek uygulama için uygun teknoloji seçimi.
vii.	Modelin grafik gösterimini ortaya koymak için teknoloji seçimi.
viii.	Cebirsel denklemi doğrulamak için uygun teknolojiyi kullanmayı seçme.
ix.	Bir grafiği algılamak için fonksiyon çizen teknolojiler kullanılabilir fakat cebirsel denklemi doğrulamak için veri işaretleyicileri (data plotters) kullanılamaz.

3. Matematiksel Model ⟶ Matematiksel Çözüm

i. Uygun formülü uygulama.
ii. Daha karmaşık fonksiyonlar üretmek için sembolik formüllere cebirsel basitleştirme süreçleri uygulama.
iii. Hesaplama yapmak için teknoloji / matematiksel tablolar kullanma.
iv. Çoklu durumu formüle edebilecek uygulama için uygun teknolojiyi kullanma.
v. Grafik gösterimleri üretmek için teknoloji kullanma.
vi. Notasyonel sözdiziminin kurallarını (matematiksel veya teknolojik olsun doğru) kullanma.
vii. Cebirsel modelin teknoloji kullanılarak doğrulanması.
viii. Çözümlerin yorumlanabilmesini sağlamak için ek sonuçlar elde etme.

4. Matematiksel Çözüm ⟶ Çözümün Gerçek Dünyadaki Anlamı

i. Matematiksel sonuçların gerçek dünya karşılıklarıyla tanımlanması.
ii. Gerçek dünya durumuna göre ara ve son matematiksel sonuçların bağlamsallaştırılması (rutinden karmaşık duruma geçiş).
iii. Yorumlamaları haklı çıkaracak argümanları bütünleştirme.
iv. Yeni bir yorumlamayı destekleyen sonuçları üretmek için önceki kısıtlamaların gevşetilmesi.
v. Yorumlayıcı bir soru sormadan önce matematiğin dahil edilmesinin gerekliliğinin farkında olunması.

5. Çözümün Gerçek Dünyadaki Anlamı ⟶ Çözümün Kabulü veya Revize Edilmesi

i. Beklenmedik geçici sonuçların gerçek durumla uzlaştırılması.
ii. Matematiksel sonuçların gerçek dünya etkilerini düşünmek.
iii. Sorunun matematiksel ve gerçek dünya boyutlarının uzlaştırılması.
iv. Geçerli bir çözüm için kabul edilebilir kısıtlamaların gevşetilmesi için bir sınırın olduğunun farkına varma.
v. Küresel olarak model çıktılarının yeterliliğini dikkate alma.

Alan yazın incelendiğinde yukarıda kısaca değinilmeye çalışılan modelleme yaklaşımlarının yanı sıra birçok modelleme yaklaşımının var olduğu görülecektir (Bkz. Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2013). Erbaş ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada alan yazını inceleyerek matematiksel modelleme yaklaşımlarının genel olarak iki başlık altında kategorize edildiğini ifade etmişlerdir. Bunlardan birincisi matematik eğitiminin amacı olarak modelleme; ikincisi ise matematik eğitiminde araç olarak modelleme. Bir diğer ifade ile modellemeyi öğrenme ve modelleme ile öğrenme (Kertil vd., 2016).

Matematiksel modellemenin öğrenimine odaklanan teorik yaklaşımlara göre öğrencilere karşılaştıkları durumu iyi analiz edip gerekli bilgileri gerekli disiplinlerden elde ederek bir çözüme ulaşabilecekleri yeterlikler ve beceriler kazandırılırsa öğrenciler günlük hayatta karşılaştıkları problemlerin de üstesinden gelebileceklerdir. Bu yüzden okullarda matematik eğitiminde modelleme süreci ve süreçte gerekli olan beceri ve yeterliklerin öğrencilere kazandırılması gerekmektedir. Matematiksel modellemenin öğrenimine odaklanan teorik yaklaşımlarda modelleme süreci detaylı olarak incelenmeye çalışılmıştır. Bu yaklaşımlarda modelleme için gerekli beceri ve yeterlikler (Bkz. Tablo 2), modelleme sürecinde öğrenci zorlukları (Bkz. Tablo 3) ve modelleme sürecinin nasıl değerlendirileceği ile ilgili detaylı çalışmalar ve açıklamalar yapılmıştır (Kaiser ve Sriraman, 2006; Borromeo Ferri, 2006). Bu modelleme yaklaşımlarında öğrencilerin matematiği günlük hayat bağlamında kullanabilme becerilerinin geliştirilmesi önemli görülmektedir. Matematiksel modellemenin öğrenimine odaklanan modelleme yaklaşımlarında matematiksel modelleme, sadece matematik öğretimi için değil diğer disiplinler ile ilişkilendirmek için de önemli görülmektedir. Bu yüzden modelleme süreci becerilerinin iyi belirlenip geliştirilmesi gerekmektedir (Kertil vd., 2016). Bu yaklaşımda matematiksel kavramlar ve bilgiler öğrencilere verildikten sonra gerçek yaşam durumları ile bu bilgiler matematiksel modelleme yoluyla desteklenmektedir. Böylece matematikten gerçek hayata doğru bir süreç işletilmektedir (Erbaş vd., 2014).

Matematiksel modellemeyi matematiği öğretmek için bir araç olarak gören yaklaşımlarda ise matematiksel bilgiler ve modeller öğrencilere hazır verilmez; öğrencilerin kendi matematiksel bilgi ve modellerini oluşturup geliştirecekleri bir süreç ön planda tutulmaktadır. Bunun için önemli matematiksel kavramlar tarihsel gelişim süreci bağlamında uygun problemler ve günlük hayat durumları aracılığı ile öğrencilere kazandırılmalıdır (Lesh ve Doerr, 2003a). Matematiksel modellemeyi matematiği öğretmek için bir araç olarak gören yaklaşımlarda Lesh ve Doerr'in (2003a ve 2003b) öne sürdüğü "Model ve Modelleme Perspektifi (MMP)" önemli bir yere sahiptir. MMP öğrenmeyi de açıklayan bir teorik çerçeve olarak karşımıza çıkmaktadır.

MMP'ye göre kişiler karşılaştıkları durumları var olan zihinsel modelleri ile algılarlar. Böylece karşılaştıkları durumları zihinsel modelleri yardımıyla organize eder, düzenler ve gerektiğinde de mevcut modellerini geliştirirler. Böylece yapılandırmacılıktaki bireyin zihinsel gelişim süreci MMP'de model geliştirme süreci olarak karşımıza çıkmaktadır (Lesh ve Lehrer, 2003). MMP'ye göre modelleme sürecinde grup çalışmaları yapılması da önem arz etmekte ve sosyal öğrenmeyi sağlamaktadır (Lesh ve Doerr, 2003b; Lesh ve Lehrer, 2003). Geleneksel problem çözme etkinliklerinde istenen sonuç ve yapılacak işlemler bellidir. Dolayısıyla grup çalışması yapma ve görüşleri paylaşıp karşılaştırarak en iyi çözüme veya modele ulaşma gereği yoktur (Zawojewski, Lesh and English, 2003).

MMP'ye göre matematik eğitiminin amacı öğrencilerin karşılaştıkları problemler karşısında kendi çözüm modellerini geliştirmelerine yardımcı olmaktır. Bunun için temel matematiksel fikir ve kavramlar öğrencilere kazandırılmalıdır. Bu fikir ve kavramlar da uygun modelleme etkinlikleri tasarlanarak öğrencilere keşfettirilmelidir (Lesh ve Doerr, 2003b). Böylece anlamlı öğrenme gerçekleştirilmiş olacaktır.

Matematiksel modellemeyi matematiği öğretmek için bir araç olarak gören yaklaşımlardan bir diğeri de Gerçekçi Matematik Eğitimi'nin sunduğu "Ortaya Çıkan Modelleme Yaklaşımı"dır (Freudental, 1991). Bu yaklaşımda öğrencilere matematiksel fikirler hazır verilmez. Bu yaklaşımda, matematiğin tarihsel bağlamı da düşünüldüğünde, öğrencilere öğretilmek istenen kavramlar iyi planlanmış, öğrencilere o kavramları ihtiyaç olarak hissettirecek ve sezgisel olarak keşfetmelerine zemin hazırlayacak modelleme etkinliklerinin tasarlanması ön plandadır. Böylece öğrenciler keşfetmenin ve başarabilmenin vermiş olduğu duygularla matematiğe karşı olumlu tutum içine gireceklerdir. Bu da öğrencilerin matematiğe karşı olan duyuşsal yeterliklerini olumlu yönde etkileyecektir. Matematiksel kavramlar düşünüldüğünde bunların tamamının öğrenciler tarafından keşfedilmesi düşünülemeyeceğinden keşfettirme sürecinde öğretmenin rehberlik etmesi de önemli bir yer tutmaktadır (Doorman ve Gravemeijer, 2009).

Modellemeyi matematiği öğretmek için bir araç olarak gören yaklaşımlarda öğrenciler karşılaştıkları problemlerden hareketle ihtiyaç duydukları matematiksel modelleri geliştirme ve matematiksel ilişkileri keşfetme yoluna gittikleri için bu yaklaşımlarda gerçek hayattan matematiğe doğru bir süreç işletilmektedir (Erbaş vd., 2014).

Yukarıda özet olarak sunulmaya çalışılan matematiksel modelleme ve modelleme yaklaşımlarına bakıldığında matematik öğretim programının amaçlarından olan öğrencilerin matematik ile günlük hayat arasındaki ilişkiyi kurabilmelerine ve problem çözme becerilerine katkısı tartışılmazdır. Matematiksel modelleme yaklaşımlarının, matematiksel bilgiyi yapılandırırken çoklu temsiller kullanıp uygun materyaller geliştirerek öğrencilerin psikomotor becerilerinde gelişim sağlama amacına (MEB, 2016) katkı sunmada yetersiz kaldığı söylenebilir. Modelleme yaklaşımlarında disiplinler arası ilişkilendirmeler de yeterli ölçüde yapılamamakta çözümler yine matematiğin soyut döngüsü içinde kalmaktadır. Ayrıca modelleme sürecinin son basamağı olan modeli doğrulama (Stillman, Galbraith, Brown ve Edward, 2007; Borromeo Ferri, 2006; Maaß, 2006) ve benzer başka durumlara uygunluğunu gösterme süreçleri de soyut kalmaktadır. Örneğin “Dönme Dolap” sorusunda (Bkz. s. 52) yerden yüksekliği bulmak için öğrencilerin ulaştığı $H(\alpha)=4+70-70.\cos(\alpha)$ modelinde öğrencilerden modeli doğrulamaları istendiğinde bunu “cos(α)”nın bilinen değerleri üzerinden yapabilmektedirler. Fakat herhangi bir “cos(α)” değeri için doğrulama yapamamaktadırlar. Dolayısıyla bu doğrulama yine soyut, ezbere dayalı ve işlemsel kalmaktadır. Matematiksel modellemenin bu ve buna benzer sınırlılıkları düşünüldüğünde bunları aşabilmek için yeni çalışmalara ve yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçlar göz önüne alındığında son yıllarda yeni bir paradigma olarak ortaya çıkan STEM eğitimi yaklaşımı bu problemlere çözüm üretmeye aday bir yaklaşım olarak görülmektedir. Aşağıdaki bölümde STEM eğitimi yaklaşımı tanıtılmaya çalışılacaktır.

2.3. STEM Eğitimi Yaklaşımı

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi yeni bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır (Breiner, Johnson, Harkness & Koehler, 2012). Bu paradigma fen ve matematik eğitimine yoğunlaşsa da teknoloji ve mühendislik boyutunu da içine almaktadır (Bybee, 2010b). Fen konularının mühendislik tasarım mantığıyla verilmesi için bir program hazırlanmış ve bu program LEGO oyun maketleri ile zenginleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda klasik fen eğitimi ile mühendislik tasarımı ile zenginleştirilmiş program karşılaştırıldığında mühendislik içerikli programa dâhil olan öğrencilerin fen konularını daha iyi öğrendikleri ortaya konmuştur (Wendell, Connolly, Wright, Jarvin, Rogers, Barnett & Marulcu, 2010). Her ne kadar STEM eğitimi ile ilgili bir kavramsallaştırmaya ulaşılamamışsa da genel anlamda eğitim perspektifinden bakıldığında STEM eğitimi fikri, gerçek dünya problemlerini çözmede çeşitli disiplinleri anlamlı şekilde bütünleştirmiş bir yaklaşım olarak tarif edilebilmektedir (Breiner vd., 2012).

STEM eğitim yaklaşımı bireylere, problemlerle karşılaştıklarında disiplinler arası bir yaklaşımla probleme bakabilmeyi öğretmektedir. Örneğin bir mühendis, mühendislik tasarımlarına ve uygulamalarına içerik sağlamak ve bu uygulamaları desteklemek için iyi geliştirilmiş çeşitli bilim disiplinlerine, matematik ve teknoloji anlayışına ihtiyacı vardır (Breiner vd., 2012). Aynı şekilde bir kimyacı, fizikçi, matematikçi ya da diğer branşlardan insanlar işlerini yapmak içim diğer disiplinlere ihtiyaç hissedebilmektedir. Dolayısıyla STEM eğitim yaklaşımının bütünleşik ve disiplinler arası yaklaşımı aslında gerçek yaşamda yerini bulmuş vaziyettedir. STEM eğitimi STEM'in kendine özgü bireysel özelliklerini dikkate alır ve birden fazla STEM disiplinin kesiştiği bilgi setleri, beceri ve inançları içererek nitelikli işgücünü genişletmeyi ve bilimsel okuryazarlığı arttırmayı hedeflemektedir (Erdoğan vd., 2013). STEM eğitimi öğrencilerin kendilerini yenileyip kapasitelerini arttırabilecekleri sayısız disiplinler arası ortaklıklar sunmaktadır.

Yeterince temsil edilmeyen öğrenci grupları için STEM ile birlikte daha kontrollü eğitim ortamlarının yararlı olduğu ortaya konmuştur. (Erdoğan ve vd. 2013; Breiner vd. 2012). STEM eğitimi ile uygun etkinlikler ve programlar planlandığında bunların öğrencilerin matematik ve fen okuryazarlıklarına katkı sağladığı ortaya konmuştur (Erdoğan vd. 2013). Öğrencilerin öğrenmeye ilgi gösteren, tartışmalara aktif katılan, bilim sınıflarında daha fazla vakit geçiren, beklenenin ötesinde sorular sorabilen öğrenci olma sorumlulukları STEM uğraşları ile ortaya konmuştur (Kovarik, vd., 2013).

STEM eğitim yaklaşımı ile birlikte okullarda bütünleşik eğitim modelini uygulamanın birçok yararlarından bahsedilmiştir. Örneğin; gerçek dünya problemleri ile ilişki kurabilme yeteneğini geliştirir, düşünme yollarını geliştirir, problem çözmeyi ve akıl yürütmeyi geliştirir, matematiksel kavramlar için fen ve teknolojiyi kullanabilme kabiliyetlerini geliştirmektedir (Berlin ve White, 2012). Ayrıca disiplinler arası bağlantılar ile anlama daha iyi gerçekleşmektedir (Berlin ve White, 2012). Bütünleşik eğitim yaklaşımları geleceğin öğretmenlerinin pedagojik bilgilerini masaya yatırıp daha verimli işbirlikli gruplar oluşturmaları yönünde öğretmenleri teşvik etmektedir(Berlin ve White, 2012).

STEM eğitim yaklaşımı öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini kazandırmayı kendisine hedef edinmiştir (Breiner vd., 2012). Teknolojik gelişmelerin, ulusal ve uluslararası rekabetin süratle arttığı 21. yüzyılda devletler öğrencilerini küresel dünyada rekabet edebilecek yeterliliğe sahip bir şekilde yetiştirmeyi istemektedirler. Hızla gelişen dünyada her ülke kendi öğrencilerinin daha iyi ve donanımlı olması için kendi eğitim programlarına öğrencilere kazandırmak üzere bir takım beceriler ve hedefler koymaktadırlar. (MEB, 2017; MEB, 2014). 21. yüzyıl becerileri yapılan birçok çalışmayla farklı araştırmacılar tarafından çeşitli şekillerde ortaya konmuştur. 21. yüzyıl becerileri STEM okuryazarlığı çerçevesinde tanımlanmakta ve günümüzde rekabetin gittikçe artmasıyla birlikte sosyal, kültürel, ekonomik ve kişisel sorunlar ile ilişkilendirilmektedir (Breiner vd., 2012). Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konan 21. yüzyıl becerilerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

Eleştirici düşünce ve problem çözme, işbirliği ve liderlik, düşünce esnekliği ve uyum sağlayabilme, inisiyatif ve girişimcilik, etkin sözel ve yazılı iletişim, verilere ulaşabilme ve bunları analiz etme, merak ve hayal gücü (Association for Career and Technical Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills, 2010; Wagner, 2008), sıra dışı problemleri çözebilme, kendi kendini yönetme ve geliştirme ve sistemler çerçevesinde düşünebilme becerileri, işbirliği, yaratıcılık, inovasyon (Windschitl, 2009; Bybee, 2010a), uzamsal düşünme becerisi vb. (Ohio Department of Education, 2012).

21. yüzyıl becerilerini kazandırma ile ilgili son yıllarda ülkemizde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Korkut, 2002; Altıntaş, Özdemir ve Kerpiç, 2013; Göksün ve Kurt, 2017). Bu becerileri kazandırabilecek önemli eğitim yaklaşımlarından biri de STEM eğitimi yaklaşımı olarak düşünülebilir. İstanbul Aydın Üniversitesi (Akgündüz, Aydeniz, Çakmakçı, Çavaş, Çorlu, Öner ve Özdemir, 2015), MEB (2016) ve TÜSİAD (2017) gibi STEM'in paydaşlarını oluşturan önemli kuruluşların yayınladığı raporlar ülkemizde de STEM eğitimine olan ihtiyacı gözler önüne sermektedir. STEM eğitiminin en önemli paydaşlarından biri de bu eğitimi okullarında uygulaması beklenen öğretmenlerdir. Öğretmenlerin, ülkemizde henüz yeni olan bu eğitim yaklaşımına karşı tutumlarını belirlemeye yönelik çeşitli ölçek çalışmaları da yapılmıştır (Buyruk ve Korkmaz, 2016; Hacıömeroğlu ve Bulut, 2016; Yılmaz, Yiğit Koyunkaya, Güler ve Güzey, 2017; Derin, Aydın ve Kırkıç, 2017). Ayrıca yapılan bazı araştırmalar öğretmenlerimizin STEM eğitiminin temeli olan disiplinler arası ilişkilendirmeyi yapamadıklarını, bu konuda yetersiz olduklarını ortaya koymuştur (Çorlu ve Corlu, 2012, Aydın ve Delice, 2007; Çorlu & Aydin, 2016).

STEM eğitiminin nasıl uygulanabileceği ile ilgili literatürde "içerik (content)" entegrasyonu ve "bağlam (context)" entegrasyonu şeklinde iki farklı yaklaşım ön plana çıkmaktadır (Roehrig, Moore, Wang & Park, 2012). İçerik entegrasyonunda ilgili alanlar tek bir alan şeklinde organize edilip bütüncül bir şekilde müfredat hazırlanmasını öngörürken bağlam entegrasyonunda ise bir disiplin merkeze alınır ve bu disiplinin daha iyi öğretilebilmesi için diğer disiplinlerden faydalanılır. Ülkemizin eğitim sistemi, müfredatları ve ülkemizde STEM eğitiminin henüz çok yeni olduğu düşünüldüğünde bağlam entegrasyonunun çalışmaya daha uygun olacağı düşünülmüş ve çalışma bağlam entegrasyonu çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM III: YÖNTEM

Araştırmacılar araştırma sorularına geçerli ve güvenilir cevaplar bulabilmek için yöntemi iyi belirlemelidirler. Yöntem araştırmacının paradigmasına ve araştırma sorularına göre şekillenmektedir. Alan yazına bakıldığında sosyal bilim araştırmalarında felsefi temelleri bakımından araştırmalar nicel ve nitel olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır.

Nicel araştırmalar pozitivist(akılcı) paradigmaya dayandığı için bilginin oluşturulmasında belirli bir düzenin var olduğunu savunmakta ve genellenebilir nesnel çalışmalar ortaya koymaktadır. Nicel araştırmalara göre evren mekaniktir ve her şey belirli sabit bir düzen içinde gerçekleşmektedir (Schwartz ve Ogilvy, 1979, akt. Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Nitel araştırmalar ise pozitivist ötesi(yorumlayıcı) paradigmayı temel aldığı için bilginin oluşturulmasında hiyerarşik bir düzenin olduğuna karşı çıkmışlardır. Nitel araştırmacılara göre bilginin oluşturulması karmaşık bir yapıya sahiptir. O yüzden bu yapının anlaşılabilmesi için araştırmaların daha öznel ve daha derinlemesine olması gerekmektedir.

Araştırmalar nicel ve nitel olmak üzere ikiye ayrılsa da son yıllarda araştırmanın amacına ve yapısına göre her iki yöntemin bir arada kullanıldığı karma yöntemler de görülmektedir (Johnson ve Onwuegbuzie, 2004). Karma yöntem çevremizdeki olayların karmaşık ve çok boyutlu olması araştırmaların da çok boyutlu olmasını gerektirdiği tezine dayandırılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Karma yönteme göre her olayın hem nitel hem de nicel yönü vardır. Dolayısıyla olayları daha iyi anlamak için her iki yöntemden de yararlanmak gerekir. Karma yöntem her iki yöntemle elde ettiği verilerle birbirini teyit etmekte ve çalışmanın geçerliliğini ve güvenirliğini artırmaktadır.

Bu bölüm, araştırmanın modeli, çalışma grubu, verilerin toplanması, verilerin analizi ve yorumlanmasında kullanılacak yöntem ve tekniklerin açıklanmasına ayrılmıştır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma modelleri paradigmalara ve araştırma sorularının içeriğine göre şekil alırlar. Eğitim araştırmaları literatürüne bakıldığında nicel ve nitel yöntemler kullanılmakla beraber son yıllarda gittikçe artan bir şekilde karma yöntem çalışmaları da mevcuttur. Bu bölümde literatürde var olan araştırma yaklaşımlarında bahsedilerek bu çalışmanın hangi yaklaşıma uygun olduğundan bahsedilecektir.

3.1.1. Nicel (Pozitivist) Yaklaşımlar

Nicel paradigmanın kökeni M.S. 1500 yıllarına yani Modern Çağ'ın başlangıç dönemlerine dayanır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Nicel paradigma özellikleri, araştırma yöntemleri ve analiz yöntemleriyle uzun bir süre bilim dünyasına ve bilim dünyası ile birlikte eğitim araştırmalarına da öncülük etmiştir.

Nicel paradigmaya göre evren mekanik olduğu (Schwartz ve Ogilvy, 1979, akt. Yıldırım ve Şimşek, 2013) için belirli bir sistemde bir sonraki adım rahatlıkla öngörülebilir, tahmin edilebilir ve genellenebilir. 20. yüzyılın başlarında gelişmeye başlayan sosyal bilimler de, ortada alternatif bir paradigma olmadığı için, nicel paradigmanın etkisi altında kalmış ve nicel paradigmanın yöntem ve teknikleri ile insan ve toplum davranışlarını incelemeye çalışmışlardır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Sosyal bilimciler de fen bilimlerinin ilke ve yöntemlerini benimseyerek laboratuvar ortamlarında, değişkenleri bağımlı ve bağımsız olarak ayırarak, kontrol ve deney grupları oluşturarak, kendilerini olabildiğince araştırmadan soyutlayarak araştırmalarını yapmışlardır. Hâlbuki insan ve toplum davranışlarının birbirinden soyutlanması ve mekanik bir şekilde, kesin hatlarla birbirinden ayrılması mümkün değildir. İnsan yaşadığı toplumla bir bütündür, yaşadığı toplumu etkiler ve o toplumdan etkilenir. Bu yüzden sosyal bilimlerde yapılan çalışmalar zamanla insan davranışlarının tamamen mekanik bir anlayışla incelenmesinin doğru olamayacağını ortaya koymuş ve bu da yeni ve alternatif bir paradigmanın doğuşuna neden olmuştur.

3.1.2. Nitel (Yorumlayıcı) Yaklaşımlar

Nicel paradigmaya alternatif olarak ortaya çıkan nitel paradigmaya göre bilim, nesnel bilgi üretme süreci değil, dünyanın göreliliğini temel alan bir süreçtir. (Yıldırım ve

Şimşek, 2013). Sosyal olaylarda davranışların genellenebilmesi mümkün değildir. Davranışlar ancak sosyal boyutları ile birlikte derinlemesine incelenerek anlaşılabilir ve benzer ortam ve şartlar için öngörülerde bulunulabilir. Fakat nicel paradigmalarda olduğu gibi kesin kural ve ilkelerden bahsetmek mümkün değildir.

Nitel paradigmaya göre araştırmacının kendisini araştırmadan tamamen soyutlaması mümkün değildir. Çünkü insan belirli bir birikimi ve dünya görüşü olan varlıktır ve bu özelliği tüm hayatına etki ettiği gibi bilimsel çalışmalarına da mutlaka belirli bir seviyeye kadar etki edecektir. İnsanın sosyal olguları öznel yorumunu katmadan, kendini, kendi birikimleri ve dünya görüşünden tamamen soyutlayarak yorumlaması ve analiz etmesi mümkün değildir.

Nitel araştırmanın bütün özelliklerini kapsayıcı genel bir tanımı yapılamamakla birlikte gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı ve toplanan verilerin kendi doğal ortamlarından soyutlanmadan değerlendirildiği ve yorumlandığı bir süreç olarak tanımlanabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Nitel çalışmalarda üç tür veri toplanır: i) çevreyle ilgili veriler, ii) süreçle ilgili veriler ve iii) algılara ilişkin veriler (LeCompte ve Goetz, 1984). Bu veri türlerinin toplanabilmesi için genellikle kullanılan üç veri toplama yöntemi vardır: i) görüşme, ii) gözlem ve iii) yazılı dokümanların incelenmesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin felsefi temellerinin, araştırma yöntem ve ilkelerinin birbirlerinden çok farklı olmasına rağmen iki yöntemin birlikte kullanılabileceği fikri bazı araştırmacılar tarafından ortaya atılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu araştırmacılar, bilimsel yöntemleri birbirinden farklı olan bu yaklaşımları birlikte kullanarak “karma yöntem” araştırmalarının ortaya çıkmasını sağlamışlardır. Karma yöntem araştırmaları son yıllarda literatürde yer edinmekle birlikte popülaritesini gittikçe artırmaktadır. Özellikle disiplinler arası araştırmalarda gün geçtikçe daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tercihle birlikte karma yöntemin literatürdeki yeri ve kabul edilirliği de önemli ölçüde artmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

3.1.3. Karma Yöntem

Literatürde son 10-15 yıl öncesine kadar karma yöntem araştırmalarına çok rastlanmazken günümüzde birçok alanda ve özellikle disiplinlerarası araştırmalarda gittikçe daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Karma yöntem nicel ve nitel araştırma yöntemlerini takiben üçüncü bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Bu süreçte karma yöntem çeşitli araştırmacılar tarafından değişik şekillerde isimlendirilmiştir. Karma yöntemi, Tashakkori ve Teddlie (2009) "üçüncü yöntembilimsel hareket", Johnson ve Onwuegbuzie (2004) "üçüncü araştırma paradigması" ve Mayring (2007, akt. Creswell ve Plano Clark, 2011). ise "sosyal bilim semasında yeni bir yıldız" olarak tanımlamışlardır.

Tashakkori ve Teddlie karma yöntemi nicel ve nitel yöntemlerin kombinasyonu olarak tanımlamışlardır (1998, akt. Creswell ve Plano Clark, 2011). Tashakkori ve Teddlie daha sonra bu tanımlarını genişleterek karma yöntemi sahip olduğu tekniklerle birlikte ayrı bir yöntemsel yönelim olarak tanımlamışlardır (2003a, akt. Tashakkori ve Teddlie, 2009).

Johnson ve arkadaşları (2007) karma yöntemi, nicel ve nitel yöntemlerin bileşelenlerini birleştirdikleri bir araştırma türü olarak tanımlamışlardır. Alandaki ihtiyaç doğrultusunda Creswell öncülüğünde çıkarılan "Karma Yöntem Araştırmaları Dergisi"nin ilk sayısında Tashakkori ve Creswell (2007b) karma yöntem ile ilgili alandaki diğer karma yöntem tanımlamalarını da dikkate alarak karma yöntemi, araştırmacıların tek bir çalışma içerisinde nicel ve nitel veri topladığı ve yine nicel ve nitel yöntemleri kullanarak analiz ettiği ve çıkarımlarda bulunduğu bir araştırma olarak tanımlamışlardır. Yıldırım ve Şimşek (2013) ise karma yöntemi, araştırma problemini kapsamlı ve çok boyutlu incelemek için pragmatist felsefe bağlamında nitel ve nicel yöntemleri birlikte kullanarak gerçeklerştirilen bir araştırma olarak tanımlamışlardır. Yukarıda verilen tanımlamalar da dikkate alındığında yapılan tanımların ortak yönünün aynı araştırma içerisinde hem nicel hem de nitel yöntemlerin birlikte kullanılması olduğu görülmektedir.

Karma yöntem araştırmacılarına göre olaylar tek boyutlu ve basit değildir. Olay ve olguları tam manasıyla anlayabilmek için çoklu yöntemler kullanılmalıdır. Dolayısıyla karma yöntem araştırmacılarına göre her olayın hem nicel hem de nitel yönü vardır ve olayın iyi anlaşılabilmesi için her iki boyutun da (hem nicel hem de nitel) incelenmesi gerekmektedir.(Creswell ve Plano Clark, 2007 ; Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Creswell ve Plano Clark (2011) karma yöntem tanımının çok çeşitli bakış açıları içermesi gerektiğini düşünerek karma yöntemin temel özelliklerini tanımlamışlardır. Karma yöntemde araştırmacı;

- Araştırma sorularına göre hem nicel hem de nitel verileri titizlikle toplar ve titizlikle analiz eder.
- Aynı anda her iki veri türünü birlikte kullanarak (birini diğerinin içine yerleştirerek veya sırasıyla birini diğerinin üzerine inşa ederek) verileri bütünleştirir veya birbirine bağlar.
- Araştırmanın odak noktasına göre veri türlerinden birine veya her ikisine de vurgu yapar.
- Bu prosedürleri tek bir çalışmada veya bir çalışmanın birden fazla aşamasında kullanır.
- Bu prosedürleri felsefi paradigması ve kuramsal bakış açısı kapsamında çerçeve içine alır.
- Bu işlemleri özel çalışma deseni ile birleştirir.

Araştırmacılara göre bu özellikler karma yöntemi tanımlayamaya yeterlidir. Araştırmacılar, bu özellikleri literatürdeki karma yöntem araştırmalarını, araştırmacıların nitel ve nicel yöntemleri nasıl kullandıklarını inceleyerek belirlediklerini ifade etmektedirler.

Nihayi olarak bütün bu tanımlamalar ve özellikler göz önünde bulundurulduğunda karma yöntem hem nicel hem de nitel verilerin toplanmasını, analiz edilmesini, yorumlanmasını ve bu verilerin belirli bir desen çerçevesinde harmanlanmasını içeren bir araştırma yaklaşımıdır.

3.1.3.1. Karma Yöntem Kullanmanın Gerekçeleri

Günümüzdeki bilişim ve teknolojinin hayatımızı kolaylaştıran çok yönlü ve karmaşık yönü bu avantajının yanında günümüz problemlerinin de karmaşık ve çok yönlü olmasına sebep olmuştur. Bu yüzden araştırmalarda da bazı araştırma problemlerinin anlaşılmasında sadece nicel veya sadece nitel araştırma yöntemleri yeterli olamamaktadır (Creswell ve Plano Clark, 2011). Tek bir veri kaynağının yetersiz olduğu bu tür araştırma problemlerinde karma yöntem tercih edilmelidir.

Karma yöntemde, nicel ve nitel araştırma yöntemleri birlikte kullanılarak birinin sınırlılığı diğerinin güçlü yönü ile telafi edilmiş olur. Böylece karma yöntem bu yöntemlerin tek başlarına sağladığından daha fazla bir anlayış sağlar. Nicel araştırmalarda herhangi bir olayın örneğin "Matematik öğretmen adaylarının STEM eğitim yaklaşımı ile ilgili farkındalıkları"nın araştırıldığı bir çalışmada uygulanan ölçeklerle bir sonuca ve oradan da bir genellemeye varılabilir. Fakat öğretmen adaylarının bu farkındalıklarının nedenleri ve gerekçeleri merak edildiğinde nicel veriler yetersiz kalmakta ve nitel veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Benzer şekilde bazı nitel araştırmalarda da örneğin "Öğretmen adaylarının STEM eğitim yaklaşımı ile ilgili algıları"nın çalışıldığı bir araştırmada yapılacak etkinliklerle ve mülakatlarla örneklemdeki öğretmen adaylarının algıları gün yüzüne çıkarılabilir. Fakat "Acaba burdan elde edilen veriler genellenbilir mi?" sorusu sorulduğunda nitel araştırma yöntemleri bu noktada yetersiz kalmakta ve devreye nicel yöntemlerin girmesi gerekmektedir. Araştırmacı bu durumda nitel verilerden elde ettiği bulgular ışığında hazırlayacağı bir ölçek ile daha geniş kitlelere ulaşarak yaptığı nitel çalışmayı nicel çalışmanın desteği ile genellenebilir hale getirebilecektir.

Creswell ve Plano Clark (2011) karma yöntemi "pratik" bir yöntem olarak tarif ettikleri kitaplarında karma yöntemin kullanılmasını şu şekilde gerekçelendirmişlerdir:

> Karma yöntem araştırması, araştırmacıların bir araştırma problemini çözmeye yönelik mevcut tüm yöntemleri kullanabilmesi yönünden "pratik"tir. "Pratik" olmasının diğer bir nedeni ise bireylerin hem sayıları hem de kelimeleri kullanarak, problemleri çözme eğiliminde olması, tümdengelimli ve tümevarımlı bir düşünceyi birleştirmeleri ve insanları gözlemleme ile davranışları kaydetme becerilerini

> kullanmalarıdır. Bundan dolayı, bireylerin dünyayı anlamak için karma yöntem araştırmasını tercih etmeleri doğaldır.

Karma yöntem kullanmanın bu güçlü ve avantajlı yönlerinin yanı sıra birtakım zorlukları da mevcuttur. Karma yöntem kullanacak olan araştırmacı nitel ve nicel veri toplama ve analiz etme yöntemlerinin her ikisine de hakim olması gerekmektedir. Ayrıca hem nitel hem de nicel veri toplanacağı için zaman ve maliyetle ilgili zorluklar da göz önünde bulundurulmalıdır (Creswell ve Plano Clark, 2011).

Ortaöğretim matematik öğretim programının amaçları düşünüldüğünde problem çözebilen, modelleme yapabilen, matematiksel bilgiyi güncel hayat problemlerine uygulayabilen, disiplinler arası ilişkiler kurabilen ve matematiksel bilgiyi materyallerle destekleyebilen öğrenciler yetiştirilmek istenmektedir. Araştırmacı, bu amaçları gerçekleştirebilmek için ortaya atılan matematiksel modelleme ve STEM eğitim yaklaşımlarının ortaklaşa kullanılıp kullanılamayacağını, birinin eksik kaldığı yönlerin diğeri tarafından tamamlanıp tamamlanamayacağını kısacası bu iki yaklaşımın ortak bir amaç çerçevesinde kesişim kümelerinin olup olmadığını merak etmektedir. Örneğin matematiksel modelleme basamakları ve matematik eğitiminin amaçları birlikte düşünüldüğünde yapılan etkinlikler ve ulaşılan çözümler istenilen hedefe hangi düzeyde ulaşmaktadır? Matematiksel modelleme etkinlikleri hem kendi modelleme basamaklarını hem de matematik eğitiminin amaçlarını hangi düzeyde karşılayabilmektedir? Eksik kaldığı yönler var mıdır? Bu durumda matematiksel modelleme yaklaşımına, yine modelleme basamakları ve matematik eğitiminin amaçları bağlamında STEM eğitiminin bir katkısı olabilir mi? Eğer olabilirse bu nasıl olmalıdır ve nasıl bir ders işleme şekli olmalıdır? Bu çalışmasında araştırmacı bu ve buna benzer sorulara cevap bulabilmek için uygun ders modülü tasarlamak istemektedir. Bu tasarımın yapılabilmesi için hem nicel hem de nitel verilere ihtiyaç hissedileceği için araştırmacı çalışmasını karma yöntem ile yapmaya karar vermiştir.

3.1.3.2. Karma Yöntemin Gelişimi ve Felsefi Temelleri

Tashakkori ve Teddlie (1998, akt. Creswell ve Plano Clark, 2011) karma yöntemin tarihinde farklı aşamaların olduğundan basetmişlerdir. Creswell ve Plano Clark (2011) bu tarihsel gelişimi inceleyerek bu süreci “Biçimlendirici Süreç”, “Paradigma

Tartışması Süreci", "İşlemsel Gelişim Süreci", "Savunma ve Genişletme Süreci" ve "Yansıtıcı Süreç" olmak üzere beş aşamada ifade etmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında sürece katkı sağlayan araştırmacıları ve sağladıkları katkıları özet bir şekilde okuyuculara sunmuşlardır.

Araştırmacılar araştırmalarını yaparken sahip oldukları paradigmaları (dünya görüşleri), araştırmacıların metodolojilerine, metodolojileri de kullandıkları yönteme, kullandıkları yöntem de veri toplama, analiz etme ve yorumlama tekniklerine etki eder (Crotty, 1998, akt. Creswell ve Plano Clark, 2011).

Nicel yöntemlerin pozitivist/akılcı paradigmaya, nitel yöntemlerin ise pozitivist ötesi/yorumlayıcı/yapılandırmacı paradigmaya dayandığından yöntem kısmının başında bahsedilmişti. Karma yöntemin paradigmasına gelince, Tashakkori ve Teddlie (1998, akt. Creswell ve Plano Clark, 2011), karma yöntem araştırmalarında paradigma olarak pragmatizmi (faydacılığı) benimsediklerini ifade etmişlerdir. Bu görüşlerini savunmak için de çeşitli argümanlar ortaya koymuşlardır. Araştırmacılara göre nicel ve nitel araştırma yöntemleri araştırma problemine göre birlikte kullanılabilir. Çünkü önemli olan araştırma probleminin kendisidir. Araştırma problemi hangi veri türünü gerektiriyorsa o veri türü ve yöntemleri kullanılabilmeli ve pozitivist veya yapılandırmacı paradigmalar arasındaki zorunlu tercihden vazgeçilmelidir.

Creswell ve Plano Clark'a (2011) göre ise bir karma yöntemlerde, karma yöntemin desenine göre çoklu paradigmalar kullanılabilir. Yazarlara göre araştırmacı problemini irdelediği araştırma sürecinde nicel yöntemler gerekiyorsa pozitivist; nitel yöntemler gerekiyorsa da yorumlayıcı paradigmanın argümanları ile hareket edebilmelidir.

3.1.3.3. Karma Yöntem Deseni Seçiminde Önemli Hususlar

Araştırmacıların karma yöntem deseni seçerken dikkat etmeleri gereken önemli noktalar vardır (Teddlie ve Tashakkori, 2009). Creswell ve Palno Clark'a (2011) göre karma yöntem kullanacak araştırmacılar dört önemli karar vermelidirler:

I. Aşamalar arasındaki etkileşim düzeyi: Araştırmacılar karma yöntemde kullanılacak nicel ve nitel veri türlerinin bağımlı mı bağımsız mı olduğuna karar vermelidirler.

II. Nitel ve nicel aşamaların önceliği: Araştırmacılar nicel ve nitel aşamaların önceliğine karar vermeleri gerekmektedir. Araştırma nicel öncelikli, nitel öncelikli veya her iki yöntem eşit önceliğe sahip olabilir.

III. Nitel ve nicel aşamaların zamanlaması: Araştırmacılar araştırma sürecinde nitel ve nicel verilerin kullanım zamanına karar vermelidirler. Nitel ve nicel aşamalar "eş zamanlı zamanlama" ile çalışmanın tek aşamasında birlikte uygulanabilir. İkinci olarak araştırmacı çalışmasını "sıralı zamanlama" ile veri türlerinden birinin toplanmasını ve çözümlenmesini diğer veri türünden sonra gerçekleşecek şekilde iki aşamalı gerçekleştirebilir. Üçüncü ve son olarak ise araştırmacı "çok aşamalı zamanlama" ile çalışmasında eş zamanlı ve/veya sıralı zamanlı çoklu aşamalar da yürütebilirler.

IV. Nicel ve nitel verilerin nasıl ve nerede birleştirileceğini belirleme: Son olarak araştırmacılar araştırmalarında kullandıkları nicel ve nitel verileri birleştirme yöntemine karar vermelidirler. Birleştirme işlemi, araştırma sürecinin, yorumlama, veri çözümleme, veri toplama ve desen olmak üzere dört aşamasında gerçekleştirilebilir. Yorumlama sırasındaki birleştirme, nicel ve nitel verilerin bağımsız bir şekilde toplanıp analiz edildikten sonra araştırma sürecinin son basamağı olan yorumlama kısmında bu verilerin birleştirilmesidir. Veri çözümleme sırasındaki birleştirmede araştırmacı iki veri türünü çözümlerken birleştirme işlemini gerçekleştirir. Örneğin araştırmacı nicel ve nitel veri analizini çözümledikten sonra bu çözümleri karşılaştırmayı ve yorumlamayı sağlayacak şekil ve tablolar kullanarak veriyi birbiri ile ilişkilendirerek tekrar çözümler. Veri toplama sırasındaki birleştirmede nicel ve nitel veri türlerinden ikincisi toplanırken birleştirme işlemi gerçekleştirilir. Araştırmacı birinci aşamadaki veriyi topladıktan sonra birinci aşamanın sonuçları ikinci aşamanın verileri olabilir. Bu durumda bu veriler arasında bir bağlantı kurularak birleştirme işlemi yapılır. Desen aşamasındaki birleştirmede ise araştırma sürecinin daha geniş bir aşamasında birleştirme gerçekleştirilir. Örneğin, araştırmacı çalışmasında nicel aşamayı daha geniş bir nitel aşama içerisine veya nitel aşamayı daha geniş bir nicel aşama içerisine yerleştirdiği durumlarda birleştirme işlemi gerçekleştirilir.

Karma yöntem çalışacak araştırmacıların vermesi gereken önemli kararlar yukarıda özet olarak sunulmuştur. Bu çalışmada da araştırmacı karma yöntem kullanmayı düşündüğü için yukarıdaki hususlarla ilgili kararlar vermesi gerekmektedir. Bu çalışmada araştırmacıların kullanacağı nicel ve nitel veriler arasında doğrudan ilişki olduğu için veriler bağımlıdır. Araştırmacının çalışması bir ders modülü tasarımı olacağı için nitel ağırlıklı bir karma çalışma olacaktır. Modül tasarımı süreci uzun ve çok aşamalı bir süreç olduğu için araştırmacı bu sürece uygun olacak şekilde nitel ve nicel verilerin kullanım zamanı olarak çok aşamalı zamanlamayı tercih etmiştir. Son olarak verilerin birleştirilme zamanı olarak, çalışmanın geniş ve aşamalı yapısı, aşamalardan birinin daha öncelikli oluşu, diğer aşamanın bu aşama içine gömülü olması ve aşamalar arası geçişlerin olması gerektiği gibi nedenlerden dolayı araştırmacı desen aşamasında birleştirmeye karar vermiştir.

Araştırmacı desen seçiminde önemli olan kararları verdikten sonra uzmanların da tavsiyeleri doğrultusunda (Creswell ve Plano Clark, 2011), literatürdeki genel olarak tavsiye edilen altı tipolojik desen türünden (Teddlie ve Tashakkori, 2009; Creswell ve Plano Clark, 2011) araştırmalarına uygun olanı belirlemeleri gerekmektedir.

3.1.3.4. Karma Yöntem Desenleri

Araştırmacı, araştırmasının karma yöntemi gerektirdiğine karar verdikten ve karma yöntemin felsefi temellerinden bahsettikten sonraki aşama araştırma problemine en uygun desenin seçilmesidir. Desen, veri toplama, analiz etme ve yorumlama süreçlerinde araştırmacıya rehberlik eden yollardır. İyi bir çalışma için iyi bir rehber gerektiğinden araştırmacı araştırma problemine en uygun deseni seçmede titizlik göstermeli ve hangi deseni niçin seçtiğini okuyucu ve değerlendiricilere iyi izah etmek durumundadır.

Literatürde açıklanan birçok karma yöntem deseni vardır. Creswell ve Plano Clark yazdıkları “Karma Yöntem Araştırmaları” kitabında bu desenleri tablo halinde sınıflandırarak okuyuculara sunmuştur (Bkz. Creswell ve Plano Clark, 2011 s. 65, 66, 67). Araştırmacılar bu desen yaklaşımlarının temelde “tipolojik” ve “dinamik” olmak üzere ikiye ayrıldığını ifade etmektedirler.

Tipolojik desenler, nitel ve nicel yöntemlerin kullanılacağının çalışmanın başında belli olduğu ve sürecin ona göre planlandığı desen türleridir (Creswell ve Plano Clark, 2011; Teddlie ve Tashakkori, 2009). Dinamik desenler ise karma yöntem kullanımına araştırma sürecinde ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda karar verilen ve daha karmaşık desen türleridir (Creswell ve Plano Clark, 2011). Dinamik yaklaşımlar mevcut tipolojik desenlerden uygun birini kullanmak yerine araştırmanın gidişatına göre karar verilen ve uygulamalar yapılan karma bir desen süreci öngörmektedir. Bu yüzden dinamik karma desen kullanımı karma yönteme henüz başlamış olan araştırmacılar için uygun görülmemektedir (Creswell ve Plano Clark, 2011). Karma yöntem çalışmalarına yeni başlamış araştırmacılar için karma yöntem desenine tipoloji tabanlı bir desenle çalışmaları tavsiye edilmektedir. Çünkü mevcut tipolojik desenler araştırmacılara henüz yeni oldukları bu alanda rehberlik edecektir. Araştırmacılar tipolojik desenleri kullanarak elde edecekleri tecrübelerle, karam yöntemi iyice kavradıkça, kendi dinamik desen süreçlerini zamanla oluşturabileceklerdir.

3.1.3.4.1. Yakınsayan Paralel Desen (Yakınsayan Desen)

Bu desende araştırmacılar nitel ve nicel aşamaları eş zamanlı ve birbirinden bağımsız olarak yürütürler. Nitel ve nicel aşamalara eşit ağırlık verilir ve veriler ayrı ayrı çözümlenir. Çalışmanın en sonunda, genel yorumlama kısmında, veriler ilişkilendirilir.

Araştırmacı bu çalışmasında nitel ve nicel aşamalara eşit ağırlık vermediği ve bu aşamaları birbirine paralel olarak aynı anda yürütmediği için bu desen türü araştırmacı için uygun değildir.

3.1.3.4.2. Açımlayıcı Sıralı Desen (Açıklayıcı Desen)

Bu desen iki ayrı aşamada gerçekleşir. Aşamalar birbirleri ile ilişkilidir. Aşamalardan birinci öncelikli olan nicel çalışma ilk önce yürütür ve nicel aşamanın sonuçlarına göre nitel aşama yürütülerek ikinci aşamanın birinci aşamanın sonuçlarının açıklanmasına nasıl bir katkı sunduğu yorumlanır.

Araştırmacı bu çalışmasında araştırmasına nicel bir çalışma ile başlayıp ardından nitel aşamalara geçtiği için ve bu desenin her ne kadar nicel öncelikli bir desen olmasına rağmen bazen nicel aşama sonrasında başlanan nitel aşamanın nicel aşamayı geride bırakabildiği bir desen olması sebebiyle bu desenin kullanılabilirliği araştırmacının gündemini oldukça meşgul etmiştir ve deseninin bu desen olup olmadığı üzerine yoğun tartışmalar yapmıştır. Fakat araştırmacı çalışmasına nicel bir aşama ile başlamasına rağmen nicel öncelikli çalışmadığı ve çalışmasının aşamaları arasında sıralılık ilişkisi (nicelden nitele doğru) olmadığı için bu desenin de kendisi için uygun olmadığına karar vermiştir.

3.1.3.4.3. Keşfedici Sıralı Desen (Keşfedici Desen)

Keşfedici desende de sıralı zamanlama vardır. Fakat açıklayıcı desenin aksine bu desende önce nitel aşama gerçekleştirilir ve nitel aşamanın bulguları incelenerek daha geniş bir örnekleme genelleme yapabilmek veya birinci aşamanın sonuçlarını test edebilmek için bir araç geliştirilerek nicel aşama gerçekleştirilir. Bu yüzden bu desene araç geliştirme deseni de denir.

Araştırmacı bu çalışmasında her ne kadar nitel ağırlıklı bir çalışma yapsa da çalışmanın belirli bir sıralı zamanlama gerektirmediği ve araştırmacı nitel aşamalar sonucu elde edilen verilerin genelleştirilmesi amacıyla herhangi bir araç geliştirme gayesi gütmediği için araştırmacının deseni açıklayıcı desen de değildir.

3.1.3.4.4. Dönüştürücü Desen

Dönüşüm odaklı kuramsal çerçeve dâhilinde yeterince temsil edilemeyen grupların ihtiyaçlarını belirlemek için kullanılan bir karma yöntem desenidir. Bu çalışmada araştırmacı dönüşüm odaklı bir kuramsal çerçeve kullanmadığı ve yeterince temsil edilemeyen gruplara yönelik bir çalışma yürütmediği için bu desene ihtiyaç hissetmemiştir.

3.1.3.4.5. Çok Aşamalı Desen

Çok aşamalı desen adından da anlaşılacağı üzere birden fazla aşama içeren, bir veya bir grup araştırmacının merkezi bir program çerçevesinde programın hedefine ulaşmak için birbirine eklemeli ve birbirini etkileyecek şekilde ardışık olarak nitel ve nicel araştırmaların döngüsü yoluyla yapılan araştırmalardır. Dolayısıyla bu desen uzun süren ve maliyetli araştırmalar için uygundur. Ayrıca bu desen çok sorulu ve çok boyutlu araştırmalar için uygundur.

Araştırmacı bu çalışmasında çok boyutlu ve uzun soluklu bir çalışma yürütmediği için bu deseni tercih etmemiştir.

3.1.3.4.6. İç İçe Karma Desen

Araştırmacının verileri geleneksel nicel ve nitel desenleri kullanarak toplayıp analiz ettiği durumlarda iç içe karma desen oluşur. İç içe karma desende çalışma büyük ölçüde nitel veya nicel olabilmektedir. Örneğin araştırmacı deneysel bir çalışma içine nitel bir çalışma ekleyebileceği gibi durum çalışması içine nicel bir çalışma ekleyerek de araştırmasını yürütebilir. Bu desende ikinci veri türü birinci veri türünü desteklemek, açıklamak veya genellemek için kullanılabilir. İç içe karma desen, araştırma sorularının cevaplanması sürecinde tek bir veri türünün yeterli olmadığı ve araştırmadaki farklı soru türlerinin cevaplanabilmesi için farklı veri türlerine ihtiyaç hissedildiği durumlarda kullanılır.

Bu çalışmada araştırmacı, araştırma soruları doğrultusunda öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmeye yönelik matematiksel modelleme ve STEM eğitim yaklaşımları çerçevesinde yeni bir ders modülü tasarlamak istemektedir. Tasarım geliştirme süreci nitel ve nicel yöntemlerin bir arada ve süreklilik içinde kullanılmasını gerekli kılmaktadır (Aşık, 2015). Araştırmacı da bu süreçte çoğunlukta nitel olmak üzere nicel aşamalara da ihtiyaç hissetmektedir. Bu ihtiyaç belirli sabit bir prosedür çerçevesinde (nitelden nicele veya nicelden nitele) olmadığı ve araştırmada nicel ve nitel aşamalara ayrı ayrı ihtiyaç hissedildiği için araştırmacı iç içe karma deseni kullanmaya karar vermiştir. Araştırmacı desenine karar verdikten sonra bu deseni nasıl uygulayacağı, hangi yöntem ve teknikleri kullanacağı veya kullanması gerektiği problemi ile karşı karşıya kalmıştır.

Araştırmacı çalışmasında karma yöntem desenlerinden içi içe desenin kendi çalışmasına en yakın desen olduğunu düşünse de çalışmanın süreçleri, basamakları, döngüsel yapısı göz önüne alındığında bu desenin de çalışmayı tam olarak karşılayamadığına karar vermiştir. Bu yüzden araştırmacı tipolojik desenlerden çalışmasına uygun deseni elde edememiş, alanda çok sayıda desenin olduğundan ve araştırmacıların kendi desenlerini oluşturabileceği bilgisinden hareketle (Creswell ve Plano Clark, 2011) alandaki yaptığı yöntem araştırmaları sonucu kendi çalışması için, öğrencilerin bulunduğu ortamdan soyutlanmayacağı, üst bilişsel süreçlerin karmaşık yapısının en üst düzeyde açıklanmaya çalışılacağı, duruma göre öğrenme ortamına müdahale etmeye ve ortamı yeniden düzenleyerek en üst düzeyde verim elde etmeyi amaçlayan dinamik bir desenin olması gerektiğine karar vermiştir. Bu istenilen şartlara en uygun model, karmaşık ilişkileri açıklamaya çalışan ve esnek metodolojisinden dolayı tasarım tabanlı araştırmalardır (Brown, 1992; DBRC, 2003; Collins, Diana & Bielaczyc, 2004). Bu yüzden araştırmacı tasarım tabanlı araştırmanın desen olarak daha uygun olduğuna karar vermiştir. Tasarım tabanlı çalışmalar henüz yeni bir paradigma veya dördüncü yöntembilim olarak tanımlanmadığı veya kabul edilmediği; daha çok bir araştırma yöntemi olarak kabul gördüğü için (Aşık, 2015) araştırmacı bu çalışmasında tasarım tabanlı araştırmayı çalışmanın deseni olarak belirlemiştir. Alan yazında her ne kadar tasarım tabanlı araştırmanın bir paradigma ve üst çatı (yöntembilim) olarak kullanıldığı çalışmalar olsa da (DBRC, 2003) henüz literatüre veya metodoloji kitaplarına yeni bir paradigma olarak girmediği için araştırmacı bu konuda daha mütevazı hareket ederek tasarım tabanlı araştırmayı yine alan yazında örnekleri olduğu gibi (Aşık, 2015) karma yöntem üst çatısı altında bir desen olarak kullanmayı tercih etmiştir.

Sonuç olarak problem çözmede üst bilişsel süreçlerin anlaşılması zor olduğu için ve problem çözmenin kapalı yapısı itibari ile araştırmacı bu çalışmada; öğrencilerin problem çözme becerilerini daha iyi inceleyebilmek ve karma yöntemi en iyi şekilde uygulayabilmek için uygun modelin tasarım tabanlı araştırma olduğuna karar vermiştir. Aşağıdaki bölümde de araştırmacı kullanmaya karar verdiği tasarım tabanlı araştırmayı ve özelliklerini kısaca tanıtacak ve ardından bu model çerçevesinde araştırma sürecini ortaya koyacaktır.

3.1.4. Tasarım Tabanlı Araştırma

Tasarım tabanlı araştırmalar zaman içinde "tasarım çalışması/deneyi [design studies/experiments]", "eğitsel tasarım araştırması [educational design research]", "tasarım tabanlı arştırma [design-based research]", "gelişim araştırması [development research]" gibi farklı isimlendirmeler almıştır (Aşık, 2015). Fakat tasarım tabanlı araştırmaların alan yazında asıl yerini alması Brown (1992) ve Collins'in (1992, akt. Collins vd., 2004) çalışmalarına dayanmaktadır. Araştırmacılar tasarım tabanlı araştırmayı "tasarım deneyi [design experiments]" şeklinde tanıtmışlardır (Brown, 1992; Collins, 1992, akt. Collins vd., 2004). Cobb ve arkadaşları da (2003) bu yeni yaklaşımın tanımlanması ve kuramsal alt yapısının oluşturulması için yayınladıkları makalede tasarım deneyi ismini kullanmışlardır. Ancak araştırmacı, tasarım tabanlı araştırmalarla ilgili alanda önemli bir yere sahip olan DBRC'in (Design-Based Research Collective) ve Türkçe literatürün kullanımını dikkate alarak "tasarım deneyi" ismini değil "tasarım tabanlı araştırma" ismini kullanmayı tercih etmiştir.

Tasarım tabanlı araştırmalar önemli yöntem kitaplarına henüz bir araştırma yöntemi olarak girmese de son yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte literatürde kendine yer edinmeye başlamıştır (Aşık, 2015). Tasarım tabanlı araştırmaların, yöntemleri ile akademik çalışmaların sonuçlarının eğitim sistemine entegre edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer and Schauble, 2003). Yani tasarım tabanlı araştırmalarla birlikte teori ile pratik arasındaki kopukluğun giderilebileceği düşünülmektedir.

Tasarım tabanlı araştırmalar, öğrenme ile ilgili olan olguların mühendislik alanında olduğu gibi zamanla şekillendirilmesini ve bu şekillendirilen olguların yine mühendislik alanında olduğu gibi sistematik bir şekilde uygulanmasını ve bu uygulamalar sonucunda tespit edilen eksiklik veya aksaklıkların çalışılarak düzeltilmesini kapsayan bir araştırma sürecidir (Cobb vd., 2003; Collins vd., 2004; DBRC, 2003).Tasarım tabanlı çalışan araştırmacılara göre tasarım tabanlı araştırmalar teoride var olan yeniliklerin uygulamada nasıl ve ne zaman işe yaradığını anlamak için önemli bir metodolojidir (DBRC,2003). Bu bağlamda düşünüldüğünde tasarım tabanlı araştırmalar teorinin pratiğe dökülüp varsa eksiklerinin tespit edilmesine ve daha da geliştirilmesine olanak sağlayan kısaca teori ve pratik arasında köprü görevi gören önemli bir araştırma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca tasarım tabanlı araştırmalar öğretim programlarının tasarlanmasına ve geliştirilmesine önemli kaynak sağlayabilecek bir yöntemdir (DBRC, 2003). Nitekim eğitim araştırmalarında en sık rastlanan problemlerden birisi de teoride var olan öğretim programlarının pratikte istenileni verememesi, ortamdan veya daha farklı nedenlerden dolayı programın istenildiği gibi uygulanamamasıdır (Aşık,2015). Bu noktada tasarım tabanlı araştırmalar, araştırmacılarına mühendis yaklaşımı ile programı çok yönlü ele alarak yani programdan etkilenen herkesten olabildiğince dönüt alarak maksimum verimliliği elde edebilecek şekilde revizyona gitme olanağı sunmaktadır.

Tasarım tabanlı araştırmalar alanda var olan problemi ortadan kaldırmak için ilk önce problemin ne olduğunu çözmeye çalışır. Problemin çözümü için gerekli gördüğü tüm değişiklikleri yaparak yeni tasarladığı öğretim programını uygular. Ardından uyguladığı programı tekrar değerlendirerek bu şekilde sistematik ve ardıl tasarımlar yaparak en kullanışlı programı, tasarım, geliştirme ve değerlendirme döngüsel basamaklarını kullanarak geliştirmeye çalışır.

Bu çalışmada araştırmacının amacı öğretmen adaylarının problem çözme becerilerini öğretim programında ifadesini bulan matematiksel modelleme ve Millî Eğitim Bakanlığı'nın rapor yayınladığı (MEB, 2016) ve tüm ilgili paydaşlardan çalışma beklediği STEM bağlamında incelemek ve uygun bir ders modülü tasarlamaktır. Araştırmacı bu ders modülünü nasıl tasarlamalıdır? Bu modülü tasarlarken matematiksel modelleme ve STEM birbirinden nasıl ve hangi aşamalarda etkilenmektedir? Araştırmacının bu ve buna benzer sorularına cevap bulabilmek için art arda uygulamalar ve değerlendirmeler yapıp ona göre bir modül geliştirmesi gerektiği için araştırmacı bunları yapabileceği en uygun ve en esnek yöntemin tasarım tabanlı araştırma yöntemi olduğunu düşünerek bu yöntemi kullanmaya karar vermiştir.

Araştırma, belirlenen tasarım tabanlı model çerçevesinde şu aşamalardan oluşacaktır:

- Öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmeyi hedefleyen öğretim programının matematiksel modelleme ve STEM bağlamında hazırlanması.
- Öğrencilerin problem çözme becerisini ölçecek testlerin hazırlanması.
- Belirlenen öğretim programının uygulanıp değerlendirilmesi ve bu değerlendirmeler sonucunda gerekli düzenlemelerin yapılarak öğretim programının yeniden uygulanması. Böylece en üst seviyede verim elde edilmeye çalışılması.
- Ön testler (Matematiksel modelleme testi)
- 1. Döngü: Programın tatbiki. (1 hafta)
    - Ara değerlendirme: Öğretmen görüşmesi, mülakatlar ve problem çözme etkinliğinin değerlendirilmesi

    - Program revizyonu
- 2. Döngü: Programın tatbiki. (1 hafta)
    - Ara değerlendirme: Öğretmen görüşmesi, mülakatlar ve problem çözme etkinliğinin değerlendirilmesi
    - Program revizyonu
- 3. Döngü: Programın tatbiki. (1 hafta)
    - Son değerlendirme: Öğretmen görüşmesi, mülakatlar ve problem çözme etkinliğinin değerlendirilmesi
- Son testler (Matematiksel modelleme testi)

3.2. Çalışma Grubu

Bir araştırmanın kaliteli ve başarılı olabilmesi için paradigmasının, yönteminin ve çalışılacak örneklemin iyi belirlenmesi gerekir (Cohen, Manion ve Morrison, 2007). Örneklem seçimi çalışmanın paradigmasına göre şekillenmektedir. Nicel araştırmalar daha çok genelleme yapabilmek için olasılık temelli örnekleme yöntemlerini (seçkisiz, sistematik, tabaka, küme vb.) kullanır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Nitel araştırmacılar ise evrende olması muhtemel olan farklılıkları, çeşitlilikleri ve zenginlikleri inceleyerek bütüncül bir bakış ortaya koymak istedikleri (Goetz ve LeCompte, 1984) için çalışılan konuyu derinlemesine incelemeyi kendilerine amaç edinmişlerdir. Konunun derinlemesine incelenmesi ihtiyacı ve elde edilecek olan zengin verinin analiz edilmesindeki güçlüklerden dolayı nitel araştırmalarda örneklemin sınırlı tutulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu ihtiyaca bağlı olarak nitel araştırma geleneği içinde “amaçlı örnekleme” yöntemleri ortaya çıkmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Amaçlı örnekleme zengin verinin olduğu durumların derinlemesine çalışılmasına olanak vermektedir (Patton, 1987). Başlıca amaçlı örnekleme yöntemleri, aşırı veya aykırı durum örneklemesi, maksimum çeşitlilik örneklemesi, benzeşik örnekleme, tipik durum örneklemesi, kritik durum örneklemesi, kartopu veya zincir örnekleme, ölçüt örnekleme, doğrulayıcı veya yanlışlayıcı örnekleme ve kolay ulaşılabilir durum örneklemesi şeklinde sıralanabilir (Patton, 1987).

Bu çalışma nitel ağırlıklı bir çalışma olacağı için amaçlı örnekleme yöntemi ile örneklem seçilmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda öğretmen adayları kritik bir öneme sahip olduğu için (21. yüzyıl becerilerine sahip problem çözebilen nesiller yetiştirecek olanların öğretmenler olması sebebiyle) kritik durum örneklemesi yöntemi ile örneklem seçilmiştir. Kritik durum örneklemelerinde rastgele bir grup seçmek yerine çalışmanın amacına yönelik kritik öneme sahip olduğu düşünülen bir grup seçilir ve çalışma ona göre yapılır. Bu çalışma sınırlı da olsa genelleme yapma imkânı sunar (Patton, 1987). Örneğin; bir araştırmacı yeni geliştirdiği bir yöntemin lise öğrencileri üzerinde başarılı olup olmayacağını denemek için 12. sınıf öğrencilerini kritik durum olarak seçebilir. Eğer bu öğrenciler bu yöntemi anlamakta zorlanırlarsa alt sınıfların da zorlanacağı yargısına varılabilir. Ya da tam tersi 9. sınıf öğrencileri seçilebilir. Eğer 9. sınıf öğrencileri bu yöntemi anlamakta zorluk çekmezlerse üst sınıfların da zorluk çekmeyeceği genellemesine varılabilir. Bu her iki durumda da kritik durum örneklemesi kullanılmıştır.

Tasarım tabanlı araştırmalarda döngüsel ve ardıl uygulamalar söz konusu olduğu için bu çalışmada her bir ardıl uygulama için ayrı çalışma grupları ile çalışılmış, gruplardan elde edilen veriler değerlendirilerek bir sonraki uygulamanın tasarımı gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki bölümde bu çalışma grupları hakkında bilgi verilecektir.

3.2.1. Birinci ve İkinci Çalışma Grupları

Araştırmanın birinci ve ikinci çalışma grupları olarak Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi’nde formasyon eğitimini almak için başvuran çeşitli üniversitelerin Fen Edebiyat fakültelerinden mezun 22’si birinci çalışma grubunu ve 24’ü ikinci çalışma grubunu oluşturmak üzere toplam 46 kişilik bir grup seçilmiştir. Bu 46 kişilik grup daha önce matematiksel modelleme veya STEM eğitimi ile ilgili herhangi bir eğitim almadıklarını beyan etmişlerdir. Çalışma grubuna, çalışmaya başlamadan önce matematiksel modelleme hakkında alanda uzman bir eğitimci tarafından eğitim verilmiş ve matematiksel modelleme örnekleri öğrencilere gösterilmiştir. Ardından araştırmacı çalışma grubuna çalışma hakkında bilgi vermiş ve katılımcılara çalışmadan elde edilecek verilerin sadece araştırmacı tarafından, isimleri saklı tutularak sadece araştırma içerisinde kullanılacağını beyan etmiştir. Ayrıca katılımcılara çalışmaya katılımın gönüllülük esasına dayalı olduğu ve araştırmadan istedikleri zaman ayrılabilecekleri de ifade edilmiştir. Çalışmalar 2016 yaz dönemi formasyon grubu Özel Öğretim Yöntem ve Teknikleri dersi içerisinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Üçüncü Çalışma Grubu

Üçüncü çalışma grubu olarak Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü 2. ve 3. sınıf öğrencilerinden oluşan 40 kişilik bir grup seçilmiştir. Bu çalışma grubu da matematiksel modelleme eğitimi almayan öğrencilerden oluşmaktadır. Bu çalışma grubuna da çalışmanın etik kuralları bağlamında bilgilendirmeler yapılıp izinleri alındıktan sonra çalışma hakkında öğrencilere bilgilendirme yapılmıştır. Ardından birinci ve ikinci çalışma gruplarından elde edilen dönütler doğrultusunda yeniden tasarlanan ve zenginleştirilen uygulama yapılmış ve analiz edilmek üzere veriler toplanmıştır. Çalışmalar 2016-2017 Eğitim Öğretim yılı birinci dönemi Fen Eğitiminde Farklı Ölçme Yaklaşımları dersinde uygulanmıştır.

3.3. Verilerin Toplanması

Araştırmalarda amaca uygun yöntemin belirlenmesinden sonra en önemli sorun verinin nasıl toplanacağı sorunudur. Araştırmacılar çalışmalarının amacına ve belirledikleri yönteme en uygun veri toplama araçlarını seçmelidirler. Bu araştırmada karma yöntem kullanıldığı için hem nicel hem de nitel veri toplama araçlarından yararlanılmıştır.

3.3.1. Matematiksel Modelleme Testleri

Matematiksel modellemenin süreçleri, yeterlikleri ve alt yeterlikleri (Maaß, 2006) olduğu gibi ölçme ve değerlendirilmesi konusu da literatürde çalışılmıştır. Matematiksel modellemenin ölçme ve değerlendirilmesinde mikro ve makro olmak üzere iki farklı yaklaşımdan söz edilmektedir (Houston, 2007; Frejd, 2013). Makro yaklaşımda matematiksel modelleme yeterlikleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınırken (Kertil vd., 2016); mikro yaklaşımda ise matematiksel modelleme yeterliklerinin her bir alt yeterliği ayrı ayrı ölçülmeli ve değerlendirilmelidir görüşü hâkimdir (Kertil vd., 2016).

Makro yaklaşımı savunan araştırmacılara göre matematiksel modelleme yeterlikleri bütüncül ve çok boyutlu bir anlayışla değerlendirilmelidir. Bütüncül yaklaşıma göre öğrencilerin matematiksel modelleme yeterlikleri kapsama derecesi, hareket alanı ve teknik seviye olmak üzere üç boyutta incelenmelidir (Kertil vd., 2016). Kapsama derecesi, bir öğrencinin matematiksel modelleme basamaklarını kendi kendine ne kadar yapabildiği ile ilgilidir. Öğrenci, matematiksel modelleme yeterliklerini ne oranda gerçekleştirebiliyorsa öğrencinin kapsama derecesi o oranda yüksektir. Hareket alanı, öğrencinin sahip olduğu matematiksel modelleme yeterliklerini günlük hayata ne kadar aktarabildiği; günlük hayatla ne kadar ilişkilendirebildiği ile ilgilidir. Teknik seviye ise öğrencinin matematiksel modelleme basamaklarını, yeterliklerini ve alt yeterliklerini sergileyebilmek için ortaya koyacağı matematiksel bilgi düzeyine işaret etmektedir.

Matematiksel modellemenin ölçülmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili olarak mikro yaklaşıma sahip araştırmacılara göre ise matematiksel modelleme yeterliklerinin her biri ayrı ayrı ölçülmelidir. Bu yaklaşıma sahip bazı araştırmacılar (Haines ve Crouch, 2001; Izard, Haines, Crouch, Houston & Neil, 2003) matematiksel modelleme yeterliklerini ölçmek için çoktan seçmeli bir test geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu testin, Maaß'ın (2006) önerdiği Tablo 2'de belirtilen matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri değerlendirmede kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Izard ve arkadaşları (2003) yapılan çalışmalar sonucunda ölçülmesi ve değerlendirilmesi gereken matematiksel modelleme becerilerini Tablo 4'teki gibi sıralamışlardır.

Araştırmacı bu çalışmasında modelleme basamaklarını ve bu basamaklar için gerekli olan yeterlikleri ölçmeği ve bu doğrultuda bu yeterliklerin görülme düzeyini geliştirmeye yönelik ders tasarlamayı düşündüğü için mikro değerlendirme yaklaşımını tercih etmiş ve araştırmacıların geliştirmiş olduğu ve Kertil'in (2008) Türkçeye adapte ettiği çoktan seçmeli değerlendirme testini kullanmaya karar vermiştir.

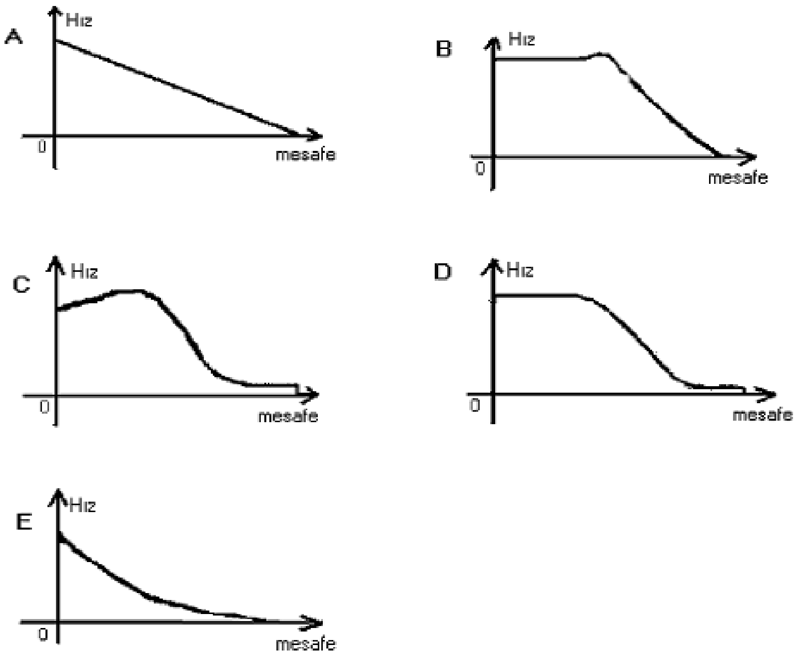
Tablo 4.
Matematiksel Modelleme Sürecindeki Aşamalar

	Matematiksel Modelleme Sürecindeki Aşamalar
1.	Verilenleri belirleme ve sadeleştirme.
2.	Hedefi belirginleştirme.
3.	Problemi formülleştirme.
4.	Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme.
5.	Matematiksel ifadeleri formülleştirme.
6.	Bir matematiksel model seçme.
7.	Grafik gösterimleri kullanma.
8.	Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme.

Araştırmacılar tarafından geliştirilen çoktan seçmeli test, modelleme becerilerinin her birini ölçmek için en az ikişer soru olmak üzere toplam 22 sorudan oluşmaktadır. Bu sorular, 11'i ön test ve 11'i de son test olmak üzere iki paralel test halinde kullanılmıştır. Şekil 5'te bir soru örneği görülen bu çoktan seçmeli testlerin değerlendirilmesinde en doğru cevaba "2" puan, doğruya en yakın (kısmen doğru) cevaba "1" puan ve diğerlerine "0" puan verilmiştir.

Bir uçak çok yoğun bir havaalanına iniş yapmak için havada bekletilmektedir. Uçak belirli bir yükseklikte sabit bir hızla daireler çizerek uçmaktadır. Bir süre sonra uçağın iniş yapıp (tekerlekler üzerinde) terminale kadar gidip körüğe yanaşması talimatı verilmiştir.

Aşağıdaki grafiklerden hangisi uçağın daireler çizerek uçmasından terminale yanaşmasına kadar geçen süreçte, uçağın aldığı yola bağlı olarak hız değişimini en iyi gösterir?



Şekil 5. Modelleme Testi Soru Örneği

Şekil 5'teki soruda günlük hayatta karşılaşılabilecek bir durum matematiksel modelleme ile modellenerek öğrencilerden sözel olarak verilen ifadeleri grafik biçimine aktarmaları ve doğru veya en azından doğruya yakın grafiği bulmaları beklenmektedir.

Yapılan ön test ile öğrencilerin matematiksel modelleme bağlamında mevcut problem çözme beceri düzeyleri anlaşılmaya çalışılmıştır. Buradan elde edilen veriler doğrultusunda öğrencilerin eksik oldukları matematiksel modelleme basamaklarını ve yeterliklerini geliştirmek amacıyla birinci matematiksel modelleme etkinliği, iki farklı tasarımla birinci ve ikinci çalışma grubuna uygulanıp son test yapılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizlerle birlikte katılımcılar ile görüşmeler de yapılarak etkinliğe son tasarımı verilmeye çalışılmıştır. Üçüncü çalışma grubuna ise aynı etkinlik ve farklı bir etkinlik bu analizler doğrultusunda ulaşılan son tasarım ile aynı süreçler takip edilerek (ön test – etkinlikler – son test – mülakatlar) uygulanıp analiz edilmiştir.

3.3.2. STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Araştırmacı yapılan "Modelleme 1" testi ve alanda daha önce yapılan çalışmalar ışığında matematiksel modelleme basamaklarını ve özellikle görülme sıklığı az olan basamakları geliştirmeye yönelik nasıl bir ders tasarımı olması gerektiğini düşünmüştür. Birinci ve ikinci çalışma grubuna paralel zamanlarda iki farklı tasarımla ders işleyerek matematiksel modelleme basamaklarının hangi tasarımda daha iyi ortaya konduğunu mülakatlar yardımıyla öğrencilerin de görüşlerini alarak ortaya koymaya çalışmıştır. Bu çalışmanın ışığında aynı etkinlik ve farklı bir etkinlik, kararlaştırılan tasarım ile üçüncü çalışma grubuna uygulanmış ve veriler toplanarak analiz edilmiştir.

Bu tasarımlarda araştırmacı matematiksel modelleme sorularının çözümünde teorik çözümle yetinmemiş ve çözümlerin uygulamalı olarak, gerekli materyaller kullanılarak doğrulanmasını istemiştir. Bu kısımda çalışmanın içine bütünleşik bir yaklaşım girdiği için araştırmacı bu kısma "STEM Bağlamında Matematiksel Modelleme Etkinlikleri" başlığını vermiştir.

3.3.2.1. Tasarım 1

Araştırmacı birinci tasarımda, birinci çalışma grubundaki öğrencileri isteklerine göre 3'erli veya 4'erli gruplara ayırarak Şekil 6'teki problem durumunu dağıtıp çözmelerini istemiştir. Bu matematiksel modelleme sorusu TÜBA Yayınları "Lise Konuları İçin Günlük Hayattan Modelleme Soruları" (Erbaş vd. 2016) kitabından uyarlanmıştır.

Araştırmacı soruyu uyarlarken sorunun uygulanabilir olması ve uygun materyaller kullanılarak çözümün kontrol edilebilirliğini sağlamak için günlük hayattan *Resim 1*'deki gerçek ürünleri dikkate akarak uyarlamıştır. Soruda verilen mumların çapları ve yükseklikleri gerçek değerleridir. Araştırmacı böylelikle katılımcıların uygun materyalleri, çalışmalarını destekleyecek ve doğrulayacak şekilde kullanıp kullanamadıklarını ve bu süreçte materyal kullanımının derse olan ilgi ve tutumlarında bir değişiklik yapıp yapmayacağını merak etmektedir.

Nasıl Depolayalım?

Mum üretimi yapan bir firma, ürettiği silindir şeklindeki mumları otellere satmaktadır. Üretilen mumların çapları 3,6 cm ve yükseklikleri yaklaşık 1cm'dir. Firma bu mumları 45'er adet sığabilecek özel kutularla depolayıp satmaktadır. Firmaya depolama için üç kutu çeşidi önerilmektedir. Bu kutuların yükseklikleri 1cm'dir ve maliyetleri taban kenarlarının ölçülerine göre Tablo 1'de gösterilmektedir.

Genişlik (Cm)	Uzunluk (Cm)	Maliyet (TL)
20	20	50
20	30	75
20	40	100

1. Firma sahibi, bir matematikçi olarak sizden yardım istemektedir. Sizce firma sahibi hangi boyutlardaki kutuyu seçmelidir?

2. Seçiminizi firma sahibinin anlayabileceği şekilde nedenleri ile açıklayınız

Şekil 6. Problem 1

Resim 1. Problem 1'in Uyarlandığı Mum Örnekleri

Bu soruda öğrencilerden verilen kutulardan en uygunu bulmaları istenmektedir. Araştırmacı soruyu uyarlarken doğru kutunun ölçülerini, öğrencilerin ilk akıllarına gelmesi muhtemel olan mumların Resim 2'deki gibi düz bir şekilde dizilimi ile sığmayacağı fakat farklı bir dizilim ile sığabileceği şekilde vermiştir. Araştırmacı böylelikle öğrencilerin alternatif çözümler üretip üretemeyeceğini veya ilk akıllarına gelen çözümde takılıp takılmayacaklarını merak etmektedir.

Resim 2. Problem 1'in Çözümünde İlk Akla Gelen (Rutin) Dizilim Şekli

Bu grup çalışmasında öğrencilerden bir kutuya karar vermeleri ve karar verdikleri kutunun doğru kutu olduğuna şirket sahiplerini ikna etmeleri ve bunu yazılı olarak raporlamaları istenmiştir. Yani matematiksel modelleme basamaklarından en az görülen doğrulama basamağını (Kertil, 2008) uygulamaları istenmiştir.

Bir sonraki haftada araştırmacı aynı soru metnini gruplara dağıtmış ve yeterli sayıda mum, cetvel, bant, mukavva, pergel ve maket bıçağı gibi materyalleri gruplara dağıtarak yaptıkları çözümün doğruluğunu uygulamalı olarak göstermelerini ve bu şekilde çözümlerinde bir hata olduğunu düşünüyorlarsa yeniden çözüm yapıp raporlamalarını istemiştir.

3.3.2.2. Tasarım 2

Araştırmacı ikinci tasarımda, ikinci çalışma grubundaki öğrencileri de yine kendi istekleri doğrultusunda 3'erli veya 4'lerli gruplara yine Şekil 5'teki problem durumunu dağıtmıştır. Fakat araştırmacı bu gruplara problem durumu ile birlikte yeterli sayıda mum, cetvel, bant, mukavva, pergel ve maket bıçağı gibi materyalleri de dağıtarak problem durumunu materyalleri kullanarak çözmeleri istenmiştir. Ardından bir hafta sonra gruplardan buldukları çözümü teorik olarak da çözüp göstermeleri istenmiştir.

Araştırmacı, Tasarım 1 ve Tasarım 2'deki uygulamaları yaparken öğrencilerin teorik çözümden uygulamalı çözüme (Tasarım 1: Teori $\longrightarrow$ Uygulama) ve uygulamalı çözümden teorik çözüme (Tasarım 2: Uygulama $\longrightarrow$ Teori) geçerken yaşadıkları süreçleri merak etmektedir. Bu şekilde verileri analiz ederek ve katılımcılarla bu veriler ışığında görüşmeler yaparak hangi tasarımın daha doğru ve verimli olduğunu anlamaya çalışmıştır.

3.3.2.3. Tasarım 3

Araştırmacı, birinci ve ikinci tasarımlardan elde ettiği veriler sonucunda üçüncü tasarıma hangi tasarımın daha verimli olduğuna katılımcıların da görüşlerini mülakat ve e-posta yolu ile alarak karar vermiştir. Bu üçüncü ve son tasarımda araştırmacı üçüncü çalışma grubuna yine diğer gruplarda olduğu gibi Modelleme 1 testini dağıtmış ve katılımcılardan cevaplandırmalarını istemiştir. Ardından öğrencileri 3'erli, 4'erli ve 5'erli gruplara ayırarak Şekil 5'teki "Nasıl Depolayalım?" sorusunu teorik olarak çözmelerini ve çözümlerini anlaşılır bir şekilde raporlamalarını istemiştir. Bir hafta sonra çözüm raporları katılımcılara geri dağıtılarak verilen uygun materyallerle (yeterli sayıda mum, cetvel, bant, mukavva, pergel ve maket bıçağı gibi materyaller) çözümlerini doğrulamaları varsa eksik veya hatalarını gözden geçirerek çözüm raporlarına son şeklini vermeleri istenmiştir.

Bir sonraki hafta araştırmacı katılımcılara Şekil 7'deki yeni problem durumunu dağıtmış ve çözmelerini istemiştir. Bu problem durumu da TÜBA Yayınları "Lise Konuları İçin Günlük Hayattan Modelleme Soruları" (Erbaş vd., 2016) kitabından uyarlanmıştır.

Bu problem durumunda da ilk hafta araştırmacı gruplardan problemi çözmelerini ve çözümlerini anlaşılır biçimde raporlamalarını istemiştir. İkinci hafta ise araştırmacı çözüm kâğıtlarını gruplara geri dağıtarak Resim 3'deki, araştırmacı tarafından hazırlanan, minyatür dönme dolap modeli üzerinden çözümlerinin doğruluğunu kontrol etmelerini ve çözümlerini doğrulamalarını istemiştir. Model, üzerine eklenen güç devresi ile anahtar yardımıyla her iki yöne otomatik olarak dönebilen hareketli hale getirilmiş bir modeldir.

Araştırmacı Resim 3'deki modeli öğrencilerin önüne koyarak onlardan teorik çözümleri sonucunda ulaşmış oldukları matematiksel modeldeki değişkenlerin değerlerini bu modelin ölçülerine uyarlayarak hesaplamalarını istemektedir. Ayrıca yaptıkları hesaplamaların doğru olup olmadığını model üzerinden cetvel ve cep telefonlarındaki hesap makinesi ve süreölçer gibi uygulamaları da kullanarak kontrol etmelerini ve sonucu rapor etmelerini beklemektedir.

DÖNME DOLAP

İngiltere'nin başkenti Londra'daki "London Eye" ismiyle bilinen dönme dolap Londra'yı kuşbakışı izlemek isteyenler için tavsiye edilmektedir. 1999 yılında inşa edilen ve dünyanın en büyük dönme dolaplarından olan yapı, yıllık 4 milyon civarında ziyaretçisiyle Londra'nın önemli turizm kaynaklarından biri haline gelmiştir. 135 metre yüksekliğindeki bu dönme dolap her biri 25 kişi kapasiteli, içinde insanların rahatça dolaşabileceği genişlikte 32 kapsülden oluşmaktadır. Dönme dolabın bir diğer özelliği de hiç durmadan hareketine devam etmesidir. Yani yolcu indirmek ya da bindirmek için durmayan dolap, insanların yer seviyesinde kapsüllere rahatlıkla inip binebileceği kadar yavaş hareket etmektedir.

Londra'daki "London Eye" ismiyle bilinen dönme dolabı inceleyen ve müşteri potansiyelinden etkilenen bir yatırımcı, benzer bir dolabı İstanbul'da Çamlıca tepesine yapmaya karar veriyor. Çapı 140 metre olması planlanan dönme dolap, yerden yüksekliği 3 metre olan bir platform üzerine kurulacaktır. Dönme dolap üzerine eşit aralıklarla her biri 30 kişi kapasiteli 36 kapsülün yerleştirilmesi düşünülmektedir. Kapsüllerin yüksekliği 7 metredir. Dönme dolabın bir tam turunu tamamlama süresi 30 dakika olarak planlanmaktadır. Kapsüllerin içerisine yerleştirilecek olan elektronik göstergelerde müşteriye anlık olarak aktarılması planlanan bilgiler şunlardır:

- Yerden yükseklik,
- Kapsüle bindikleri noktaya olan uzaklık,
- Hız.

Bu bilgileri anlık hesaplayabilecek yazılımı geliştirecek bilgisayar programcısına yardımcı olmanız istenmektedir. Bu çerçevede, programcıya bu bilgilerin matematiksel olarak nasıl hesaplanabileceği konusunda bir yöntem önermeniz istenmektedir. Ayrıca yatırımcı yaptırmak istediği dönme dolabın minyatürü üzerinde önerdiğiniz matematiksel modellerin doğruluğunu göstermenizi de isteyecektir. Çözüm esnasında kapsülün yüksekliği isteğe bağlı olarak ihmal edilebilir.

Şekil 7. Problem 2

Resim 3. Dönme Dolap Modeli

Araştırmacı okuyuculara kolaylık olması ve daha rahat anlaşılabilir olması için her üç tasarımı da aşağıdaki gibi bir arada özetlemiştir:

- Tasarım 1
  - Modelleme 1 testinin çözdürülmesi
  - Problem 1'in teorik olarak çözdürülmesi
  - Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi
  - Modelleme 2 testinin çözdürülmesi
  - Mülakatlar
- Tasarım 2
  - Modelleme 1 testinin çözdürülmesi
  - Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi

- Problem 1'in teorik olarak çözdürülmesi
- Modelleme 2 testinin çözdürülmesi
- Mülakatlar

- Tasarım 3
  - Modelleme 1 testinin çözdürülmesi
  - Problem 1'in teorik olarak çözdürülmesi
  - Problem 1'in uygulamalı olarak çözdürülmesi
  - Problem 2'nin teorik olarak çözdürülmesi
  - Problem 2'nin uygulamalı olarak çözdürülmesi
  - Modelleme 2 testinin çözdürülmesi
  - Mülakatlar

3.3.3. Görüşme

Nitel araştırmalarda genellikle çevreyle ilgili, süreçle ilgili ve algılarla ilgili olmak üzere üç tür veri toplanır (LeCompte ve Goetz, 1984). Bu üç tür veriyi toplamak için en yaygın kullanılan nitel veri toplama yöntemleri görüşme, gözlem ve doküman analizidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Nitel araştırmalarda en çok kullanılan yöntem görüşmedir. (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Araştırmacı da öğrencilerin problem çözme sürecindeki düşüncelerini derinlemesine incelemek için bu yöntemi seçmiştir. Çünkü görüşme, katılımcıların duygularını, bakış açılarını, deneyimlerini ve düşüncelerini ortaya koyan oldukça kuvvetli bir yöntemdir (Bogdan ve Biklen, 1992). Görüşmede temel yöntem sözlü iletişimdir ve konuşma ile veri toplanmaya çalışılır.

Görüşmenin konuşma şeklinde günlük yaşamda en çok kullandığımız iletişim becerisi ile gerçekleştirilmesi ilk başta kolay bir veri toplama yöntemi gibi gözükmesine neden olmaktadır. Ancak Patton'a (1987) göre görüşmenin beceri, duyarlık, yoğunlaşma, anlayış, zihinsel uyanıklık, öngörü ve disiplin gibi birçok boyutu vardır ve bu boyutlarıyla görüşme hem sanat hem de bilimdir.

Literatüre bakıldığında birçok görüşme türü tanımlandığı görülmektedir. Genel olarak iki tür görüşme çeşidinden söz edilmektedir: Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış mülakatlar (Stewart ve Cash, 2014; Chadwick vd., 1984; akt., Yıldırım ve Şimşek, 2013). Büyüköztürk ve diğerlerine (2013) göre görüşmeler, yapılandırılmış görüşmeler, yapılandırılmamış görüşmeler, yarı yapılandırılmış görüşmeler, etnografik görüşmeler ve odak grup görüşmeleri olmak üzere beş türe ayrılmaktadır. Balcı (2011) görüşme türlerini şu şekilde sıralamaktadır: Planlı-derinliğine ya da eylem mülakat, tam yapılaştırılmış-kalıplaştırılmış mülakat ve stres mülakatı. Patton (1987) ise üç tür görüşmeden bahsetmektedir: Sohbet tarzı görüşme, görüşme formu yaklaşımı ve standartlaştırılmış açık uçlu görüşme tarzı.

Araştırmacı öğrencilerin problem çözerken nasıl düşündüklerini derinlemesine incelemek; bunu yaparken de ilgili konudan çok sapmamak ve dağılmamak için yarı yapılandırılmış görüşme türünü tercih etmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler araştırmacının önceden hazırlanan konuya bağlı kalmasını sağlamanın yanı sıra araştırmacıya görüşme sürecinde daha ayrıntılı bilgi elde etmek için fazladan soru sorma özgürlüğü de vermektedir (Büyüköztürk, Kılıç-Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2013). Araştırmacı görüşme esnasında etkili soru sorabilmek, dinleyebilmek ve öğrencilerin jest ve mimik hareketlerini takip edebilmek için görüşülen kişinin iznine tabi olmak kaydıyla görüşmeyi ses kayıt cihazı ile kaydetmiştir.

Araştırmacı birinci ve ikinci tasarımdaki tüm öğrencilerden e-posta adreslerini talep etmiş ve onlardan çalışmayı değerlendirebilecekleri aşağıdaki 5 soruya yanıt vermelerini istemiştir.

1. Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?
2. Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?
3. Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?
4. Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?

5. Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?

Yukarıdaki sorulara e-posta yolu ile verilen cevapları inceleyen araştırmacı, bu verileri de dikkate alarak gruplardan rastgele öğrenciler belirleyerek belirlenen öğrencilerle yukarıdaki sorular ve yapılan tüm çalışmalar çerçevesinde yarı yapılandırılmış mülakatlar yapmıştır.

Araştırmacı birinci ve ikinci tasarımları inceleyip zenginleştirerek uyguladığı üçüncü tasarımın sonucunda tüm gruplarla yukarıdaki beş soruya ek olarak aşağıdaki üç soru eklenerek yarı yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

1. Yapılan uygulamaların tamamını düşündüğünüzde, yaptığınız uygulamaları hangi branşlarla veya mesleklerle ilişkilendirebilirsiniz? Bu ilişkilendirmelerin eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?
2. Bütünleşik eğitim yaklaşımları, yani fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimlerinin birbirleri ile ilişkilerinin fark ettirilerek işlenmesi hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Bunun eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?
3. Sizce bu tarz uygulamalar matematik eğitiminde kullanılmalı mı? Bunun faydaları neler olabilir? Bu tarz uygulamaların öğretmenlik hayatınıza ne gibi katkıları olabilir?

3.4. Verilerin Çözümlenmesi ve Yorumlanması

Toplanan verileri analiz edip onlara anlamlar yükleme ve çıkarsamalarda bulunma süreci bilimsel çalışmaların önemli aşamalarından biridir. Karma yöntemlerde veri analizi önemli bir aşamadır. Karma yöntemlerde toplanan nicel ve nitel verilerin birleştirilmesi problemi araştırmacıların üzerinde yoğun çalışmalar yaptığı ve çeşitli öneriler sunduğu bir sorundur (Creswell ve Plano Clark, 2011). Çünkü ayrı veri türü olan nicel ve nitel verilerin bütünleştirilmesi ve tutarlı bir bütün halinde yorumlanması gerekmektedir. Araştırmacı bu çalışmasında araştırmacıların önerilerini de dikkate alarak karma yönteme uygun bir şekilde topladığı nicel ve nitel verileri nasıl analiz edip verilere nasıl anlamlar yükleyeceğinden bahsedecektir.

3.4.1. Modelleme Testlerinin Değerlendirilmesi

Çoktan seçmeli sorulardan oluşan modelleme testlerinde en doğru seçenek 2 puan, doğruya yakın seçenek 1 puan ve diğerleri 0 puan olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde her bir sorudan elde edilen puanlar elektronik ortama aktarılarak betimsel istatistik yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz edilen Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde dilen bulgular tablolar halinde sunularak karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

3.4.2. Problemlerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde süreç boyunca öğrencilere yöneltilen problem durumlarının analizinde izlenen yol aktarılacaktır. Araştırmacı problemlerin değerlendirilmesinde iki aşamalı bir yol tercih etmiştir. İlk önce grupların problemleri nasıl çözdüklerini anlamaya yönelik genel bir değerlendirme yapılmış, ardından bu çözüm süreçleri Tablo 4'teki matematiksel modelleme aşamalarına göre detaylı analiz edilmiştir.

3.4.2.1. Problemlerin Genel Değerlendirilmesi

Bu aşamada Tasarım 1, Tasarım 2 ve Tasarım 3 süreçlerinde katılımcılara dağıtılan problem durumlarının değerlendirilmesinde katılımcıların çözümleri incelenmiş ve çözümler "doğru", "yanlış" veya "kısmen doğru" kategorilerine göre genel olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular betimsel analiz yardımıyla sayısallaştırılarak tablolar halinde okuyuculara sunulmuş ve yorumlanmıştır.

3.4.2.2. Problem Süreçlerinin Değerlendirilmesi

Veri analizi nitel araştırmacıların en fazla zorluk yaşadıkları aşamalardan biridir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Araştırmacılara göre nitel veri analizinin standartlaştırılması oldukça zordur ve bu standartlaştırma araştırmacıyı sınırlar (Strauss, 1987; Coffey ve Atkinson, 1996; Yıldırım ve Şimşek, 2013). Ancak yine de nitel veri analizi sürecinin kapsamlı ve sistematik olması gerekir (Coffey ve Atkinson, 1996). Literatürde pek çok nitel veri analizi yaklaşımından bahsedilse de temelde nitel veri analizi iki başlık altında toplanmaktadır: betimsel analiz ve içerik analizi (Strauss ve Corbin, 1990).

Betimsel analiz, içerik analizine göre daha yüzeyseldir ve daha çok araştırmanın kavramsal çerçevesinin ve temalarının bilindiği araştırmalarda kullanılır (Yıldırım ve

Şimşek, 2013). İçerik analizi ise toplanan verilerin derinlemesine analiz edilmesini gerektirir ve önceden bilinmeyen temaların ve boyutların ortaya çıkarılmasını sağlar (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmada problemlerin değerlendirileceği temalar (Matematiksel modelleme sürecindeki aşamalar. Bkz. Tablo 4.) belli olduğu için betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır.

Problem süreçlerinin değerlendirilmesinde araştırmacılar (Izard vd., 2003) tarafından geliştirilen ve Maaß'ın (2006) Tablo 2'de verilen matematiksel modelleme yeterlik ve alt yeterliklerini de ölçmeye yarayan Tablo 4'teki matematiksel modelleme aşamaları değerlendirme sürecinin temaları olarak belirlenmiştir. Sekiz aşamadan oluşan bu değerlendirme ölçeği Kertil (2008) tarafından uzman görüşü de alınarak "Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma." aşaması ayrı bir aşama olarak eklenerek dokuz aşamaya çıkartılmıştır. Eklenen bu aşama ile öğrencilerin çözümlerini karşısındakilere aktarabilme ve yaşadıkları süreci ifade edebilme yeterliği de ölçülmüştür. Bu çalışmada da Kertil'in (2008) düzenlediği bu sınıflandırması kullanılmıştır (Bkz. Tablo 5). Bu aşamalara göre katılımcıların problem çözümleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve aşamaların çözümlerde görülme yüzdeleri tablolar yardımıyla okuyucuya sunulmuştur. Aşamaların çözümlerde gösterilip gösterilmediğini belirlemek için Kertil'in (2008) çalışmasında kullandığı Tablo 6'daki değerlendirme formatı kullanılmıştır.

Tablo 5.
Problem Sürecinin Değerlendirilmesindeki Aşamalar

A: Problemi tanımlama A_1: Verilenleri belirleme ve sadeleştirme A_2: Hedefi belirginleştirme A_3: Problemi formülleştirme
B: Problem durumlarını matematiksel formül ve denklemlerle ifade etme ve çözme B_1: Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme B_2: Matematiksel ifadeleri formülleştirme B_3: Bir matematiksel model seçme ve uygulama
C: Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma
D: Çözümü açıklamak için grafik ve diagram gösterimlerinden yararlanma
E: Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme

Tablo 6.
Aşamaları Değerlendirme Formatı

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok									
	Doğru									
	Eksik									

Tablo 6'da görülen "Yok" ifadesi ilgili aşamanın problemin çözüm sürecinde hiç gözlemlenmediğini ifade etmektedir. "Doğru" ifadesi, ilgili aşamanın çözüm sürecinde tam ve eksiksiz bir şekilde gözlemlendiğini ifade etmektedir. "Eksik" ifadesi ise ilgili aşamanın çözüm sürecinde eksik veya hatalı bir şekilde gözlemlendiğini ifade etmektedir.

3.4.3. Mülakatların Değerlendirilmesi

Yukarıda da ifade edildiği üzere nitel araştırmalarda standart bir analiz yönteminden bahsetmek oldukça zordur. Bu çalışmada yapılan görüşme kapsamında elde edilen verilerin analizi için, İrez'in (2006) çalışmasında kullandığı nitel veri analiz yöntemi esas alınacaktır. Veri analizine öncelikle ses kayıt cihazına kaydedilen konuşmaların yazı diline aktarılmasıyla başlanmıştır. Devam edilen analiz sürecinde ilk olarak veriler kodlanmıştır. Kodlama, verilerdeki sorulara ve bu sorulara katılımcıların verdiği cevaplara numara verilerek gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kodlanan bu veriler incelenerek araştırmacının sorduğu sorular bağlamında kullanılabilecek olan veriler gruplandırılmıştır. Gruplandırılan bu yoğun veriler toparlanarak sorulan mülakat soruları bağlamında özetlenmiş ve bu analiz sonucunda elde edilen verilerle araştırma desteklenerek bulgular kısmı okuyuculara aktarılmıştır.

3.5. Geçerlik ve Güvenirlik

Yapılan herhangi bir çalışmanın veya araştırmanın bilimselliğinin ölçütü yapılan bu çalışmanın belirli standartlar ve kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmesidir. Bu kurallar ve standartlar "Geçerlik" ve "Güvenirlik" kavramları ile ifade edilmiştir. Bu kavramlar bilimsel çalışmaların temeli olan nicel araştırmalarda, nicel araştırmaların tarihi kadar eski olan ve kullanılagelen kavramlardır.

"Geçerlik" kavramı genel manada çalışılan konu sonucunda elde edilen verilerin doğruluk derecesini ifade ederken, "Güvenirlik" kavramı ise çalışılan konunun tekrar edilebilirliğini ifade eden kavramdır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). LeCompte ve Goetz (1982) geçerliği "iç geçerlik" ve "dış geçerlik", güvenirliği de yine aynı şekilde "iç güvenirlik" ve "dış güvenirlik" olmak üzere ikişer kısma ayırmaktadırlar. Dış geçerlik, araştırma sonucunda elde edilen bulguların benzer grup veya ortamlara aktarılabilirliğini ifade ederken, iç geçerlik ise araştırma sonuçlarına ulaşırken kullanılan yöntem ve tekniklerin araştırma problemini çözmedeki yeterliliğini ifade etmektedir. Dış güvenirlik, araştırma sonuçlarının benzer ortamlarda aynı sonuçları hangi oranda verip veremeyeceğini yani genellenebilirliğini ifade ederken, iç güvenirlik ise farklı araştırmacıların aynı veriyi kullanarak aynı sonuçlara ulaşabilmesini ifade etmektedir.

Nicel araştırmalarda veriler nesnel olduğu için verilerin genellenebilirliği ön plandadır. Dolayısıyla nicel araştırmalarda güvenirlik geçerliğe göre daha ön planda tutulmuştur. Nicel araştırmacılara göre bir araştırmada yüzde yüz güvenirlik elde etmek mümkün iken yüzde yüz geçerlik elde etmek mümkün değildir (Kirk ve Miller, 1986). Nicel araştırmacılar bu varsayımlarını çeşitli şekillerde örneklendirmektedirler. Örneğin hatalı ölçüm yapan bir eşit kollu terazi ile kütlesi ölçülen bir cisme eşit kütlede, farklı cisimleri aynı terazi ile ölçebilir ve bu cisimlerin kütlelerinin birbirlerine eşit olduğunu yüzde yüz güvenirlikle söyleyebiliriz. Fakat bu ölçümün aynı derecede geçerli olduğu savunulamaz. Bu yüzden nicel araştırmalarda veriler nesnel olduğu için güvenilirlik daha ön planda tutulmuştur. Kısacası nicel verinin doğası onun güvenirlik boyutunun ön plana çıkmasını sağlamıştır.

Nitel araştırmalarda ise veri öznel olduğu için öznel verinin güvenilir olması ve genellenebilir olması nesnel veriler kadar mümkün olmadığından nitel araştırmacılar güvenirliği değil geçerliği ön planda tutmuşlardır. Çünkü nitel araştırmaların özellikleri geçerlik açısından araştırmacıya önemli avantajlar sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Örneğin Yıldırım ve Şimşek'e (2013) göre nitel araştırmalarda araştırmacının esnek olması araştırmanın geçerliğini artırmada önemli bir etken olmaktadır. Araştırmacı araştırma sürecinde esnek olduğu için süreç içinde ortaya çıkan durumlara yönelik ek tedbirler alabilmekte ve veri kaynağını çeşitlendirerek geçerliği artırabilmektedir. Lincoln ve Guba (1985, akt., Yıldırım ve Şimşek) nicel araştırmalardaki geçerlik ve güvenirlik kavramları yerine nitel araştırmalara daha uygun olduklarını düşündükleri alternatif kavramlar ortaya koymuşlardır. "İç geçerlik" yerine "inandırıcılık", "dış geçerlik (genelleme)" yerine "aktarılabilirlik", "iç güvenirlik" yerine "tutarlık" ve "dış güvenirlik (tekrar edilebilirlik)" yerine "teyit edilebilirlik" kavramlarını ortaya koymuşlardır. Bu kavramların karşılaştırılması Tablo 7'de verilmiştir.

Araştırmacı bu çalışmasında hem nicel hem de nitel veri kullandığı için her iki veri türünün de araştırmacılardan istediği geçerlik ve güvenirlik kıstaslarına azami ölçüde dikkat etmeye çalışmıştır. Araştırmada nicel veri olarak geçerliği ve güvenirliği test geliştiricileri tarafından ifade edilen ve Kertil (2008) tarafından Türkçeye uyarlanan

Modelleme 1 ve Modelleme 2 testleri kullanılmış ve uzman yardımıyla uygun istatistiksel yöntem ve teknikler ile de analiz edilerek okuyucuya sunulmuştur.

Tablo 7.
Geçerlik Ve Güvenirlik Konusunda Nicel ve Nitel Araştırmada Kabul Gören Kavramların Karşılaştırılması[2]

Ölçüt	Nicel Araştırma	Nitel Araştırma	Kullanılan Yöntemler
Araştırma sonuçları yoluyla gerçeğin doğru temsili	İç geçerlik	İnandırıcılık	Uzun süreli etkileşim Derinlik odaklı veri toplama Çeşitleme Uzman incelemesi Katılımcı teyidi
Sonuçların uygulanması	Dış geçerlik (genelleme)	Aktarılabilirlik (Transfer edilebilirlik)	Ayrıntılı betimleme Amaçlı örnekleme
Tutarlığı sağlama	İç güvenirlik	Tutarlık	Tutarlık İncelemesi
Nesnel, yansız olma	Dış güvenirlik (Tekrar edilebilirlik)	Teyit edilebilirlik	Teyit İncelemesi

Bu çalışma nitel ağırlıklı bir çalışma olduğu için araştırmacı nitel veri analizinde dikkat edilmesi gereken ve Tablo 7'de sunulan "İnandırıcılık", "Aktarılabilirlik", "Tutarlık" ve "Teyit edilebilirlik" kıstaslarının her birine kullanılan yöntemler bakımından dikkat etmiştir. Araştırmacı nitel verilerde inandırıcılığı sağlamak için katılımcılarla uzun süreli etkileşim halinde olmuştur. Nitel veri toplanma süreci Tasarım1, Tasarım 2 ve Tasarım 3 süreçleri düşünüldüğünde yedi aylık bir süreyi kapsamıştır. Bu süreçte araştırma sorularına cevap bulunabilmesi için doküman analizi, mülakatlar ve video kayıtları gibi zengin veri toplama araçları ile veriler derinlemesine toplanmıştır. Toplanan bu veriler araştırmacı tarafından analiz edildikten sonra iki ayrı uzmana da analiz ettirilerek analizler karşılaştırılmış ve kontrol edilmiştir. Katılımcı teyidi olarak da katılımcılarla görüşmeler yapılmış ve hem modelleme testleri hem de problem çözümleri araştırmacı ile birlikte incelenmiştir.

Nitel verilerin aktarılabilirliğini sağlamak için önerilen ayrıntılı betimleme ve amaçlı örnekleme yöntemlerine çalışma süresince dikkat edilmiş ve alınan önlemler yöntem

[2] Erlandson, Harris, Skipper ve Allen'den (1993) Türkçeye uyarlayan Yıldırım ve Şimşek (2013).

bölümü boyunca (çalışma gruplarının seçimi, verilerin toplanması ve analiz edilmesi süreçleri) ayrıntılı olarak okuyuculara sunulmuştur. Verilerin tutarlığının sağlanması için de farklı kaynaklardan toplanan veriler (modelleme testleri, problem çözümleri, görüşmeler) birlikte ve karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Son olarak çalışma sonunda yapılan görüşmeler de teyit edilebilirliği sağlamıştır. Ayrıca analiz boyunca yapılan çalışmalar iki farklı uzmana sürekli kontrol ettirilerek de teyit edilmiştir.

Yukarıda anlatılan tüm önlemlere ve yapılan çalışmalara rağmen karma yöntemlerde geçerliğin ve güvenirliğin sağlanması sorunu oldukça önemlidir. Karma yöntemlerde hem nicel hem de nitel veriler birlikte kullanıldığı için her iki veri türünün de geçerliğini ve güvenirliğini sağlamak önemli bir problem teşkil etmektedir. Creswell ve Plano Clark (2011) karma yöntemi anlattıkları kitaplarında bu konuya değinmişler ve bu problemin ortadan kaldırılabilmesi veya en aza indirgenebilmesi için araştırma desenine göre çeşitli tavsiyelerde bulunmuşlardır. Creswell ve Plano Clark'a (2011) göre karma yöntemlerde geçerlik, verilerin toplanması, analiz edilmesi, nicel ve nitel verilerin birleştirilmesi ve birlikte yorumlanması ve bu yorum sonuçlarını aktarırken kullanılan stratejileri kullanma olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacılar bu tanımlamalarına göre tablolar halinde olası problemler ve çözüm önerileri sunmuşlardır (Creswell ve Plano Clark, 2011). Bu çalışmada araştırmacıların önerdiği çözüm önerilerinden çalışmayı ilgilendiren maddeler azami ölçüde dikkate alınmış ve yapılan uygulamalar Tablo 8'de okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 8.
Karma Yöntemlerde Geçerliği Sağlamak İçin Verileri Birleştirmede Ortaya Çıkabilecek Olası Tehditler, Çözüm Önerileri ve Araştırmacının Uygulamaları

Verileri Birleştirirken Ortaya Çıkabilecek Olası Geçerlik Tehditleri	Tehditleri En Aza İndirgemek İçin Stratejiler	Bu Çalışmada Yapılanlar
Nicel ve nitel verileri toplamak için uygun olmayan bireyleri seçme	Verileri karşılaştırılabilir hale getirmek için aynı evrenden nicel ve nitel örneklemi oluşturunuz.	Araştırmacı çalışmasında nicel ve nitel örneklemi aynı evrenden seçmiştir.
Nitel ve nicel veri toplama için eşit olmayan örneklem büyüklüklerini elde etme	Geniş nitel örneklemler veya küçük nicel örneklemler kullanarak aynı sayıda durum seçiniz.	Araştırmacı çalışmasında her iki veri türü için de uygun olabilecek eşit büyüklükte bir örneklem ile çalışmıştır.

Verileri Birleştirirken Ortaya Çıkabilecek Olası Geçerlik Tehditleri	Tehditleri En Aza İndirgemek İçin Stratejiler	Bu Çalışmada Yapılanlar
Bir veri toplama türü yerine diğer bir tür veri toplama yoluyla olası taraflılık oluşturma (deneme devam ederken denemeye nitel verileri ekleme)	Aynı veri toplama süreçlerini kullanınız ve verileri denemenin sonunda toplayınız.	Araştırmacı çalışmasında tüm tasarım gruplarında aynı veri toplama süreçlerini kullanmış ve verileri süreçlerin sonunda toplamıştır.
Aynı konulara değinmeyen iki veri türünü toplama	Hem nicel hem de nitel veri toplamada aynı (paralel) soruya yönelik olunuz.	Araştırmacı çalışmasında hem modelleme testlerinde (nicel veri) hem de problem durumlarının çözümlerinde (nitel veri) aynı matematiksel modelleme süreçlerini analiz etmeye çalışmıştır. Dolayısı ile paralel sorulara yönelik çalışmıştır.
Verileri dönüştürmek için yetersiz yaklaşımları kullanma (örneğin, yorumlanamayan gösterim)	Nicel sınıflamalı veriler ve nitel temalar ile ortak bir gösterim geliştiriniz veya başka gösterim biçimlerini kullanınız.	Araştırmacı çalışmasında literatürde daha önce var olan veri birleştirme yöntemlerinden nitel veriyi nicelleştirerek birleştirip yorumlama yoluna gitmiştir. Daha sonra bu yorumları görüşme verileri ile desteklemiştir.
İki analiz bulgusunu mantıklı olmayan bir şekilde karşılaştırma	İstatistiksel bulgular ile eşleşen alıntılar bulunuz.	Araştırmacı çalışmasında bulgularını destekleyici atıflara yer vermiştir.
Nicelleştirilmiş nitel bulguları analiz etmek için uygun olmayan istatistikleri kullanma	Puanların dağılımını inceleyiniz ve eğer gerekli ise parametrik olmayan istatistiklerin kullanımını düşününüz.	Araştırmacı çalışmasında parametrik olmayan istatistiklere yer vermiştir.
Bir veri türüne diğerinden daha fazla ağırlık verme	Eşit bir şekilde her iki veri grubunun bulgularını sunmak için süreçleri kullanınız (örneğin; ortak bir gösterim) veya bir veri türünün probleme ilişkin neden daha iyi bir anlayış sağladığına yönelik mantıklı bir açıklama sununuz.	Araştırmacı çalışmasında nicel ve nitel verileri aktarırken nitel verileri mümkün olduğunca nicelleştirerek hem ortak gösterimi kullanmış hem de nicelleştirilemeyen nitel verilerin gerekliliği ile ilgili açıklamaları da yöntem bölümünde yapmıştır.

BÖLÜM IV: BULGULAR

Araştırmacı tasarım tabanlı araştırma yaptığı bu çalışmasında bulguları her bir tasarım için ayrı ayrı okuyuculara sunacaktır. Birinci tasarım çalışmasında ilk önce modelleme 1 ve modelleme 2 testlerinden elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak paylaşılacaktır. İkinci olarak "Nasıl Depolayalım?" probleminin çözümünden elde edilen bulgular iki aşamalı olarak raporlanacaktır. İkinci tasarım çalışmasında da aynı şekilde elde edilen bulgular paylaşılacaktır. Ardından birinci ve ikinci tasarım sonuçları, mülakat sonuçlarından elde edilen bulgular ile karşılaştırmalı olarak okuyuculara aktarılacaktır. Son olarak tüm bu bulgular ışığında üçüncü tasarıma son şeklinin nasıl verildiği okuyuculara aktarılacaktır. Üçüncü tasarım sonucunda elde edilen bulgular da birinci ve ikinci tasarım bulgularının paylaşıldığı benzer süreçlerle okuyuculara aktarılacaktır.

4.1. Tasarım 1 Bulguları

Bu bölümde araştırmacı birinci çalışma grubundan elde edilen bulguları üç aşamalı olarak sunacaktır. İlk önce "Modelleme 1" ve "Modelleme 2" testlerinden elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak sunulacaktır. İkinci olarak "Problem 1"e grupların getirdikleri çözümler iki aşamalı olarak okuyuculara sunulacaktır. Son olarak katılımcıların e-posta ve mülakat verilerinden elde edilen bulgular da paylaşılacaktır. Araştırmacı, birinci çalışma grubundan verilen problemi ilk önce teorik olarak çözmelerini ardından belirli bir süre sonra teorik olarak ulaştıkları çözümü uygulamalı olarak doğrulamalarını istemiştir. İkinci çalışma grubundan da ilk önce problemi uygulamalı olarak çözmelerini ve ardından da uygulamalı olarak ulaştıkları çözüme teorik olarak da ulaşmalarını istemiştir. Bu iki tasarım arasındaki farkı analiz ederek hangisinin daha uygulanabilir ve verimli olduğuna verilerin ve mülakatların da yardımıyla karar verilmiştir. Bu kısımda birinci tasarım (teoriden uygulamaya) sonucu elde dilen bulgular paylaşılacaktır.

4.1.1. Modelleme Testleri

Modelleme testleri katılımcıların, Tablo 4'te ifade edilen aşamaları hangi ölçüde gerçekleştirebildiklerini ölçmek için uygulanmıştır. Modelleme testleri her bir aşamayı ölçen en az ikişer soru olmak üzere toplam 22 sorudan oluşmaktadır. Bu 22 soru, karşılaştırmanın ve yorumlamanın daha rahat ve daha doğru yapılabilmesi için paralel iki test olacak şekilde 11'er soruluk iki bölüm halinde uygulanmıştır. Her iki testteki soruların Tablo 4'teki hangi aşamayı ölçmeyi hedefledikleri Tablo 9'da verilmiştir.

Bu testlerdeki her bir sorunun doğru cevabına "2", doğuya yakın cevabına "1" ve yanlış cevabına "0" puanları verilerek ölçüm yapılmıştır. Testler toplamda 22 puan üzerinden değerlendirilmiş ve bulgular detaylı bir şekilde tablolar yardımıyla rapor edilmiştir.

Tablo 9.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerinin Ölçmeyi Hedefledikleri Yeterliklere Göre Soru Dağılımları

Modelleme Sürecindeki Aşamalar/Yeterlikler	Modelleme 1 Testindeki Soru Numarası	Modelleme 2 Testindeki Soru Numarası
Verilenleri belirleme ve sadeleştirme	1. soru	1. ve 2. sorular
Hedefi belirginleştirme	2. ve 3. sorular	3. soru
Problemi formülleştirme	4. soru	4. ve 5. sorular
Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme	5. ve 6. sorular	6. soru
Matematiksel ifadeleri formülleştirme	7. soru	7. ve 8. sorular
Bir matematiksel model seçme	8. ve 9. sorular	9. soru
Grafik gösterimleri kullanma	10. soru	10. soru
Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme	11. soru	11. soru

4.1.1.1. Modelleme 1 Testi

Birinci çalışma grubunun Modelleme 1 testine verdikleri cevapların ortalamaları Tablo 10'da görülmektedir. Teste 22 öğrenci katılmıştır. Bu 22 öğrencinin puan ortalaması 22 puan üzerinden 10,45 olmuştur. Bu gruptaki öğrencilerden en yüksek puan alan 17 ve en düşük puan alan öğrenci ise 4 puan almıştır. Sorulardan en düşük ortalamaya sahip olan soru 0,55 ortalama ile 2. soru; en yüksek ortalamaya sahip sorular ise 1,32 ortalama ile 6. ve 7. sorular olmuştur. Ancak Tablo 10'da da görüldüğü gibi 6. sorunun standart sapması 0,89 iken 7. sorunun standart sapması 0,65 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda hem puan ortalaması yüksek hem de standart sapması düşük olan 7. soru öğrencilerin en başarılı olduğu soru olarak kabul edilmiştir.

Tablo 10.
Modelleme 1 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	0,86	0,83
Soru 2	0,55	0,60
Soru 3	0,82	0,73
Soru 4	1,23	0,81
Soru 5	1,23	0,87
Soru 6	1,32	0,89
Soru 7	1,32	0,65
Soru 8	0,82	0,73
Soru 9	0,68	0,84
Soru 10	0,73	0,88
Soru 11	0,91	0,87
Toplam	**10,45**	**3,08**

Birinci çalışma grubundaki öğrencilerin Modelleme 1 testinde en düşük yaptıkları 2. sorunun ölçmeyi hedeflediği yeterliğe bakıldığında "Hedefi belirginleştirme" yeterliği olduğu görülmektedir. Ortalaması en yüksek olan 6. ve 7. soruların ölçmek istediği yeterliklere bakıldığında ise “Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme” ve “Matematiksel ifadeleri formülleştirme” yeterlikleri olduğu görülmektedir.

Tablo 11’deki değerler incelendiğinde birinci tasarımdaki öğrencilerin Modelleme 1 testindeki tüm soruları cevaplama oranlarının %31,40 oranında doğru, %36,36 oranında yanlış ve %32,23 oranında kısmen doğru olduğu görülmektedir. Öğrencilerin en başarılı oldukları sorular %59,09 ile 6. soru ve %50 ile 5. soru olmuştur. En başarısız oldukları sorular ise %4,55 ile 2. soru ve %18,18 ile 3. ve 8. sorular olmuştur.

Modelleme 1 testinde öğrencilerin en başarılı oldukları soruların yeterliklerine bakıldığında “Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme” yeterliği; en başarısız oldukları soruların yeterliklerine bakıldığında ise 2. ve 3. sorular için “Hedefi belirginleştirme” yeterliği, 8. soru için ise “Bir matematiksel model seçme” yeterliği olduğu görülmektedir. Modelleme 1 testinin sonuçlarına genel olarak bakıldığında soruların yaklaşık %30’luk kısmının doğru diğer yaklaşık %70’lik kısmının ise ya kısmen doğru ya da yanlış olduğu görülmektedir. Bu da bu gruptaki öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerinin henüz yeterince gelişmediğini göstermektedir.

Tablo 11.
Modelleme 1 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 1 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	9	6	7	40,91	27,27	31,82
Soru 2	11	1	10	50,00	4,55	45,45
Soru 3	8	4	10	36,36	18,18	45,45
Soru 4	5	10	7	22,73	45,45	31,82
Soru 5	6	11	5	27,27	50,00	22,73
Soru 6	6	13	3	27,27	59,09	13,64
Soru 7	2	9	11	9,09	40,91	50,00
Soru 8	8	4	10	36,36	18,18	45,45
Soru 9	12	5	5	54,55	22,73	22,73
Soru 10	12	6	4	54,55	27,27	18,18
Soru 11	9	7	6	40,91	31,82	27,27
Toplam	**88**	**76**	**78**	**36,36**	**31,40**	**32,23**

4.1.1.2. Modelleme 2 Testi

Tasarım 1'de (Teori'den uygulamaya) yapılan çalışmaların ardından uygulanan Modelleme 2 testindeki soruların ortalamaları Tablo 12'de görülmektedir.

Modelleme 2 testinde ortalamanın 22 puan üzerinden 14,05'e yükseldiği görülmektedir. Bu testte en yüksek puan alan öğrenci 19 puan; en düşük alan öğrenci ise 9 puan almıştır. Testin ortalaması en yüksek olan soruları 1,64 ortalama ile 8. ve 10. soruları olmuştur. Ancak Tablo 12'de görüldüğü gibi 8. sorunun standart sapması 0,66 olarak, 10. sorunun standart sapması ise 0,73 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda öğrencilerin en başarılı olduğu sorunun 8. soru olduğu kabul edilmiştir. Testin ortalaması en düşük sorusu ise 0,73 ortalama ile 3. soru olmuştur.

Öğrencilerin bu testteki en başarılı oldukları yeterlikler 8. ve 10. sorular için sırasıyla "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" ve "Grafik gösterimleri kullanma" yeterlikleri olmuştur. Öğrencilerin en başarısız olduğu yeterlik ise yine " Hedefi belirginleştirme" yeterliği olmuştur.

Tablo 12.
Modelleme 2 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	1,05	0,65
Soru 2	0,95	0,79
Soru 3	0,73	0,83
Soru 4	1,27	0,77
Soru 5	1,32	0,78
Soru 6	1,59	0,73
Soru 7	1,36	0,73
Soru 8	1,64	0,66
Soru 9	1,00	0,69
Soru 10	1,64	0,73
Soru 11	1,50	0,67
Toplam	**14,05**	**2,38**

Tablo 13.
Modelleme 2 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 2 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	4	5	13	18,18	22,73	59,09
Soru 2	7	6	9	31,82	27,27	40,91
Soru 3	11	5	6	50,00	22,73	27,27
Soru 4	4	10	8	18,18	45,45	36,36
Soru 5	4	11	7	18,18	50,00	31,82
Soru 6	3	16	3	13,64	72,73	13,64
Soru 7	3	11	8	13,64	50,00	36,36
Soru 8	2	16	4	9,09	72,73	18,18
Soru 9	5	5	12	22,73	22,73	54,55
Soru 10	3	17	2	13,64	77,27	9,09
Soru 11	2	13	7	9,09	59,09	31,82
Toplam	**48**	**115**	**79**	**19,83**	**47,52**	**32,64**

Modelleme 2 testinde birinci çalışma grubunun en başarılı olduğu soru Tablo 13'de de görüldüğü gibi %77,27 yapılma oranı ile 10. soru olmuştur. 10. soruyu %72,73 oranla 6. ve 8. sorular takip etmiştir. Öğrencilerin en başarısız oldukları sorular ise %22,73 oranla 1. soru, 3. soru ve 9. soru olmuştur. Tablo 9'a göre bu soruların hangi yeterlikleri ölçmeyi hedeflediklerine baktığımızda öğrencilerin en başarılı olduğu 10. soru "Grafik gösterimleri kullanma" yeterliğini ölçmeye yöneliktir. 10. soruyu takip eden 6. ve 8. sorular sırasıyla "Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme" ve "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" yeterliklerini ölçmektedir. Öğrencilerin başarısız oldukları 1., 3. ve 9. soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklere bakıldığında ise sırasıyla "Verilenleri belirleme ve sadeleştirme", "Hedefi belirginleştirme" ve "Bir matematiksel model seçme" yeterlikleri olduğu görülmektedir.

Modelleme 2 testinin yüzdelerine genel olarak baktığımızda yaklaşık %48'lik kısmın doğru diğer %52'lik kısmın ya kısmen doğru ya da yanlış olduğu görülmektedir. Bu

%52'lik kısmın da sadece yaklaşık %20'lik kısmının yanlış olduğu düşünüldüğünde Modelleme 1 testine göre katılımcıların önemli bir ilerleme kaydettikleri görülmüştür.

Araştırmacı birinci tasarım grubunda Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen Tablo 14'teki toplam puanlar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını Wilcoxon T testi ile test etmiş ve sonucu Tablo 15'te okuyuculara sunmuştur. Araştırmacının bu testi kullanmasının sebebi verilerin herhangi bir dağılımı varsaymamasından ve verilerin bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü yapılan uygulamalar aynı çalışma grubuna yapılmış ve bir fark olup olmadığı ölçülmeye çalışılmıştır.

Tablo 14.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerinden Elde Edilen Toplam Puanlar

		Ortalama	**Kişi Sayısı**	**S. Sapma**	**S. Hata**
Veri Çifti	M1Toplam	10,4545	22	3,08186	,65705
	M2Toplam	14,0455	22	2,38002	,50742

Tablo 15.
Wilcoxon T Testi Sonuçları

	M2Toplam - M1Toplam
Z	-3,838
p	,000

Tablo 15'te $p=0,00<0.05$ olduğu için Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen toplam puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu Wilcoxon T testi ile gösterilmiştir.

4.1.2. Problem 1 Bulguları

Birinci çalışma grubuna sorulan Şekil 6'daki "Nasıl Depolayalım?" sorusuna grupların verdikleri cevaplar iki aşamalı olarak analiz edilmiştir. İlk önce öğrencilerin teorik ve uygulamalı çözümleri "doğru", "yanlış" veya "kısmen doğru" şeklinde Tablo 16'da görüldüğü gibi karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 16.
Problem 1'in Teorik ve Uygulamalı Çözümünün Karşılaştırmalı Genel Değerlendirilmesi

	Teorik Çözüm			Uygulamalı Çözüm		
	Doğru (% 20)	Kısmen Doğru (% 40)	Yanlış (% 40)	Doğru (% 100)	Kısmen Doğru (% 0)	Yanlış (% 0)
Grup 1			✓	✓		
Grup 2	✓			✓		
Grup 3			✓	✓		
Grup 4		✓		✓		
Grup 5		✓		✓		

Tablo 16'ya bakıldığında teorik çözümde gruplardan sadece birinin başarılı olduğu diğer grupların ise ya yanlış ya da kısmen doğru çözdüğü görülmektedir. Öğrencilere gerekli materyallerin verilmesi ile istenen uygulamalı çözümde ise tüm grupların doğru çözüme ulaştıkları görülmektedir.

Araştırmacı grupların Problem 1'e getirdikleri teorik çözümleri Tablo 16'da olduğu gibi genel değerlendirdikten sonra ikinci olarak Tablo 5'teki matematiksel modelleme aşamalarına göre incelemiştir. Problem 1'de öğrencilerden istenilen sayıda mumun sığdırılabileceği en uygun kutuyu seçmeleri istenmektedir (Bkz. Şekil 6). Araştırmacı soruyu uyarlarken doğru kutunun ölçülerini, öğrencilerin ilk akıllarına gelmesi muhtemel olan mumların Resim 2'deki gibi düz bir şekilde dizilimi ile sığmayacağı fakat farklı bir dizilim ile sığabileceği şekilde vermiştir. Böylece araştırmacı öğrencilerin günlük hayatta karşılaşabilecekleri problemler karşısında rutin düşünme becerilerinin dışına çıkıp çıkamadıklarını ve alternatif çözümler üretip üretmediklerini gözlemlemeye çalışmıştır.

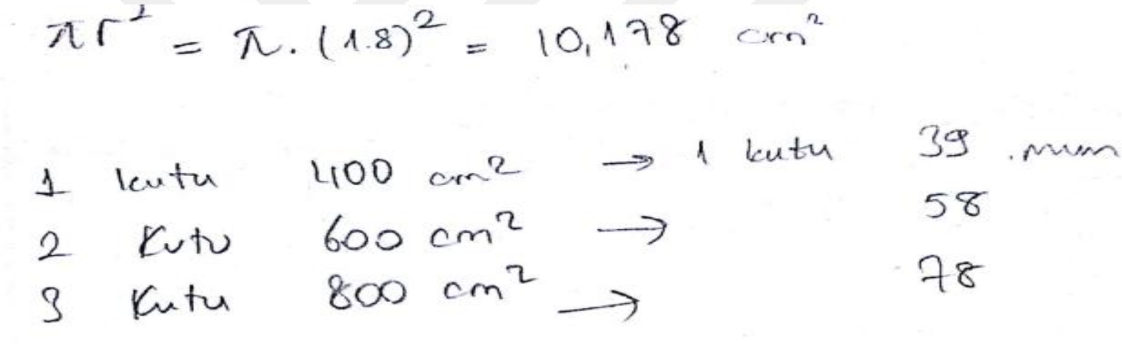
Resim 2. (Tekrar verilmiştir) Problem 1'in Çözümünde İlk Akla Gelen (Rutin) Dizilim Şekli

4.1.2.1. Birinci Tasarım Çözüm Örnekleri

Bu bölümde doğru, yanlış ve kısmen doğru olarak değerlendirilen çözümlerin her birine birer örnek sunulmuştur.

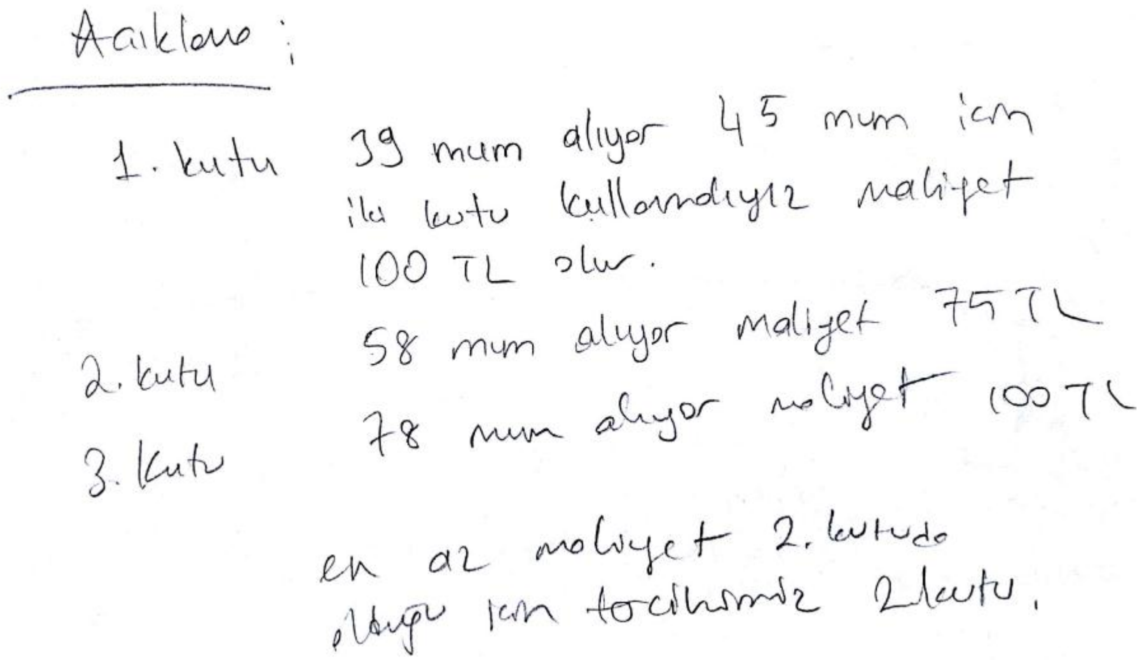
4.1.2.1.1. Grup 1'in Çözüm Analizi

Tablo 16'ya göre birinci gruptaki öğrencilerin çözümü yanlış kabul edilmiştir. Birinci grubun grup çalışması sonucunda ulaştıkları çözüm Şekil 8'de görülmektedir. Bu gruptaki öğrencilerin çözümü incelendiğinde öğrenciler rutin bir düşünce ile ilk önce bir mumun taban alanını hesaplamışlar ve ardından tüm kutuların taban alanlarını hesaplayarak kutuların taban alanlarını mumun taban alanına bölerek hangi kutuya kaç mumun sığacağını bulmaya çalışmışlardır.



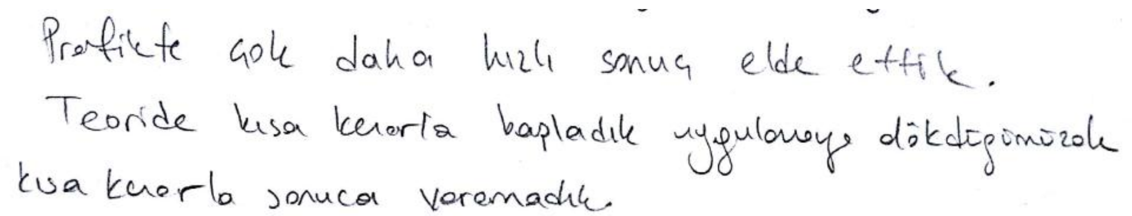
Şekil 8. Grup 1'in Çözümü

Öğrenciler ulaştıkları bu rutin çözümde mumların şekilleri itibari ile aralarında kalan boşlukları hesaba katamamış, kutularda hiç boşluk kalmıyormuş gibi düşünmüşler ya da böyle düşündüklerini fark edememişlerdir. Bu gruptaki öğrenciler her ne kadar Şekil 9'daki açıklamalara göre doğru kutuyu seçmiş olsalar da yukarıda açıklanan nedenden dolayı araştırmacı grubun çözümünü yanlış kabul etmiştir.



Şekil 9. Grup 1'in Açıklamaları

Birinci grup teorik çözümlerinde her ne kadar ikinci kutuya 58 mum sığdırabileceklerini düşünseler de uygulamada sığdıramadıklarını görmüşlerdir. Şekil 10'daki ifadelerine göre ilk denemelerinde 45 mumu sığdıramadıklarını ikinci denemelerinde Resim 4'teki gibi dizerek başardıklarını ifade etmektedirler. Dolayısıyla birinci grup teorideki hatasının uygulamada farkına varmıştır.



Şekil 10. Grup 1'in Uygulamalı Çözümlerindeki Açıklamaları

Resim 4. Grup 1'in Uygulamadaki Çözümleri

Grup 1'in çözüm süreci aşağıda verilen Tablo 18'deki matematiksel modelleme aşamalarına göre de değerlendirilmiş ve Tablo 17'de okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 17.
Grup 1'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Doğru									
	Eksik	✓				✓				

Birinci grubun Problem 1'deki çözüm aşamalarının Tablo 17'deki değerlendirmesi aşama aşama aşağıdaki şekilde olmuştur:

Verilenleri Belirleme ve Sadeleştirme (A_1): Bu aşamada öğrenciler problemin çözümü için mumların yüksekliklerini ihmal edebileceklerini fark edip hacim hesabından değil de geometrik şekillerin taban alanlarını kullanarak çözüme ulaşabileceklerini fark ettikleri için ve çözümü biraz daha basitleştirdikleri için araştırmacı bu aşamayı kısmen doğru kabul etmiştir.

Hedefi Belirginleştirme (A_2): Bu aşamada grubun çözümünde hedefi belirginleştirmeye yönelik herhangi bir davranış gözlemlenmediği için bu aşama araştırmacı tarafından yok sayılmıştır.

Problemi Formülleştirme (A_3): Bu aşamada grubun çözümünde problemi alt problemlere ayırmaya yönelik herhangi bir davranış gözlemlenmediği için araştırmacı tarafından bu aşama yok kabul edilmiştir.

Değişkenleri, Parametreleri ve Sabitleri Belirleme (B_1): Birinci grup bu aşamada problemin çözümünde rutin düşünüp çözüme ulaşmak için gerekli değişkenleri, parametreleri ve sabitleri doğru belirleyemedikleri için bu aşama araştırmacı tarafından yok sayılmıştır.

Matematiksel İfadeleri Formülleştirme (B_2): Grup kendi belirledikleri çözüme göre gerekli matematiksel işlemleri doğru yaptıkları fakat gerçek çözümden uzak oldukları için bu aşama araştırmacı tarafından kısmen doğru kabul edilmiştir.

Bir Matematiksel Model Seçme ve Uygulama (B_3): Öğrenciler bu problemin çözümüne ulaşmak için doğru matematiksel modellemeyi belirleyemedikleri için araştırmacı bu aşamayı yok saymıştır.

Çözümü Açıklamada Sözel İfadeleri Kullanma (C): Bu bölümde araştırmacı, grubun sözel ifadelerinde problemin çözümüne yönelik açıklamalar olmadığı için bu aşamayı yok saymıştır.

Çözümü Açıklamak İçin Grafik ve Diagram Gösterimlerinden Yararlanma (D): Grubun çözümünde herhangi bir grafik veya çözüme yönelik herhangi bir gösterim kullanılmadığı için bu aşama araştırmacı tarafından yok sayılmıştır.

Gerçek Hayat Durumu ile Karşılaştırarak Kontrol Etme (E): Grubun çözümlerinin doğruluğunu kontrol etmeye yönelik herhangi bir işlemleri olmadığı için bu aşama da yok kabul edilmiştir.

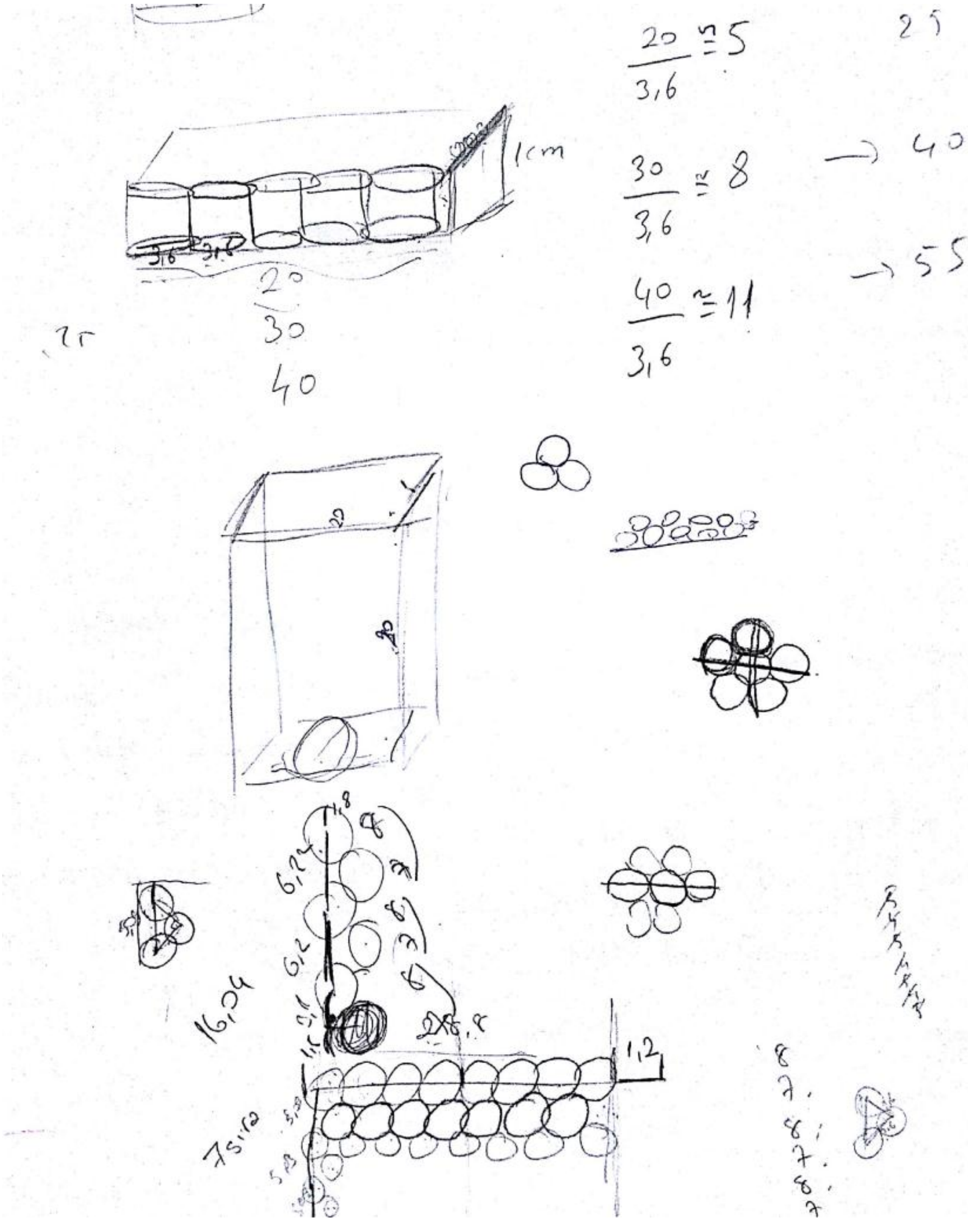
Tablo 18.
Modelleme Becerileri ve Açıklamaları (Kertil, 2008'den Alınmıştır)

Kodlama	Modelleme Becerilerinin İsimleri ve Açıklamalar
A1	*Verilenleri belirleme ve sadeleştirme (making simplifying assumptions)* Bir problem çözme sürecinde göz önüne alınabilecek bütün varsayımlardan çözüm sürecinde göz önünde bulundurulacak olan en önemlilerini belirleme ve çözüm sürecine katkıda bulunmayacak olan varsayımları göz ardı etme. Problem durumunu sadeleştirerek (şema vs. kullanarak) daha anlaşılır hale getirme
A2	*Hedefi belirginleştirme (clarifying the goal)* Bir problem durumu için düşünülebilecek birçok varsayımdan problem durumunun çözümü hedeflenen kısmı ile ilgili olan varsayımı seçerek hedefi belirginleştirme.
A3	*Problemi formülleştirme* Bir probleme çözüm üretmek için problemi alt problemlere ayırma veya probleme farklı açılardan yaklaşım getirilebilecek şekilde problemle ilgili farklı alt problemler oluşturma
B1	*Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme* Bir gerçek hayat durumunun matematiksel modelini çıkarmak veya bu probleme bir çözüm bulmak için göz önüne alınması gereken değişkenleri, sabitleri ve parametreleri belirleme
B2	*Matematiksel ifadeleri formülleştirme* Problem durumu içerisinde sözel olarak belirtilen matematiksel ifadelerin cebirsel olarak ifade edilmesi ve cebirsel hesaplamaların yapılması.Örneğin "her birinde n tane ürün olan m müşteri için …..” ifadesinde toplam ürün sayısını veren nxm cebirsel ifadesini yazma ve sonucu bulma
B3	*Bir matematiksel model seçme ve uygulama* Değişkenler, parametreler ve sabitler belirlendikten sonra üzerinde çalışılan problem durumunu ifade edebilecek en uygun matematiksel ifadeyi, fonksiyonu seçme ve bu ifade ile problemin çözümüne ulaşma
C	*Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma* Problem durumunu anlama ve çözüm sürecinde matematiksel ifadelerin yanı sıra sözel açıklamalardan yararlanma
D	*Çözümü açıklamak için grafik ve diagram gösterimlerinden yararlanma* Problemin çözümünde grafik ve diagram gösterimlerden yararlanma
E	*Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme* Bulunan çözümün doğruluğunu, yanlışlığını ya da en uygun olup olmadığını gerçek hayat durumu üzerinde test etme ve bunun sonucunda çözüm sürecini tekrar gözden geçirme.

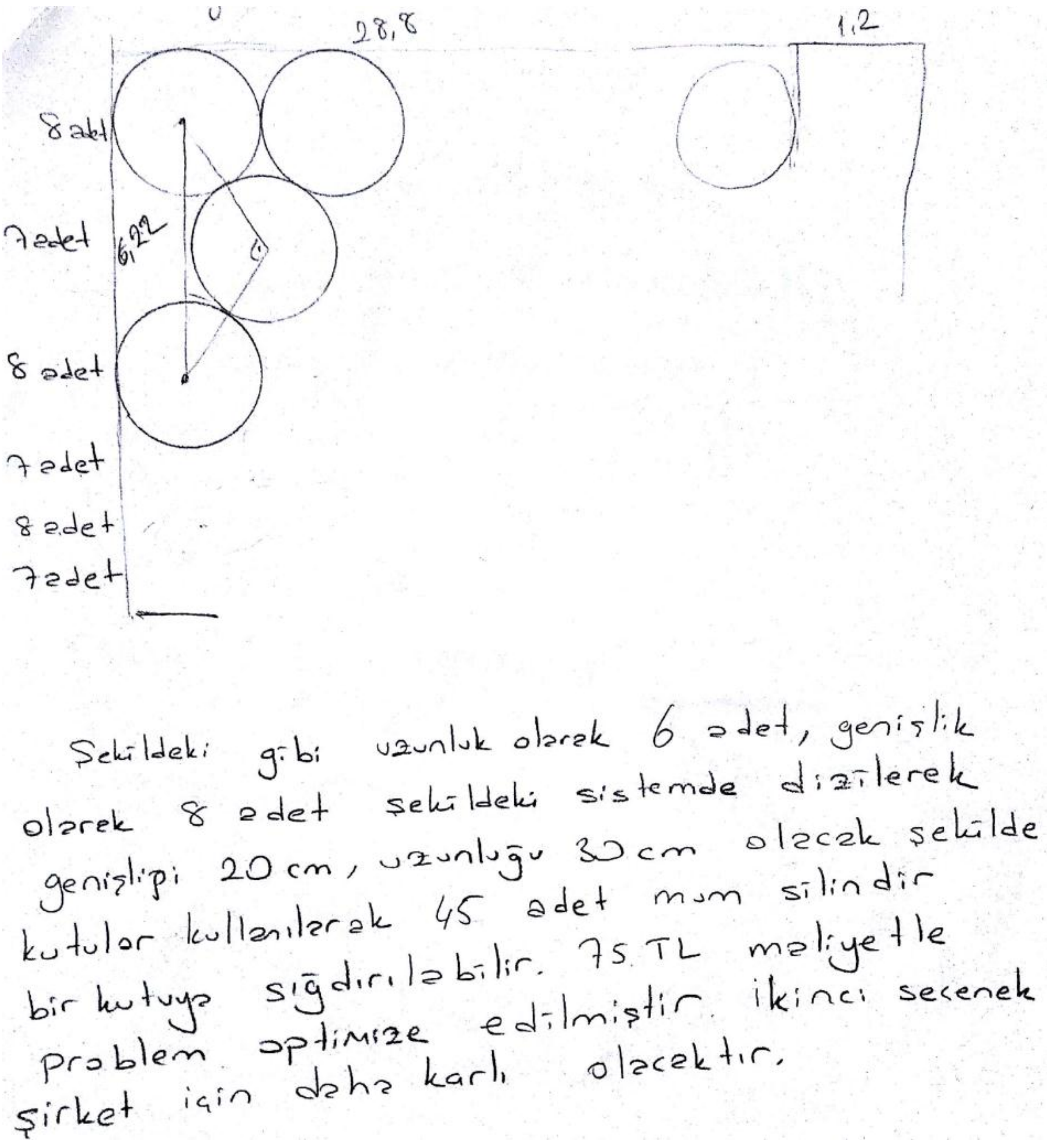
4.1.2.1.2. Grup 2'nin Çözüm Analizi

Tablo 16'ya göre ikinci gruptaki öğrencilerin çözümü doğru kabul edilmiştir. İkinci grubun çözümü Şekil 11 ve 12'de görülmektedir. İkinci grubun çözümü incelendiğinde öğrenciler ilk önce kutulara rutin dizilime göre kaçar mum sığacağını bulmuşlardır. Öğrenciler bu aşamada çözümlerinde kutuların sabit kenarına kaç mum sığdığını Şekil 11'de görüldüğü gibi görselleştirerek diğer kenarlarına göre kaçar mum sığabileceğini hesaplamışlardır. Ancak grubun çözümlerini bu aşamada bitirmeyip alternatif dizilimleri denemeye çalıştıkları Şekil 11'de görülmektedir. Grup, Şekil 11'de görülen iç-dış dizilim şekli ile aynı kutuya daha fazla mum sığacağını fark ederek ona göre çözüm üretmeye çalışmışlardır.

Grubun Şekil 12'deki çözümü incelendiğinde mumları iç-dış dizdiklerinde ne kadar avantaj sağladıklarını ikizkenar üçgen (30^0-30^0-120^0 özel üçgeni) yardımıyla buldukları görülmektedir. Ardından bu işlemlerine göre ikinci kutuya mumları sığdırabildikleri Şekil 12'deki açıklamalarından anlaşılmaktadır. Öğrencilerin çözümü fark ettikten sonra gerekli cebirsel işlemleri tamamlamadıkları veya farklı bir alana çözümü yapıp buraya aktarma ihtiyacı hissetmedikleri görülmektedir. Ancak yine de araştırmacı yapılan işlemlere ve açıklamalara göre grubun çözümünü doğru kabul etmiştir.

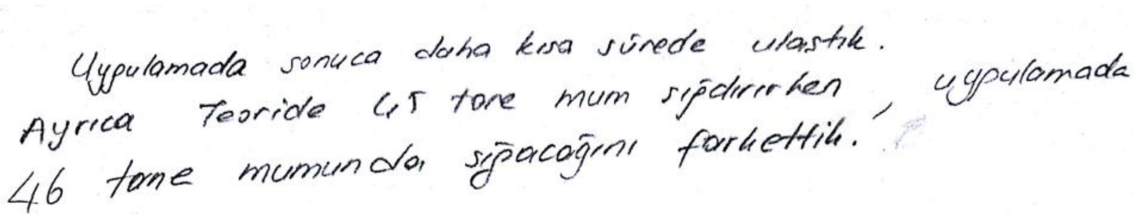


Şekil 11. Grup 2'nin Çözümü

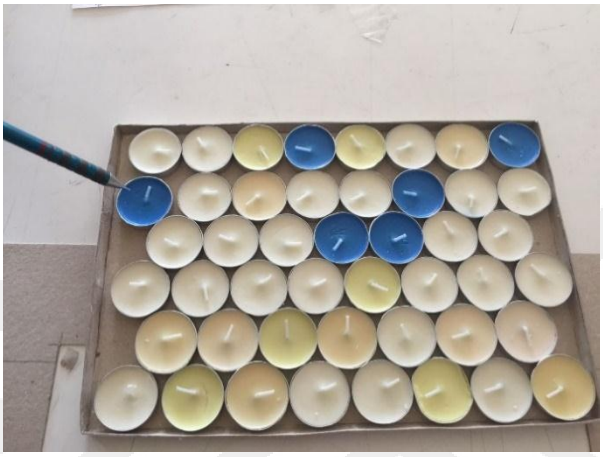


Şekil 12. Grup 2’nin Çözümünün Devamı

İkinci grubun Şekil 13’teki uygulama sonrası açıklamalarına bakıldığında uygulamalı çözüme teorik çözümden çok daha hızlı ulaştıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca teorik çözümde farkına varamadıkları son sıraya Resim 5’teki gibi 8 adet mumun da sığabileceğini, böylelikle kutuya 45 değil 46 mumun da sığabileceğini uygulama ile fark ettiklerini ifade etmişlerdir.


Uygulamada sonuca daha kısa sürede ulaştık.
Ayrıca Teoride 45 tane mum sığdırırken , uygulamada
46 tane mumunda sığacağını farkettik.

Şekil 13. İkinci Grubun Uygulama Sonrası Açıklamaları



Resim 5. Grup 2'nin Uygulamalı Çözümü

Grup 2'nin probleme getirdikleri teorik çözüm Tablo 18'deki matematiksel modelleme aşamalarına göre değerlendirilmiş ve Tablo 19'da sunulmuştur.

Tablo 19.
Grup 2'nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓			✓	✓	
	Eksik					✓	✓			

İkinci grubun Problem 1'e getirdiği çözümün Tablo 19'da verilen matematiksel modelleme aşamalarına göre değerlendirilmesi aşağıdaki gibi olmuştur:

Verilenleri Belirleme ve Sadeleştirme (A_1): Bu aşamada grup soruyu görselleştirerek kendi anlayacakları şekilde basitleştirme yoluna gittikleri ve işlemlerde kutunun yüksekliğini ihmal ettikleri için araştırmacı tarafından bu aşama doğru kabul edilmiştir.

Hedefi Belirginleştirme (A_2): Problemin çözümünde grup, rutin dizilime takılmamış hedef doğrultusunda maksimum verim elde edebilecekleri dizilimleri denedikleri Şekil 11'de görüldüğü için araştırmacı tarafından bu aşama doğru kabul edilmiştir.

Problemi Formülleştirme (A_3): Grubun çözümünde problemi alt problemlere ayırma ve alt problemler oluşturma aşamaları görülmediği için bu aşama yok sayılmıştır.

Değişkenleri, Parametreleri ve Sabitleri Belirleme (B_1): Grup problemin çözümü için olması gereken alternatif dizilimi düşündükleri ve bu dizilimi Şekil 12'deki gibi görselleştirerek bu görsel üzerinden matematiksel modele geçiş yapmaya çalıştıkları için araştırmacı bu aşamayı doğru kabul etmiştir.

Matematiksel İfadeleri Formülleştirme (B_2): Grup doğru çözüme ulaşmalarına rağmen gerekli cebirsel işlemleri tam olarak göstermedikleri veya başka bir alanda yapıp bu alana aktarmadıkları için araştırmacı tarafından bu aşama kısmen doğru kabul edilmiştir.

Bir Matematiksel Model Seçme ve Uygulama (B_3): Grup problemin çözümü için Şekil 12'de görüldüğü gibi uygun bir matematiksel model (30^0-30^0-120^0 özel üçgeni) seçmiş olmalarına rağmen gerekli cebirsel işlemleri tam olarak ifade etmedikleri için bu aşama araştırmacı tarafından kısmen doğru kabul edilmiştir.

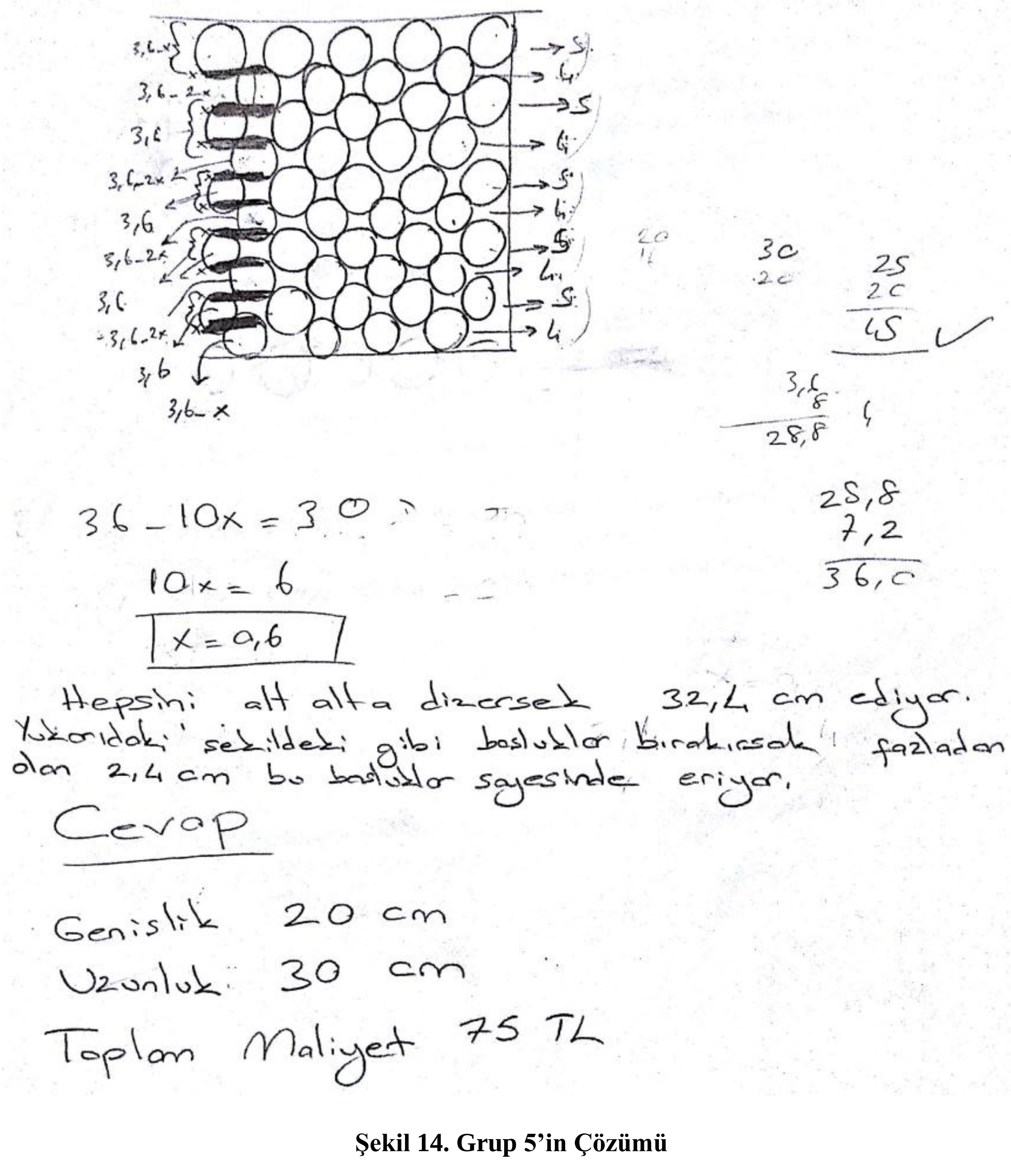
Çözümü Açıklamada Sözel İfadeleri Kullanma (C): Grup gerek teorik çözümde gerek uygulamalı çözümde sözel açıklamalardan yararlandığı için araştırmacı tarafından bu aşama doğru kabul edilmiştir.

Çözümü Açıklamak İçin Grafik ve Diagram Gösterimlerinden Yararlanma (D): Araştırmacıya göre grubun problemi çözerken çizdiği şekiller ve problemi görselleştirme çabaları bu aşamanın doğru sayılması için yeterli görülmüştür.

Gerçek Hayat Durumu ile Karşılaştırarak Kontrol Etme (E): Grubun çözümünde buldukları çözümün doğruluğunu gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etmeye yönelik herhangi bir beceri görülmediği için bu aşama araştırmacı tarafından yok sayılmıştır.

4.1.2.1.3. Grup 5'in Çözüm Analizi

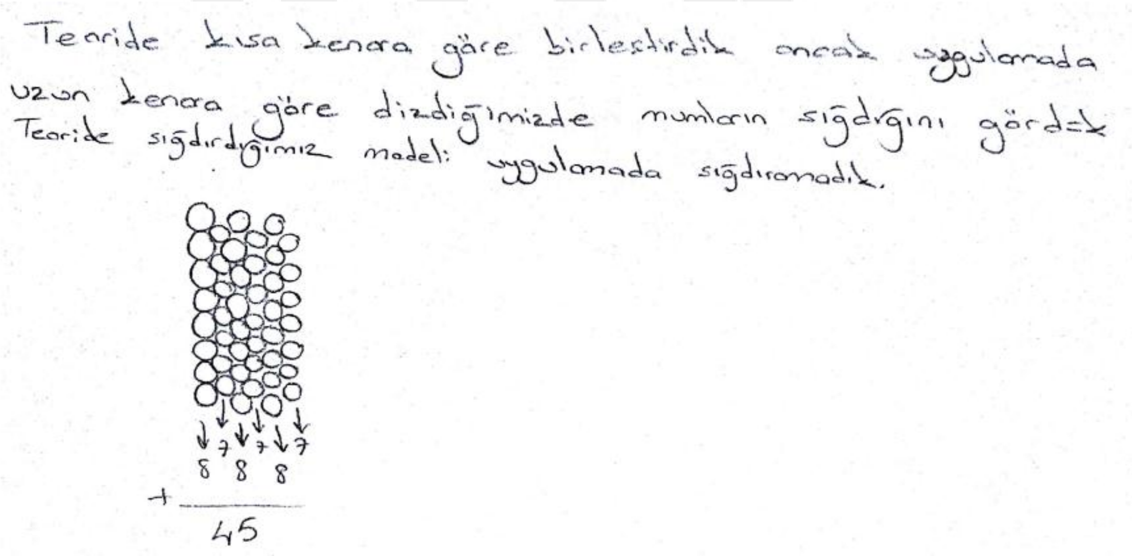
Tablo 16'ya göre beşinci grubun çözümü kısmen doğru kabul edilmiştir. Beşinci grubun çözümü Şekil 14'de görülmektedir.



Şekil 14. Grup 5'in Çözümü

Grup 5'in çözümü incelendiğinde öğrencilerin rutin dizilim ile çözüme ulaşamayacaklarını fark ettikleri ve alternatif iç-dış dizilim üzerine yoğunlaştıkları görülmektedir. Grup, çözüm için ikinci kutunun doğru kutu olduğunu fark etmiş ve ona göre işlemlerini yapmaya çalışmışlardır. Fakat yapılan işlemlere bakıldığında ikinci kutuya Şekil 14'de görüldüğü gibi mumların sığdığı varsayılarak işlemler yapılmıştır. Öğrenciler farkına varmadan aslında mumların bu şekilde kutuya sığabilmeleri için iç içe kaç cm girmeleri gerektiğini bulmuşlardır. Ancak mumların pratikte, seçtikleri ikinci kutuda o kadar iç içe girmediğini uygulamalı çözüm sonrası yaptıkları Şekil 15'teki çizimli açıklamalarından ve Resim 6'daki uygulama sonucu ulaştıkları çözümden anlaşılmaktadır.

Öğrenciler bu çözümlerinde mumların iç-dış şeklinde dizildiğinde ne kadar iç içe girdiğini ve buradan kaç cm avantaj elde ettiklerini bulmak yerine kendi dizilimlerinin doğru olması için mumların kaç cm iç içe girmeleri gerektiğini bulmuşlardır. Araştırmacı öğrencilerin çözüm yaklaşımlarının doğru olmasından ve sezgisel olarak ikinci kutunun iç-dış dizilim ile 45 mumu alabileceğini fark etmelerinden dolayı grubun çözümünü kısmen doğru kabul etmiştir.



Şekil 15. Beşinci Grubun Uygulama Sonrası Açıklamaları

Beşinci gruptaki öğrenciler uygulamalı çözümlerinde mumları ikinci kutuya Resim 6'daki gibi sığdırmalarına rağmen araştırmacının "Kutu acaba daha fazla mum alabilir mi?" gibi yönlendirmelerine rağmen 45 sayısına takılı kaldıkları ve son sıranın içe değil normal dışa dizilebileceğini böylelikle son sıraya 7 değil 8 mumun sığabileceğini fark edemedikleri görülmüştür. Yani araştırmacının yönlendirici sorularına rağmen grubun kutuya 46 mumun da sığabileceğini fark edemedikleri görülmüştür. Bu da öğrencilerin sadece soruda verilenlere bağlı kaldıklarını ve çözümü geliştirmeye yönelik herhangi bir eylem içinde olmadıklarını göstermektedir.

Resim 6. Grup 5'in Uygulamalı Çözümü

Grup 5'in probleme getirdikleri teorik çözüm Tablo 18'deki matematiksel modelleme aşamalarına göre değerlendirilmiş ve Tablo 20'de sunulmuştur.

Tablo 20.
Grup 5'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓				✓		✓	✓	
	Eksik		✓		✓		✓			

Beşinci grubun Problem 1'e getirdiği çözümün Tablo 20'de verilen matematiksel modelleme aşamalarına göre değerlendirilmesi aşağıdaki gibi olmuştur:

Verilenleri Belirleme ve Sadeleştirme (A_1): Grup, çözümün rutin dizilim dışında iç-dış dizilim ile gerçekleşeceğini görselleştirdikleri ve soru metninde verilen mumların ve kutuların yükseklikleri bilgilerini çözümde ihmal edebileceklerini fark ettikleri için araştırmacı tarafından bu aşama doğru kabul edilmiştir.

Hedefi Belirginleştirme (A_2): Grup hedefi belirginleştirip ikinci kutuya mumların iç-dış dizilim ile sığabileceğini fark etmelerine rağmen Şekil 14'deki dizilimin doğru olduğunu kabul ederek işlemleri ona göre yaptıkları için bu aşama araştırmacı tarafından kısmen doğru kabul edilmiştir.

Problemi Formülleştirme (A_3): Grubun çözümünde problemi alt problemlere ayırma ve alt problemler oluşturma aşamaları görülmediği için bu aşama yok sayılmıştır.

Değişkenleri, Parametreleri ve Sabitleri Belirleme (B_1): Çözümün iç-dış dizilim ile gerçekleşeceği fark edilmiş, mumların ne kadar iç içe girdiklerinin bulunması gerektiği anlaşılmış fakat çözüm, mumların Şekil 14'deki gibi kendi dizdikleri şekilde sığdığı varsayılarak ezbere yapıldığı için araştırmacı tarafından bu aşama kısmen doğru kabul edilmiştir.

Matematiksel İfadeleri Formülleştirme (B_2): Grup, şekil üzerinde gösterdikleri ifadelerin cebirsel işlemlerini kendi belirledikleri çözüme göre doğru yapıp sözel olarak da doğru açıkladıkları için bu aşama araştırmacı tarafından doğru kabul edilmiştir.

Bir Matematiksel Model Seçme ve Uygulama (B_3): Bu aşamada öğrenciler, çözümün nasıl olması gerektiğini fark etmişlerdir. Fakat işlemleri Şekil 14'deki gibi dizersek sığar mı şeklinde değil de Şekil 14'deki gibi dizersek mumların kutuya sığması için kaç cm iç içe girmeleri gerektiğini bulmaya yönelik yaptıkları ve pratikte çözümlerini doğrulayamadıkları için bu aşama araştırmacı tarafından kısmen doğru kabul edilmiştir.

Çözümü Açıklamada Sözel İfadeleri Kullanma (C): Hem teorik hem de uygulamalı çözümde sözel açıklamalara yer verildiği için bu aşama araştırmacı tarafından doğru kabul edilmiştir.

Çözümü Açıklamak İçin Grafik ve Diagram Gösterimlerinden Yararlanma (D): Araştırmacıya göre grubun problemi çözerken çizdiği şekiller ve problemi görselleştirme çabaları bu aşamanın doğru sayılması için yeterli görülmüştür.

Gerçek Hayat Durumu ile Karşılaştırarak Kontrol Etme (E): Grubun çözümünde buldukları çözümün doğruluğunu gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etmeye yönelik herhangi bir beceri görülmediği için bu aşama araştırmacı tarafından yok sayılmıştır.

Araştırmacı birinci, ikinci ve beşinci grupların çözümlerinin analizini örnek olarak yukarıdaki şekilde yapmıştır. Bu analizlere benzer şekilde üçüncü ve dördüncü grupların analizleri de gerçekleştirilmiş ve Tablo 21 ve 22'de okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 21.
Grup 3’ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok		✓	✓	✓		✓	✓		✓
	Doğru	✓								
	Eksik					✓			✓	

Tablo 22.
Grup 4’ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓				✓		✓	✓	
	Eksik		✓		✓		✓			

4.1.3. Mülakatlar

Bu kısımda toplanan veriler iki aşamalı olarak okuyuculara sunulmuştur. Araştırmacı ilk önce e-posta yolu ile elde ettiği verileri, ardından da bu gruptan rastgele seçilerek yüz yüze görüşme yapılan bazı öğrencilerin mülakat verilerinden elde edilen verileri analiz ederek okuyuculara sunmuştur. Araştırmacı, çalışmaya katılan öğrencilerin tamamı ile yüz yüze görüşmesi zor ve vakit alıcı olduğu için ilk önce öğrencilerin e-posta adreslerine aşağıdaki soruları göndermiş ve cevaplandırmalarını istemiştir.

1. Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?
2. Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?
3. Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?
4. Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?

5. Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?

Araştırmacı ilk önce öğrencilerin aynı sorulara verdikleri cevapları bir araya getirip numaralandırarak kodlamıştır. İkinci olarak kodlanan bu veriler incelenerek öğrencilerin söylediği benzer düşünceler gruplandırılmıştır. Ardından gruplandırılan bu düşüncelerden bazıları seçilerek okuyuculara aktarılmıştır. Okuyuculara aktarılan cevapların önünde bulunan numaralar sırasıyla sorunun ve öğrencinin numarasını ifade etmektedir. Örneğin, (1.2) kodunun anlamı 1. soru için 2 numaralı öğrencinin kurduğu cümlelerdir.

Katılımcıların "Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?" sorusuna 22 katılımcının verdikleri cevaplar yukarıda özetlenen şekilde analiz edilmiş ve aşağıdaki cevap örnekleri okuyuculara sunulmuştur:

> (1.1) *"Genel olarak aldığımız formasyon derslerinden keyif aldığım ender derslerdendi. …… bir kâğıt ve kalemle hesap yaparak, mumları bir bölgeye sıkıştırmaya çalıştık, hemen ardından ikinci derste de mumlarla yaptığımız uygulama ile görmeye çalıştık, uygulamada yaptığımız çalışma, kağıt kalemle yaptığımızdan daha farklı oldu, bazı ayrıntıları ve hataları rahat gördük."*

> (1.2) *"Yapılan uygulamanın gayet eğlenceli ve teoriye göre daha öğretici aynı zamanda daha fazla akılda kalıcı olduğunu düşünüyorum. Teoride çözmeye çalıştığımız soruya 40 dk. zaman harcadık ancak uygulamada 10 dakikalık bir zamanda çözüme ulaştık."*

> (1.5) "*Yapılan uygulama bize teori ile uygulama arasındaki farkı daha net bir şekilde görmemize neden oldu. Bu zamana kadar ya teoriği ya da uygulamayı tek yapıyorduk bu da bazı durumları tam görememize neden oluyordu. Bu açıdan yapılan uygulama merakımı gidermesi açısından etkili oldu."*

> (1.8) "*Yapılan iki farklı uygulama ile geleneksel matematik öğretiminden çok daha farklı bir bakış açısı ile problemlere bakmayı uygulamalı olarak görmemi sağladı. Aslında bütün formasyon boyunca anlatılan yaparak yaşayarak,*

keşfederek öğrenmenin özetini siz bize 2 ders ile gerçek boyutunu göstermiş oldunuz."

(1.11) *"Uygulama genel olarak teorinin ilerletilerek öğrencilere neler katacağını görmemize yardımcı oldu. Grup çalışması öğrencinin bireysel olarak öz güvenini desteklemesi ve fikirlerini dile getirmesi açısından tercih edilecek çalışmalardan."*

Birinci soruya verilen cevaplardan beş öğrencinin cevabı yukarıda örnek olarak sunulmuştur. Bu cevaplar incelendiğinde öğrencilerin teoriye uygulama eklenmesinden duydukları memnuniyeti dile getirdiklerini görmekteyiz. Öğrenciler uygulama ile teoride göremedikleri detayları ve hatalarını gördüklerini ve uygulamada soruyu çok daha kısa sürede çözdüklerini ifade etmektedirler. Öğrenciler grup çalışmasının faydalarından da bahsetmişlerdir. Ayrıca öğrenciler yaparak, yaşayarak öğrenmenin nasıl olduğunu bu şekilde uygulamalı olarak gördüklerini ifade etmişlerdir.

Katılımcılardan bazıları "Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?" sorusuna aşağıdaki cevapları vermişlerdir:

(2.1) *"Uygulama yaparken eldeki malzemeyi her anlamda hesap ediyorsun. Malzemenin boyutunu, kartonun sınırlarını, bazen eldeki malzemenin artısını eksisini vs. vs. Teoride böyle bir durum olmuyor. Örneğin biz hesaplama yaparken ufak işlem hataları yaptığımızın farkında olmadan doğru bulduğumuzu düşündük. Yanlış yaptığımız sonucunu da uygulama yaptıktan sonra görebildik. O nedenle teoride yapılan işlemlerin soyut dünyadan ileri gitme şansı yok ve bu da gerçek hayatta yapacağın işlemlerde eksiklik ortaya çıkartabiliyor."*

(2.2) *"Teorik olarak çözerken objeleri gözümde tam olarak canlandıramıyordum yani bulduğum çözüm yolunu kâğıda yansıtamıyordum ve bayağı zamanımı aldı."*

(2.4) *"Problemi teorik olarak çözmek bir hayli sıkıntı yarattı. Aynı zamanda çok zaman kaybetmemize neden oldu. Ne kadar aday öğretmen pozisyonunda da olsak belli noktaları görmek zorlaşabiliyor. Teorik olarak probleme yaklaşma bir noktadan sonra sıkıcılaşmaya başlayabiliyor."*

(2.18) *“Teorik olarak çözmeye çalıştığımızda ilk 20 dakika boyunca doğru sonuca ulaşamadık. Bunu çizerek hayal etmeye çalıştık. Tabi bu sırada birçok yanlış sonuca ulaştık. Belki seçenekler olmasaydı bulduğumuz yanlış sonucun hala doğru olduğunu düşünecektik. Seçenekler doğrultusunda tekrar tekrar denedik ve sonuca 20 dakikadan sonra ulaşabildik.”*

(2.13) *“Verilen problemlerin teorik olarak çözümünde öncelikli olarak birden fazla cevabın olabileceğini ve eliminasyon kısmında zorlandığımı belirtmek isterim.”*

(2.10) *“Teorik olarak çözüme ulaşmaya çalıştığımda bir takım formüllerle uğraşmak zorunda kaldım. Nereden başlayacağımı bilemedim.”*

İkinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde ilk göze çarpan şey öğrencilerin rutin olmayan bu problemin çözümünde zorluk yaşadıklarıdır. Öğrenciler teorik çözümleri sonucunda ulaştıkları cevabın doğru olup olmadığından emin olamadıklarını, bunu teorik olarak kontrol edemediklerini ifade etmektedirler.

Katılımcılara 3. soru olarak sorulan “Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?” sorusuna verilen cevaplardan bazıları şu şekilde olmuştur:

(3.1) *“İlk olarak keyif aldım diyebilirim. Uzun zamandır böyle şeylerle uğraşmıyordum. Herhalde ilkokulda iş eğitimi dersinde en son böyle şeylerle uğraşmıştım. Grup çalışması da güzel oldu. Sorularınıza fikir alışverişi yaparak daha farklı yaklaşmak ve ortak bir cevap vermek zorunda kaldık. Cetvelle, bıçakla, kartonla uğraşınca bir an mühendis gibi işe koyulduk. Ders süresinin daha hızlı geçtiğini gördük.”*

(3.8) *“Uygulamalı çözümde artık objeler gözümün önündeydi yani varsayımlar üzerinden gitmek zorunda kalmadık. Aynı zamanda aslında kutuya 46 tane mum sığabileceğini de gördük. Ancak teoride 45 mumu bile zar zor yerleştirebiliyorduk.”*

(3.11) *“Problemi uygulamalı olarak çözerken ise hem yaptığımız işin sanki bir anlamı olduğunu hem de eğlenceli bir yanının da olduğunu hissettim. Uygulamalı olarak problemi çözerken "İşte şöyle de olabilir, böyle de..." diyerek çözüme ulaşmamızı sağladı.”*

(3.4) *"Problemi uygulamalı olarak çözerken zaman harcamadan sonuca rahatlıkla ulaştık. Aslında cevabın apaçık ortada olduğunu hissettik."*

(3.10) *"Sadece dile getirilmesindense yaparak yaşayarak o projeye ortak olmak hem zevkli bir katılım sağladı hem öğrenilen bilgileri denediğimizden kalıcı bir farkındalık oluşturdu."*

(3.15) *"Problemlerin uygulamalı çözümlerinde bilgi eksikliğimin daha doğrusu hafizamı zorlamam gerektiğini fark ettim ama bunu probleme yoğunlaşıp hatırlamaya çalıştığımda daha rahat çözümle sonuçlandırabildim."*

(3.9) *"Verilen problem uygulamalı çözdüğümde ilk defa bir matematik problemini görsel olarak çözmüştüm. Hem çok dikkatimi çekti hem de çok eğlendim. Zor gibi görünen bir sorunun ne kadar kolay olduğunu anladım."*

Öğrencilerin cümlelerine bakıldığında uygulamadan keyif aldıklarını, uzun zamandır böyle şeyler yapmadıklarını veya ilk defa yaptıklarını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla uygulamanın oldukça ilgilerini çektiği görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin kendilerini mühendis gibi hissettiklerini ifade etmeleri de çalışmanın önemli bir boyutunu göstermiştir.

Birinci çalışma grubuna sorulan "Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?" sorularına katılımcıların verdiği cevaplardan bazıları şu şekilde olmuştur:

(4.1) *"…. matematikte soruyla uğraşırken elinizde sadece materyal olarak kalem ve silgi var. O nedenle soruyu canlandırabileceğiniz tek ortam olarak ZİHNİNİZ kalıyor ve orda her ayrıntıyı net görmek zor oluyor. Ancak uygulama faslına geçince eldeki malzemeyi kontrol ede ede aşamalı olarak sonuca ulaşıyorsun. Bu da ortam şartlarını görmeni sağlıyor. Bir de çok daha rahat bir şekilde ve kısa sürede doğru sonuca ulaşıyorsun."*

(4.7) *"Matematik çoğu öğrencinin ön yargılı olduğu bir ders çünkü geçmişten günümüze kadar öğretmenler matematik dersini sadece teori üzerinden anlattığı için öğrenciyi dersten soğutuyor. Fakat uygulama yapılsa hem akılda kalıcılık fazla olur hem de öğrencinin derse olan ilgisi taze tutulabilir."*

(4.12) *"Matematiksel problemler uygulamalı olarak çözüldüğünde insanın günlük hayat ile ilişkilendirme becerisi daha fazla genişliyor. Böylece matematiksel probleme daha fazla odaklanabiliyor."*

(4.9) *"Uygulamalı olarak yaparak problemleri formülüze etmek çok daha kolay. Ayrıca bu problem ile aslında gerçek hayatta aldığımız tealights'ların daha önce dizilişine hiç dikkat etmediğimizi aramızda konuştuk. Aslında gerçek hayatta mevcut olan durumları sürekli teorik olarak düşündüğümüz için gözden kaçırdığımızı düşündük."*

(4.19) *"Matematik bizlere hep teoride gösterildi ve kimimizi bu korkuttu. Bu tarz uygulamalı ve görsel çalışmalar her ne kadar yararlı olsa da devlet okullarında bunu yapmanın hala çok zor olduğunu düşünmekteyim. Hem materyal hem de zaman açısından. Sınav sistemimizin de bu tarz uygulamalara uygun olmadığını düşünmekteyim. Sınava hazırlanan bir öğrenci olsam hocam bunlarla uğraşmayalım test çözelim diyebilirdim."*

Öğrencilerin açıklamalarına bakıldığında matematiksel problemler sadece teorik olarak çözüldüğünde hem zor olmakta hem de öğrencilerin gözünü korkutmaktadır. Bu da öğrencilerin matematiğe karşı soğumalarına neden olmaktadır. Katılımcılar bu şekilde yapılacak uygulamalar ile öğrencilerin matematiğe ilgilerinin artacağını düşünmektedirler. Katılımcılar, matematiğin günlük hayatın içinde var olduğunu ve hatta gözlerinin önünde olduğunu ancak kendilerinin şimdiye kadar sürekli teorik çözümlerden dolayı bunu fark edemediklerini dile getirmişlerdir. Katılımcılar uygulamaların faydalarından bahsetmekle birlikte mevcut sınav merkezli eğitim sistemimizde bu ve buna benzer çalışmaların yapılmasının zor olduğunu da düşünmektedirler.

Katılımcılara e-posta yolu ile sorulan mülakat sorularının sonuncusu olan "Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?" sorusuna öğrencilerin verdiği cevaplardan bazıları aşağıdaki gibidir:

(5.1) *“Genele yaymamakta fayda var ama ben ilk uygulamacı taraftarıyım. Uygulamayla öğrenciyi çok çabuk işin içine çekersiniz daha sonra teoriyi verirsiniz olur biter. Bunu belki de dört yıldır matematikle uğraştığım için söylüyorum. Ama şunu da ekleyelim ilk etapta teoriyle öğrenciyi sıkıp daha sonra uygulamayla enerjik hale getirirseniz, daha sonraki derslerde bu teoriler merak konusu olabilir "Acaba uygulaması nasıl olacak?" diye kendine sormaya başlar.”*

(5.2) *“Bence önce uygulama üzerinden aslında ne kadar kolay olduğu gösterilmeli. Böylelikle ön yargı kırılmalı yani öğrenciyi baştan korkutmamak lazım. Öğrenci iyice kavradıktan sonra teori verilmelidir.”*

(5.14) *“Verilen problem durumunu düşündüğümde bana göre önce uygulama yapılıp daha sonrasında teorik çözüme geçilmeli. Öğrenciler matematiksel problemi ilk olarak teorik metotlarla çözmeye kalkıştıklarında bir müddet sonra sıkılma durumları oldukça yüksek olabiliyor. İşte bu durumdan sonra uygulama yoluyla çözüme gitmek öğrenciyi yorabilir. Hatta öğrenciyi isteksiz bir hale bile getirebilir. Eğer ki öğrenciler ilk olarak uygulama yaparak matematiksel problemin çözümüne ulaşırlarsa yaptıklarının ne kadar önemli olduğunu görürler. Bunun neticesinde de teorik olan çözümün yollarını bulmakta fazla çaba harcamadan çözüme ulaşmaları daha kolay olabilir.”*

(5.6) *“Eğer kolaya alıştırmayacaksa uygulama yapılıp sonrasında neler görmüştük nereye varabiliriz şeklinde çok uygulama ve teori arası kesin çizgilerle ayrılmadan hafifçe bir geçiş yapılabilir. Ama bir risk mi diye de düşünmedim değil, işin teorisi çok arka planda da kalmamalı. İkisi bir arada öğrencinin durumuna göre verilmeli.”*

(5.21) *“Önce teorik düşünüp sonrasında uygulama yapılmasını düşünüyorum. Çünkü teoride ezber yerine yorumlama algısı açık tutulabilinirse anlamanın daha kalıcı olabileceğini bunun üzerine yapılan uygulamanın ise zihinde kavramlar ile ilgili boşlukları doldurarak tam anlamıyla kavramayı sağlayabileceğini düşünmekteyim.”*

(5.3) *"Bence ilk olarak teorik çözülmeye çalışılmalı. Sonra uygulamalı yapıldığında teoride çözemeyen öğrencilerin ön yargılarını kırmak için daha yararlı olur."*

Mülakatların son sorusuna verilen cevaplardan örnek olarak sunulan altı öğrencinin cevabı incelendiğinde öğrencilerden önce uygulama yapılmalı diyenler olduğu gibi önce teorik çözülmeli diyen öğrenciler de vardır. Bunun yanında önce hangisinin yapılması gerektiği noktasında net olamayan, duruma göre hareket edilmesi gerektiğini düşünen öğrenciler de vardır. Önce uygulama yapılması gerektiğini savunan katılımcılar öğrencilerin bu şekilde konuyu daha iyi kavrayacaklarını ve teorik çözüme daha hızlı ulaşacaklarını düşünmektedirler. Önce teorik çözüm yapılmalı diyen katılımcılar ise teorik çözüm üzerine uygulama yapıldığında öğrencilerin zihinlerinde kalan kavramsal boşlukların uygulama ile doldurulacağını ve bu şekilde daha iyi öğreneceklerini veya teoride çözüme ulaşamayan öğrencilere uygulama yapıldığında ön yargılarının kırılacağını ve matematiğe ilgilerinin bu şekilde daha çok artacağını düşünmektedirler. Önce teorik çözüm mü yoksa uygulama mı konusunda kararsız kalan katılımcılar ise problemlerin teorik kısmının arka planda kalmaması gerektiğini düşünmekte ve duruma göre ikisi birlikte verilmeli diye düşünmektedirler.

Araştırmacı birinci çalışma grubundan rastgele seçtiği üç öğrenci ile yine aynı sorular üzerinden yaptığı yüz yüze görüşmeler sonucu elde ettiği verileri analiz ettiğinde katılımcıların e-posta ile verdikleri cevapları teyit ettiklerini, mülakatlarda da benzer cevaplar verdiklerini görmüştür. Katılımcılar mülakatlarda biraz daha uzun cümleler kurmuş e-posta yolu ile verdikleri cevapları biraz daha detaylı açıklamışlardır. Örneğin 3 numaralı öğrencinin 5. soruya e-posta yolu ile verdiği cevap ile yüz yüze görüşmede verdiği cevap karşılaştırıldığında yüz yüze mülakatta verdiği cevap biraz daha uzun ve açıklayıcı olmuştur:

"Bir kere bana göre önce teorik çözüm yapılmalı ve öğrenciler soruyu yapmaya uğraşmalılar, zihinlerini biraz yormalılar. Yapamazlarsa da önemli değil. Sonuçta uygulama yapıldığında aslında ne kadar kolay olduğunu görecek ve nerelerde hatalar yaptığının daha iyi farkına varacaklar. Böylece sonradan karşısına çıkan bu tarz problemlerde daha motive olmuş olacak, kendine daha *çok güvenecek ve daha çok gayret gösterecektir. En azından ön yargıları kırılmış*

olacak ki bu da biz öğretmenler için oldukça önemli. Ayrıca matematiğin aslının teori olduğunu da unutmamak gerekir. Her şeyin uygulamasını yapmaya çalışırsak hem başarılı olamayız hem de teori geri planda kalmış olur ki bunu da istemeyiz.”

3 numaralı öğrenci 5. soruya, ana fikri aynı olacak şekilde e-postada iki satır cümle ile cevap vermişken yüz yüze görüşmede uzunca bir paragraf boyunca savunduğu fikri açıklamıştır.

Yapılan mülakatlar genel olarak değerlendirildiğinde katılımcıların teorik çözümde zorlandıkları ve uygulamada daha rahat çözüme ulaştıkları görülmektedir. Yapılan uygulamanın öğrencilerin matematiğe bakış açılarında olumlu değişiklikler yaptığı da mülakat sonuçlarında görülmektedir. Ayrıca katılımcılar daha önce hiç böyle bir çalışma yapmadıklarını ve bu uygulamanın onlara öğretmenlik hayatlarına yönelik önemli fikirler verdiğini de ifade etmişlerdir. Katılımcılar bu çalışmada edindikleri tecrübe ile öğretmenlik hayatlarında öğrenciler tarafından sıkça sorulan “Günlük hayatta ne işimize yarayacak?” sorusuna daha rahat cevap verebileceklerini ve yaparak yaşayarak öğrenme ortamlarını daha rahat oluşturabileceklerini ifade etmişlerdir.

4.2. Tasarım 2 Bulguları

Tasarım 2’deki verilerin analizi de Tasarım 1’deki verilerin analizi ile aynı süreçlere tabi tutularak yapılmıştır. İlk önce katılımcılara Modelleme 1 Testi uygulanmış ardından “Problem 1”i uygulamalı olarak çözmeleri için katılımcılara gerekli ve yeterli materyaller verilerek problemi çözmeleri istenmiştir. Daha sonra katılımcılara verilen materyaller toplanarak aynı problemi kâğıt kalem ile teorik olarak da çözmeleri istenmiştir. Ardından katılımcılara Modelleme 2 Testi uygulanarak katılımcılarda istatistiksel manada anlamlı bir farklılık olup olmadığı test edilmiştir. Son olarak bütün katılımcılarla e-posta yolu ile ve bazı katılımcılarla da yüz yüze mülakatlar yapılarak toplanan bütün veriler Tasarım 1 sürecindeki gibi analiz edilmiştir.

Bu bölümde ikinci tasarım (uygulamadan teoriye) sonucu elde edilen bulgular birinci tasarımdaki verilerin analizi ile aynı çerçevede sunulacaktır.

4.2.1. Modelleme Testleri

Modelleme testlerinin analizi ile ilgili genel bilgiler Tasarım 1’de detaylı bir şekilde ifade edildiği için aynı açıklamalar burada tekrar edilmeyecektir. Bu kısımda Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen bulgular paylaşılacaktır.

4.2.1.1. Modelleme 1 Testi

İkinci tasarımdaki çalışma grubunun Modelleme 1 testine verdikleri cevapların ortalamaları Tablo 23’te görülmektedir. Teste 24 öğrenci katılmıştır. Bu 24 öğrencinin puan ortalamaları 22 puan üzerinden 11,71 olmuştur. Bu gruptaki katılımcılardan Modelleme 1 testinden en yüksek puan alan öğrenci 19 puan; en düşük puan alan öğrenci ise 4 puan almıştır. 8. soru 0,63 ortalama ile ortalaması en düşük soru olurken 7. soru da 1,71 ortala ile en yüksek ortalamaya sahip soru olmuştur.

Tablo 23.
Modelleme 1 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	0,67	0,92
Soru 2	0,92	0,58
Soru 3	0,96	0,91
Soru 4	1,67	0,56
Soru 5	0,96	0,95
Soru 6	1,21	0,83
Soru 7	1,71	0,55
Soru 8	0,63	0,71
Soru 9	1,33	0,92
Soru 10	1,00	0,83
Soru 11	0,67	0,76
Toplam	**11,71**	**3,51**

Modelleme 1 testinde en düşük ortalamaya sahip 8. sorunun ölçmeyi hedeflediği yeterliğe bakıldığında “Bir matematiksel model seçme” yeterliği olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin en başarılı olduğu 7. sorunun ölçmeyi hedeflediği yeterlik ise "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" yeterliğidir.

İkinci çalışma grubundaki katılımcıların Modelleme 1 testindeki soruları "doğru", "yanlış" veya "kısmen doğru" kategorilerine göre cevaplama sayıları ve yüzdeleri Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24.
Modelleme 1 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 1 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	15	7	2	62,50	29,17	8,33
Soru 2	5	3	16	20,83	12,50	66,67
Soru 3	10	9	5	41,67	37,50	20,83
Soru 4	1	17	6	4,17	70,83	25,00
Soru 5	11	10	3	45,83	41,67	12,50
Soru 6	6	11	7	25,00	45,83	29,17
Soru 7	1	18	5	4,17	75,00	20,83
Soru 8	12	3	9	50,00	12,50	37,50
Soru 9	7	15	2	29,17	62,50	8,33
Soru 10	8	8	8	33,33	33,33	33,33
Soru 11	12	4	8	50,00	16,67	33,33
Toplam	**88**	**105**	**71**	**33,33**	**39,77**	**26,89**

İkinci çalışma grubundaki katılımcıların Modelleme 1 testindeki soruları %39,77 oranında doğru; %33,33 oranında yanlış ve %26,89 oranında da kısmen doğru cevapladıkları görülmektedir. Öğrencilerin en başarılı oldukları sorular %75 ve %70,83 doğru yapılma oranları ile 7. ve 4. sorular olurken; en başarısız oldukları sorular ise %12,50 doğru yapılma oranı ile 2. ve 8. sorular olmuştur. 2. ve 8. soruları %16,67 doğru yapılma oranı ile 11. soru takip etmiştir.

Bu çalışma grubundaki katılımcıların Modelleme 1 testinde en başarılı oldukları 7. ve 4. soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterlikler sırasıyla "Matematiksel ifadeleri formülleştirme” ve “ Problemi formülleştirme” yeterlikleridir. Katılımcıların en başarısız oldukları 2., 8. ve 11. soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterlikler ise sırasıyla “Hedefi belirginleştirme”, “Bir matematiksel model seçme” ve “Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme” yeterlikleri olmuştur.

İkinci çalışma grubunun Modelleme 1 testi performansına genel olarak bakıldığında katılımcılar soruların yaklaşık %40’lık kısmını doğru cevaplarken geriye kalan %60’lık kısmını ise ya yanlış ya da kısmen doğru cevaplandırmışlardır. Bu oranlara bakıldığında ikinci çalışma grubunun da matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişmediği görülmektedir.

4.2.1.2. Modelleme 2 Testi

Tasarım 2’de (Uygulamadan teoriye) yapılan çalışmaların ardından uygulanan Modelleme 2 testindeki soruların puan ortalamaları Tablo 25’te görülmektedir. Modelleme 2 testinde ortalama, 22 puan üzerinden 14,50 puan olmuştur. Modelleme 1 testinde 11,71 olan ortalamanın Modelleme 2 testinde 14,50’ye yükseldiği görülmektedir. Bu testte en yüksek puan alan öğrenci 20 puan alırken en düşük puan alan öğrenci ise 9 puan almıştır. Testte en yüksek ortalamaya sahip olan sorular 1,83 ortalama ile 8. soru ve 1,79 ortalama ile 7. soru olmuştur. Testin ortalaması en düşük sorusu ise 0,67 ortalama ile 2. soru olmuştur.

Öğrencilerin bu testteki en başarılı oldukları 7. ve 8. soruların ölçmeyi hedeflediği yeterliğin “Matematiksel ifadeleri formülleştirme” olduğu görülmektedir. Öğrencilerin en başarısız oldukları 2. soru ise “Verilenleri belirleme ve sadeleştirme” yeterliğini ölçmeyi hedeflemektedir.

Tablo 25.
Modelleme 2 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	1,04	0,81
Soru 2	0,67	0,76
Soru 3	0,96	0,81
Soru 4	1,25	0,99
Soru 5	1,38	0,82
Soru 6	1,50	0,66
Soru 7	1,79	0,59
Soru 8	1,83	0,48
Soru 9	0,88	0,80
Soru 10	1,54	0,72
Soru 11	1,67	0,64
Toplam	**14,50**	**2,50**

Modelleme 2 testine katılımcıların verdiği cevapların sayıları ve yüzdeleri Tablo 26'da okuyucular ile paylaşılmıştır. Tabloya göre katılımcıların en başarılı olduğu sorular %87,50 yapılma oranı ile 7. ve 8. sorular olmuştur. Bu soruları %75,00 yapılma oranı ile 11. soru takip etmiştir. Öğrencilerin en başarısız oldukları sorular ise %16,67 oranla 2. soru ve %25,00 oranla 9. sorular olmuştur. Bu soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklere baktığımızda katılımcıların en başarılı oldukları 7. ve 8. sorular "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" yeterliğini, 11. soru ise "Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme" yeterliğini ölçmektedir. Katılımcıların en başarısız oldukları 2. soru "Verileri belirleme ve sadeleştirme" yeterliğini, 9. soru ise "Bir matematiksel model seçme" yeterliğini ölçmektedir.

Tablo 26.
Modelleme 2 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 2 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	7	8	9	29,17	33,33	37,50
Soru 2	12	4	8	50,00	16,67	33,33
Soru 3	8	7	9	33,33	29,17	37,50
Soru 4	9	15	0	37,50	62,50	0,00
Soru 5	5	14	5	20,83	58,33	20,83
Soru 6	2	14	8	8,33	58,33	33,33
Soru 7	2	21	1	8,33	87,50	4,17
Soru 8	1	21	2	4,17	87,50	8,33
Soru 9	9	6	9	37,50	25,00	37,50
Soru 10	3	16	5	12,50	66,67	20,83
Soru 11	2	18	4	8,33	75,00	16,67
Toplam	**60**	**144**	**60**	**22,73**	**54,55**	**22,73**

Modelleme 2 testinin yüzdelerine genel olarak baktığımızda yaklaşık %55'lik kısmın doğru, diğer yaklaşık %45'lik kısmın ise yanlış veya kısmen doğru olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında Modelleme 1 testine göre katılımcıların önemli bir ilerleme kaydettikleri görülmektedir.

İkinci tasarımdaki (uygulamadan teoriye) katılımcıların Tablo 27'de görülen Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden aldıkları toplam puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını Wilcoxon T testi ile test etmiş ve sonucu Tablo 28'de okuyuculara sunmuştur.

Tablo 27.
Modelleme 1 Ve Modelleme 2 Testlerinden Elde Edilen Toplam Puanlar

		Ortalama	Kişi Sayısı	S. Sapma	S. Hata
Veri Çifti	M1Toplam	11,7083	24	3,50750	,71596
	M2Toplam	14,5000	24	2,50217	,51075

Tablo 28.
Wilcoxon T Testi Sonuçları

	M2Toplam - M1Toplam
Z	-2,997
p	,003

Tablo 28'de görüldüğü gibi p=0,03<0,05 olduğu için Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen toplam puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu gösterilmiştir.

4.2.2. Problem 1 Bulguları

İkinci tasarımdaki (uygulamadan teoriye) "Nasıl depolayalım?" sorusunun uygulamalı çözümünün ardından öğrencilere aynı soru dağıtılmış ve soruyu teorik olarak çözmeleri istenmiştir. Grupların verdikleri cevaplar birinci döngüde olduğu iki aşamalı olarak analiz edilmiştir. İlk önce grupların uygulamalı ve teorik çözümleri Tablo 29'daki gibi genel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 29.
Problem 1'in Uygulamalı ve Teorik Çözümünün Karşılaştırmalı Genel Değerlendirilmesi

	Uygulamalı Çözüm			Teorik Çözüm		
	Doğru (% 100)	Kısmen Doğru (% 0)	Yanlış (% 0)	Doğru (% 25)	Kısmen Doğru (% 50)	Yanlış (% 25)
Grup 1	✓					✓
Grup 2	✓			✓		
Grup 3	✓				✓	
Grup 4	✓				✓	

Tablo 29’a bakıldığında tüm grupların uygulamalı çözümde doğru kutuyu ve doğru dizilimi buldukları halde teorik çözüm istendiğinde sadece bir grubun doğru sonuca ulaştığı görülmektedir.

Birinci çalışma grubunda (Tasarım 1) olduğu gibi ikinci çalışma grubunda da (Tasarım 2) teorik çözümler Tablo 5’teki matematiksel modelleme aşamalarına göre değerlendirilmiş ve tablolar halinde okuyuculara aktarılmıştır. Problem 1’in matematiksel modelleme aşamalarına göre nasıl analiz edildiğinin örnekleri Tasarım 1’in analizinde detaylı olarak gösterildiği için bu kısımda her bir grubun çözümü için yapılan analiz sonuçlarının tablolar halinde verilmesi ile yetinilecektir.

4.2.2.1. Grupların Çözüm Analizleri

İkinci tasarımdaki (uygulamadan teoriye) grupların teorik çözümleri Tablo 18’deki açıklamalara göre değerlendirilmiş ve aşağıdaki tablolarda okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 30.
Grup 1’in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Doğru									
	Eksik					✓				

Tablo 30’daki analize bakıldığında grup uygulamalı çözümde doğru sonuca ulaşmasına rağmen (Bkz. Tablo 29) teorik çözümde grupta matematiksel modelleme aşamalarından hiçbiri doğru olarak gözlemlenememiştir. Çözüm kâğıtları incelendiğinde öğrencilerin teorik çözümle uğraşmadıkları görülmüştür. Bunun nedeni kendilerine sorulduğunda ise vaktin geç oluşu, zaten uygulamada sonuca ulaştıkları ve akıllarına bir şey gelmediği için yapmak istemedikleri gibi nedenler ileri sürmüşlerdir.

Tablo 31.
Grup 2'nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Eksik									

Tablo 31'e bakıldığında ikinci grubun uygulama sonrası teorik çözümde de başarılı olduğu ve matematiksel modelleme aşamalarının büyük çoğunluğunu teorik çözümlerinde sergiledikleri görülmektedir.

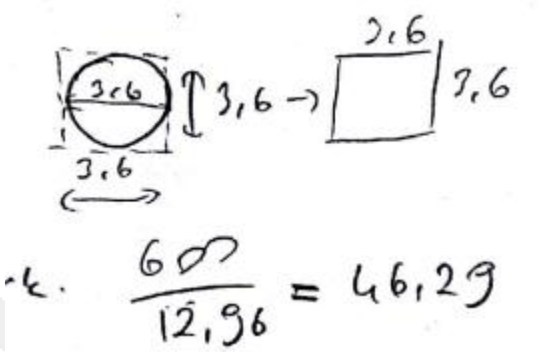
Tablo 32.
Grup 3'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓	✓	✓
	Doğru									
	Eksik	✓	✓		✓	✓	✓			

Tablo 33.
Grup 4'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓		✓
	Doğru	✓							✓	
	Eksik		✓		✓	✓	✓			

Grup 3 ve Grup 4'ün çözümleri araştırmacı tarafından kısmen doğru olarak değerlendirilmiş (Bkz. Tablo 29) ve matematiksel modelleme aşamalarına göre analizleri de Tablo 32 ve 33'de gösterilmiştir. Bu grupların her ikisi de teorik çözümlerinde benzer yönteme başvurmuşlar ve Şekil 16'da görüldüğü gibi bir mumun sığabileceği karenin alanını bularak kutunun toplam alanını bu buldukları karenin alanına bölerek kaç mum sığacağını bulmaya çalışmışlardır. Ancak öğrenciler uygulamada karar verdikleri kutunun hesapladıkları gibi 46 adet eş kareye ayrılamayacağını gözden kaçırmışlardır. Uygulamada 46 mumu sığdırabildikleri için teoride de çözümlerini ona göre yapmışlar ve çözümlerinin doğruluğunu kontrol etme yoluna gitmeyerek ezberci bir çözüm yapmışlardır.



Şekil 16. Grup 3 ve Grup 4'ün Teorik Çözümleri

4.2.3. Mülakatlar

Araştırmacı birinci tasarımda olduğu gibi burada da toplanan verileri iki aşamalı olarak analiz etmiştir. İlk önce e-posta yolu ile elde edilen veriler, ardından da bu çalışma grubundan rastgele seçilen bazı öğrenciler ile yüz yüze yapılan mülakatlar sonucu elde edilen veriler birinci tasarımda açıklanan şekilde analiz edilmiştir.

Katılımcılara sorulan "Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?" sorusuna verilen cevaplar analiz edilmiş ve 24 cevaptan bazıları aşağıda sunulmuştur:

> (1.7) "*Matematiksel modelleme ve uygulama, veri analizi bakımından faydalı bir etkinlikti. Uygulama yapılan sınıf ortamı, etkinliklere cevap vermemizi güçleştirdi. Yazılı sorular çok uzun olduğu için, sorunun sonuna gelene kadar asıl sorulmak istenileni anlamakta zorluk çektim. Yan bilgiler biraz daha kısa olsaydı çözüm kısmında etkili olabilirdi. Sorular sayesinde matematiğin güncel hayatla ilişkisinin bir modelini görmüş olduk.*"

> (1.5) "*Yapılan uygulamanın faydalı olduğunu düşünüyorum çünkü günlük hayatta matematiksel model kullanılmasına rağmen Fen Edebiyat Fakültesinde*

verilen derslerde matematik günlük hayatta nerelerde kullanılır? sorusunun cevabı yoktu. Dersler teori üzerinde yapıldığından bizler matematiği günlük hayata adapte etmekte zorlanıyoruz. Sorular bizlere bakış açımızı değiştirebileceğimizi fark ettirdi.”

(1.4) “*Uygulama matematikte teorik olarak çözdüğümüz alan sorularının modellenmiş bir örneğiydi…… Problem aslında hem matematiğin ispatlanabilir, modellenebilir olduğunu hem de matematiği aslında pratik olarak göstermekte ne kadar eksiğimiz olduğunu gösterdi. Neyin , nasıl ve neden olduğunu görmüş olduk. Bu tarz uygulamaların gerek üniversitelerde gerekse diğer eğitim kurumlarında daha sık uygulanması gerektiğini düşünüyorum. Böylece dersler daha çekici ve verimli hale gelecektir diye düşünüyorum.”*

(1.13) *“Yapılan uygulama içerik açısından güzel ve düşündürücü olup insanı bakış açılarını değerlendirmeye yöneltiyor.”*

(1.24) *“Uygulamayı modelleme açısından başarılı buldum bu şekilde öğrencilerin matematiğin aslında göründüğü kadar soyut olmadığını anladığını ve eğlenerek kendinin de matematiğin bir parçası olduğunu düşünüyorum.”*

(1.18) *“Yapılan uygulamayı genel olarak olumlu buldum. Matematiğin günlük hayat problemlerini çözmede ne kadar çok kullanıldığını görüp öğretimin de bu yönde olmasına katkıda bulunmak için iyi bir deneyimdi.”*

Birinci soruya verilen cevaplardan altı tanesi yukarıda paylaşılmıştır. Bu cevaplar incelendiğinde genel olarak öğrencilerin matematik sorularının çözümüne uygulama katılmasından memnun oldukları görülmektedir. Bazı öğrenciler sınıf ortamından şikâyetçi olmuşlardır. Daha sonra bu öğrencilerle yapılan görüşmede ne demek istedikleri sorulduğunda sınıfın ilk defa karşılaştıkları bu tarzda soruları anlayıp çözmeye olanak sağlamayacak şekilde gürültülü olduğundan ve sınıf ortamının grup çalışmasına uygun olmadığından bahsetmişlerdir. Katılımcılar fen edebiyat fakültelerinde matematiğin günlük hayattaki karşılığının cevabını alamadıklarını ve matematiğin sanıldığı kadar soyut olmadığını, günlük hayatta karşılarına çıkabileceğini göstermesi açısından bu tarz uygulamaların eğitim öğretimde kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Öğrencilere ikinci soru olarak sorulan "Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?" sorusuna verilen cevaplardan bazıları şu şekilde olmuştur:

(2.1) *"Anlamlandırma sırasında fazlasıyla zaman kaybettiğimi düşünüyorum."*

(2.4) *"Teorik olarak modelin nasıl olduğunu çizmemize rağmen aradaki uzunluk farkını nasıl hesaplayacağımız konusunda biraz zorlandık."*

(2.10) *"Ön bilgilerin hatırlanmaması teoriksel olarak çözmede zorluklar yaşattı."*

(2.15) *"teorik olarak çok zorlanmadığımı düşünüyorum çünkü derslerimiz teorik olduğu için farklı bir olay gibi gelmedi. Ama teori uygulamaya göre her zaman daha zordur bana göre."*

(2.23) *"Problemlerdeki verileri ve değişkenleri hangi fonksiyonlarla (ln, trigonometrik, polinom...vb) ifade edebileceğimize karar veremedik."*

(2.11) *"Verilen problemi teorik olarak çözerken bir yandan günlük hayattaki uygulanışını düşünmek biraz zorluk yarattı."*

İkinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde genel olarak öğrencilerin teorik çözümde zorlandıkları görülmektedir. Öğrencilerin doğru kutuyu ve dizilimi uygulamadan dolayı bildikleri halde çözümü teoriye dökmekte zorlandıkları görülmektedir.

Öğrencilere üçüncü soru olarak sorulan "Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?" sorusuna verdikleri cevaplardan bazıları şu şekilde olmuştur:

(3.3) *"Problemi uygulamalı olarak çözmenin, anlama açısından daha kalıcı olduğunu hissettim."*

(3.4) *"Önce kaç tane mum sığacağını bulup daha sonra bunları modele yerleştirmek insanı motive ediyor. İnsanın yaptığı bi şeyin doğruluğunun teyit edilmesi kişinin o alana ilgisini arttırır. Bende de öyle oldu. Modelleme ile ilgili araştırma yapmayı düşünüyorum."*

(3.8) *"Uygulamalı olarak çözdüğümüzde teoriksel ifadeler kullanmadığımızda daha çeşitli fikirler üretip; deneme yanılma yollarını daha çok kullandık."*

(3.13) *"Uygulamalı çözümde bana yönelik olan görsel ve hayal kurma becerimin somut hale getirilmesi beni güzel hissettirdi."*

(3.15) *"Problemin çözümünü görsel olarak görebilmek çözümü tamamen kanıtlayan bir şeydi bence."*

(3.21) *"Problemi uygulamalı çözmenin hem kolay hem de anlama açısından daha kalıcı olduğunu hissettim. Ve uygulamalı çözerken matematiksel her problemin güncel yaşamdaki uygulama alanlarını merak ettim. Uygulaması yapılan problemin sonrasında teorisinin inşaası, önce teorisi verilen problemin sonrasında uygulamasının yapılmasından daha heyecan verici ve merak uyandırıcı buldum."*

(3.23) *"Bize verilen problemleri uygulamalı olarak çözmemizin çok zevkli ve teşvik etmeye yönelik olduğunu düşünüyorum. Ayrıca grup çalışması yaparak, birbirimizden fikir alışverişi yapma imkânı bulduk. Bu uygulamanın daha anlaşılır ve kalıcı olduğunu düşünüyorum. Tekrardan gerçek yaşamla ilgili olması öğrenmem için istekli olmamı sağladı. Gayet eğlenceliydi."*

Öğrencilerin cevaplarına bakıldığında uygulamanın anlamaya ve kalıcılığa daha fazla katkı sağlayacağını düşündükleri görülmektedir. Öğrenciler uygulama sayesinde matematiğin ispatlanabilir, uygulanabilir ve günlük hayatta var olduğunun gösterilmesinin matematiğe olan ilgiyi artıracağını düşünmektedirler. Ayrıca grup çalışmasının faydasından da bahsedilmiştir.

İkinci gruptaki katılımcılara sorulan "Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?" sorularına katılımcıların verdiği cevaplardan bazıları şu şekilde olmuştur:

(4.2) *""Matematiğin soyut bir ders olduğu" kavramı, herkes tarafından benimsenmiş bir görüştür. Matematiksel modelleme ve uygulama sayesinde matematiğin hak ettiği ilgiyi göreceğini umuyorum."*

(4.4) *"Ben zaten matematiğin uygulamalı yapılması gerektiği görüşündeydim. Ancak bununla ilgili hiçbir girişimde ve araştırmada bulunmamıştım. Bu* *modelleme ile uygulamalı eğitimin bir dersi sevdirebileceğini, ilgi ve odağı arttırabileceğini görmüş oldum."*

(4.7) *"Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri daha çok* modelleme *anlamında düşünce ve fikir üretmeye dönüktür. Uygulamanın teoriden daha basit olduğu düşüncesindeyim."*

(4.13) *"Uygulama her zaman katıldığım bir yöntem olmuştur. Uygulamada teorikte göremediğim biçim ve şekilleri kolaylıkla görüp kullanmada daha aktif ve kendimden emin hareket edebildim."*

(4.19) *"Öğrencilere her zaman çözümlerin uygulamalı olarak gösterilebilmesi özellikle matematiğin ne işe yarayacağını bilmeyen çocuklar için ilgi çekici ve öğretici olacağını düşünüyordum, bu düşüncem değişmedi."*

(4.20) *"Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri daha akılda kalıcı ve daha faydalı olduğunu düşünüyorum."*

(4.24) *"Matematiksel problemin uygulamalı verilmesini özellikle ilköğretim ve ortaöğretim de kesinlikle gerekli buluyorum ve bu proje bunu destekledi kesinlikle. Öğrencilerin hem grup olarak hem uygulamalı olarak çalışmasını sağlıyor."*

Katılımcıların görüşleri incelendiğinde uygulama ile matematiğin soyut olduğu algısının kırılabileceği ve bu tarz eğitimlerle öğrencilerin ön yargılarının kırılabileceği düşünülmektedir.

E-posta yolu ile öğrencilere sorulan soruların sonuncusu olan "Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?" sorularına öğrencilerin verdiği cevaplardan bir kısmı şu şekilde olmuştur:

(5.4) *"Önce teorik yapılıp sonra uygulama yapılmalı bence. Çünkü teorik olarak çözdükten sonra geriye sadece doğrulamak için yerine koymak kalıyor. Bu da işi kolaylaştırır. Aksi halde önce uygulama yapılırsa bu iş deneme-yanılmaya dönüşür ve çözümü bulamama ihtimali yükselir."*

(5.9) *"Önce uygulama yapılmalı ve bunun üzerinden teori anlatılmalı çünkü elinizde somut bir örnek varken verilen her yeni bilgi bir temele dayanarak uygulamada yer buluyor. Bu da bilgiyi ezberlemekten çok mantığını kavramamız anlamına geliyor."*

(5.12) *"Öğrencilerin verilen problemi önce teoriksel çözmelerinin daha yararlı olduğunu düşünüyorum. Ön bilgilerin önceden hatırlanması uygulamada yardımcı ve daha çok çözüm üretmeye yardımcı olacağını düşünüyorum."*

(5.20) *"Önce uygulama sonrasında teori daha heyecanlı, ilgi uyandırıcı, zevk verici ve düşündürücü. Ve akıl yürütme safhasını geliştirici. Aynı zamanda matematiksel bilgi düzeyini öne çıkarıcı ve eksiklikleri görmeye yardımcı."*

Katılımcıların cevaplarına bakıldığında birinci çalışma grubunda olduğu gibi burada da öğrencilerden bazıları önce teorik çözümü, bazıları da uygulamayı yapmak gerektiğini düşünmüşlerdir. Önce teorik çözülmesi gerektiğini düşünen öğrenci uygulamanın deneme yanılmaya dönüşmesinin risk olduğunu ve çözüme ulaşılamama ihtimali olduğunu düşünmektedir. Bu öğrenciye göre teorik çözüldüğünde geriye sadece uygulama ile doğrulaması kalmaktadır. Önce teorik çözülmesi gerektiğini düşünen diğer örnekte ise katılımcı teorik çözümün ön bilgileri hatırlatacağını ve bu ön bilgilerle uygulamanın daha rahat yapılacağını ve öğrencinin daha çok çözüm üretmesine yardımcı olacağını düşünmektedir. Önce uygulama yapılmalı diyen öğrenciler ise uygulama sayesinde somut bir örnek üzerinden konu anlatılacağı için daha kalıcı olacağını ve eksikliklerini görmelerine yardımcı olacağını düşünmektedirler.

Araştırmacı katılımcıların e-posta aracılığı ile verdikleri cevapları yukarıdaki gibi analiz ettikten sonra rastgele seçtiği üç öğrenci ile mülakat yapmıştır. Bu mülakatlarda da katılımcılar e-posta yolu ile verdikleri cevapları tekrar etmişlerdir. Ancak araştırmacı ikinci çalışma grubunda uygulamada tüm grupların doğru kutuyu ve dizilimi bulmalarına rağmen sadece bir grubun doğru teorik çözüm yapabilmesini anlamaya ve yüz yüze mülakatlarda bu sorunu çözümlemeye çalışmıştır. Örneğin 3. ve 4. gruptan mülakata katılan öğrencilere Şekil 16'daki çözümleri sorulmuştur. Katılımcılar bu çözümü "Diskrit Matematik" dersinde gördükleri "Kuş yuvası" veya "Bülbülyuvası" ilkesi ile çözdüklerini ifade etmişlerdir. Araştırmacı katılımcılardan 46 tane kareyi ikinci kutuya sığdırmalarını istediğinde ise sığmadığını fark etmişlerdir. Katılımcılara bunun nedeni sorulduğunda ise 4 numaralı öğrenci, *"O belki uygulamanın teorik biçimine etkisi olmuş halidir."* cevabını vermiştir. 9 numaralı öğrenci aynı soruya *"Bize sırf ezber şeklinde işte bir şeyleri öğretiyorlar. Neyi nereye koyacağımızı biliyoruz ama yorumlamaya gelince bir şey yok…….. yani biraz ezberci sistem onun için."* cevabını vermiştir.

Birinci gruptan mülakata katılan 13 numaralı öğrenciye gruplarının uygulamada doğru kutuyu ve doğru dizilimi bulduğu halde teoride neden doğru çözüme ulaşamadıkları sorulduğunda *"Aslında şeyden dolayı, zamandan dolayı, mesela yapıp hemen vakit kalmadı çıktık. Bir de uzaktan da geldiğimiz için vakit de geç olmuştu. Dediğim gibi bunlar için biraz vakit ayırmak lazım."* cevabını vermiştir.

4.3. Tasarım 1 ve 2 Bulgularının Birlikte Analizi

Araştırmacı birinci ve ikinci döngüyü analiz ettikten sonra birinci ve ikinci döngüdeki verileri karma yöntemin doğası gereği birleştirerek tekrar analiz etmiş ve bulguları tablolar halinde okuyuculara sunmuştur.

Birinci ve ikinci çalışma grubuna katılan tüm öğrencilerden toplanan Modelleme 1 testi verileri birleştirilmiş ve verilen cevapların ortalamaları Tablo 34'te okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 34.
Birinci ve İkinci Çalışma Gruplarının Toplam Modelleme 1 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	0,76	0,87
Soru 2	0,74	0,61
Soru 3	0,89	0,82
Soru 4	1,46	0,72
Soru 5	1,09	0,91
Soru 6	1,26	0,85
Soru 7	1,52	0,62

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 8	0,72	0,72
Soru 9	1,02	0,93
Soru 10	0,87	0,86
Soru 11	0,78	0,81
Toplam	**11,11**	**3,33**

46 katılımcının Modelleme 1 testine verdikleri cevapların analizi sonucu oluşturulan Tablo 34'e bakıldığında katılımcılar toplamda 22 puan üzerinden ortalama 11,11 puan elde etmişlerdir. Sorulardan en yüksek ortalamaya sahip sorular 1,52 ve 1,46 ortalama ile sırasıyla 7. (Matematiksel ifadeleri formülleştirme yeterliği) ve 4. (Problemi formülleştirme yeterliği) sorular olmuştur. En düşük ortalamaya sahip sorular ise 0,72 ve 0,74 ortalama ile 8. (Bir matematiksel model seçme yeterliği) ve 2. (Hedefi belirginleştirme yeterliği) sorular olmuştur.

Modelleme 1 testindeki soruların toplam cevaplanma oranlarının verildiği Tablo 35'e bakıldığında soruların %35,77'lik kısmı doğru, %34,78'lik kısmı yanlış ve %29,45'lik kısmı ise kısmen doğru olarak cevaplanmıştır. Tablo 35'e göre 2. ve 8. sorular doğru yapılma oranı en düşük sorular; 4. ve 7. sorular ise doğru yapılma oranı en yüksek sorular olmuştur.

Tablo 35.
Modelleme 1 Testinin Toplam Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 1 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	24	13	9	52,17	28,26	19,57
Soru 2	16	4	26	34,78	8,70	56,52
Soru 3	18	13	15	39,13	28,26	32,61
Soru 4	6	27	13	13,04	58,70	28,26
Soru 5	17	21	8	36,96	45,65	17,39

Modelleme 1 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 6	12	24	10	26,09	52,17	21,74
Soru 7	3	27	16	6,52	58,70	34,78
Soru 8	20	7	19	43,48	15,22	41,30
Soru 9	19	20	7	41,30	43,48	15,22
Soru 10	20	14	12	43,48	30,43	26,09
Soru 11	21	11	14	45,65	23,91	30,43
Toplam	**176**	**181**	**149**	**34,78**	**35,77**	**29,45**

Birinci ve ikinci döngüde, uygulamalar sonrası yapılan Modelleme 2 testlerinden elde edilen verilerin birleştirilmesi ve analiz edilmesi sonucu elde edilen Tablo 36 aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 36.
Birinci ve İkinci Çalışma Gruplarının Toplam Modelleme 2 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	1,04	0,73
Soru 2	0,80	0,78
Soru 3	0,85	0,82
Soru 4	1,26	0,88
Soru 5	1,35	0,79
Soru 6	1,54	0,69
Soru 7	1,59	0,69
Soru 8	1,74	0,57
Soru 9	0,93	0,74
Soru 10	1,59	0,72
Soru 11	1,59	0,65
Toplam	**14,28**	**2,43**

Grupların Modelleme 2 testine verdikleri cevapların puan ortalamalarına bakıldığında toplam 22 puan üzerinden 14,28 puan aldıkları görülmektedir. Sorulardan en yüksek ortalamaya sahip olan sorular 1,74 ortalama ile 8. soru (Matematiksel ifadeleri formülleştirme yeterliği) ve 1,59 ortalama ile 7. (Matematiksel ifadeleri formülleştirme yeterliği), 10. (Grafik gösterimleri kullanma yeterliği) ve 11. (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme yeterliği) sorular olmuştur. En düşük ortalamaya sahip sorular ise 0,80 ortalama ile 2. (Verilenleri belirleme ve sadeleştirme yeterliği) ve 0,85 ortalama ile 3. (Hedefi belirginleştirme yeterliği) sorular olmuştur.

Modelleme 2 testine verilen cevapların toplam yapılma oranlarının görüldüğü Tablo 37'ye bakıldığında soruların %51,19'luk kısmı doğru, %21,34'lük kısmı yanlış ve %27,47'lik kısmı ise kısmen doğru çözülmüştür. Doğru yapılma oranı en yüksek olan sorular 8. ve 10. sorular olurken, doğru yapılma oranı en düşük olan sorular ise 2. ve 9. (Bir matematiksel model seçme yeterliği) sorular olmuştur.

Tablo 37.
Modelleme 2 Testinin Toplam Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 2 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	11	13	22	23,91	28,26	47,83
Soru 2	19	10	17	41,30	21,74	36,96
Soru 3	19	12	15	41,30	26,09	32,61
Soru 4	13	25	8	28,26	54,35	17,39
Soru 5	9	25	12	19,57	54,35	26,09
Soru 6	5	30	11	10,87	65,22	23,91
Soru 7	5	32	9	10,87	69,57	19,57
Soru 8	3	37	6	6,52	80,43	13,04
Soru 9	14	11	21	30,43	23,91	45,65
Soru 10	6	33	7	13,04	71,74	15,22
Soru 11	4	31	11	8,70	67,39	23,91
Toplam	**108**	**259**	**139**	**21,34**	**51,19**	**27,47**

Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinin analiz sonuçlarına genel olarak bakıldığında testlerin ortalaması 11,11'den 14,28'e yükselmiştir. Soruların doğru yapılma oranları ise %35,77'den %51,19'a yükselmiştir. Gerek ortalama puana gerekse yapılma oranlarına bakıldığında Modelleme 1 testi ile Modelleme 2 testleri arasında önemli bir ilerleme olduğu görülmektedir. Araştırmacı, Tablo 38'de görülen bu toplam puanlar arasında istatistiksel anlamda anlamlı bir farklılık olup olmadığını Wilcoxon T testi ile analiz etmiş ve Tablo 39'da okuyuculara sunmuştur.

Tablo 38.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerinden Elde Edilen Toplam Puanlar

		Ortalama	Kişi Sayısı	S. Sapma	S. Hata
Veri Çifti	M1Toplam	11,1087	46	3,33485	,49170
	M2Toplam	14,2826	46	2,42820	,35802

Tablo 39.
Wilcoxon T Testi Sonuçları

	M2Toplam - M1Toplam
Z	-4,866
p	,000

Tablo 39'da da görüldüğü gibi p=0,00<0,05 olduğu için Modelleme 1 testi ile Modelleme 2 testi arasında istatistiksel manada anlamlı bir farklılık olduğu Wilcoxon T testi ile gösterilmiştir.

Araştırmacı kız ve erkek öğrencilerdeki gelişimi de merak etmiş ve kız ve erkek öğrencilerden elde edilen verileri ayrı ayrı yukarıdaki örneklerde olduğu gibi analiz etmiş ve sonuçları özet olarak Tablo 40'da göstermiştir.

Tablo 40.
Kız Ve Erkek Öğrencilerin Modelleme Testlerinden Aldıkları Toplam Puanlar

	Kişi Sayısı	M1 Ort.	M1 S. Sapma	M2 Ort.	M2 S. Sapma
Kızlar	34	11,12	3,51	14,62	2,44
Erkekler	12	11,08	2,91	13,33	2,23

Tablo 40’a bakıldığında kızların ve erkeklerin her ikisinde de süreç sonunda önemli bir ilerleme kaydettikleri görülmektedir. Grupların hem aldıkları puan ortalamaları artmış hem de standart sapmaları azalmıştır. Yani gruplar hem gelişim göstermiş hem de aralarındaki fark azalmıştır.

Araştırmacı Tablo 40’taki gelişimin istatistiksel manada anlamlı olup olmadığını Wilcoxon T testi ile analiz etmiş ve sonuçları Tablo 41’de paylaşmıştır.

Tablo 41.
Kızlar ve Erkekler Wilcoxon T Testi Sonuçları

		M2Toplam - M1Toplam
Kızlar	z	-4,406
	p	,000
Erkekler	z	-2,205
	p	,027

Tablo 41’e bakıldığında hem kızların hem de erkeklerin süreç sonunda modelleme testlerine verdikleri cevaplarda istatistiksel manada anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir.

Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerindeki soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklerden elde edilen toplam puanlarda nasıl bir değişim olduğu analiz edilmiş ve Tablo 42’de okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 42.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerindeki Soruların Ölçmeyi Hedefledikleri Yeterliklerdeki Puan Değişimleri

Modelleme Sürecindeki Aşamalar/Yeterlikler	M1 Sorular	M1 Ort.	M2 Sorular	M2 Ort.
Verilenleri belirleme ve sadeleştirme	1	0,76	1 ve 2	0,92
Hedefi belirginleştirme	2 ve 3	0,82	3	0,85
Problemi formülleştirme	4	1,46	4 ve 5	1,30
Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme	5 ve 6	1,17	6	1,54
Matematiksel ifadeleri formülleştirme	7	1,52	7 ve 8	1,66
Bir matematiksel model seçme	8 ve 9	0,87	9	0,93
Grafik gösterimleri kullanma	10	0,87	10	1,59
Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme	11	0,78	11	1,59
	Toplam	**1,03**	**Toplam**	**1,30**

Modelleme 1 testinden elde edilen toplam puanlarda Modelleme 2 testine gelindiğinde genellikle bir artış olduğu görülmektedir. Sadece "Problemi formülleştirme" yeterliğini ölçen soruların ortalamasında düşüş olduğu görülse de yine de ortalama olarak yüksek bir ortalama olduğu için buradaki düşüşün ihmal edilebilecek bir düşüş olduğu görülmektedir.

Araştırmacı Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinden elde edilen verilerin birleştirilmiş analizinden sonra çalışma grubu 1 ve 2'nin Problem 1'e verdikleri cevapların Tablo 18'deki (Bkz. s. 76) matematiksel modelleme becerilerine göre analizlerini nicelleştirerek tek tablo halinde Tablo 43'te okuyuculara sunmuştur. Araştırmacı nitel veriyi nicelleştirirken çözümlerde "doğru" olarak belirlenen becerileri 2, "kısmen doğru" olarak belirlenen becerileri 1 ve "yanlış" olarak belirlenen becerileri ise 0 olarak kodlamış ve bu şekilde tabloya aktarmıştır. Grup numaralarının altında parantez içlerinde verilen "t-u" kısaltması teoriden uygulamaya gruplarını; "u-t" kısaltması ise uygulamadan teoriye gruplarını ifade etmektedir.

Tablo 43.
Grupların Matematiksel Modelleme Becerilerinin Süreç Performans Analizleri

	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Grup 1 (t-u)	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Grup 2 (t-u)	2	2	0	2	1	1	2	2	0
Grup 3 (t-u)	2	0	0	0	1	0	0	1	0
Grup 4 (t-u)	2	1	0	1	2	1	2	2	0
Grup 5 (t-u)	2	1	0	1	2	1	2	2	0
Grup 6 (u-t)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Grup 7 (u-t)	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Grup 8 (u-t)	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Grup 9 (u-t)	2	1	0	1	1	1	0	2	0
Ort.	1,56	0,89	0,00	0,89	1,33	0,78	0,89	1,22	0,00

Tablo 43'e bakıldığında birinci ve ikinci çalışma gruplarının matematiksel modelleme becerilerinin yeterince gelişmediği görülmektedir. Dokuz adet beceriden sadece üç tanesinin ortalaması 2 puan üzerinden 1'i geçebilmiştir. Bu beceriler A_1 (Verilenleri belirleme ve sadeleştirme) , B_2 (Matematiksel ifadeleri formülleştirme) ve D (Grafik gösterimleri kullanma) becerileri olmuştur. Diğer altı beceriden ikisine ise hiçbir grubun çözüm analizinde rastlanamamıştır. Bu beceriler ise A_3 (Problemi formülleştirme) ve E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) becerileridir.

Birinci ve ikinci çalışma gruplarının veri analizlerine bakıldığında gerek teoriden uygulamaya (birinci tasarım) gerek uygulamadan teoriye (ikinci tasarım) çalışmalarının her ikisinin de matematiksel modelleme yeterliklerinin gelişimine olumlu katkı sağladığı görülmektedir. Katılımcıların mülakat analizleri de bunu desteklemektedir. Ancak araştırmacı gerek her iki tasarım grubundaki katılımcıların Problem 1'e getirdikleri çözümlerin analizinden elde ettiği verileri inceleyerek gerekse de mülakatlarda katılımcıların verdikleri cevaplar ve araştırmacının kendi gözlemleri çerçevesinde üçüncü tasarımda önce teori sonra uygulama yapmaya karar vermiştir.

Araştırmacı grupların Problem 1'e verdikleri cevapları ve ders videolarını incelediğinde birinci çalışma grubundaki (t-u) katılımcıların problemin çözümü için daha çok çaba sarf ettiklerini ve daha fazla çözüm yolu üretmeye çalıştıklarını görmüştür. Ancak ikinci tasarım grubundaki (u-t) katılımcıların teorik çözüm için çok fazla çaba sarf etmedikleri ve çoğunlukla yukarıdaki analizlerde de ifade edildiği gibi ezberci, yani hangi kutunun doğru olduğunu çözüme başlamadan önce bildikleri için cevaplarını doğrulayıcı fakat gerçekte doğru olmayan Şekil 16'daki gibi çözümler yapmaya çalıştıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca her iki çalışma grubunun ders videoları izlendiğinde birinci çalışma grubunun her iki aşamada da (hem teorik çözüm hem uygulama) oldukça istekli oldukları ve grup birlikteliği içinde gayret gösterdikleri gözlemlenmiştir. İkinci çalışma grubunun videolarında ise birinci aşamada (uygulama) öğrenciler istekli ve gayretli görünürken ikinci aşamaya (teorik çözüm) geçildiğinde ise katılımcıların teorik çözüm için çok çaba sarf etmedikleri, cevabı doğrulayıcı bir takım işlemlerle hızlı ve geçiştirici bir yaklaşımda oldukları gözlemlenmiştir. Her ne kadar mülakatlarda bu durum katılımcılarla görüşüldüğünde vaktin geç olması ileri sürülmüş olsa da bir sonraki çalışmayı riske atmamak ve daha verimli bir çalışma yapabilmek için araştırmacı üçüncü tasarımında zenginleştirdiği etkinlikleri birinci tasarım (teoriden uygulamaya) ile uygulamaya karar vermiştir.

4.4. Tasarım 3 Bulguları

Üçüncü tasarımda araştırmacı önceki tasarımlardakine benzer süreçlerle verileri toplamış ve yine benzer analiz yöntemleri ile de analiz etmiştir. Bu bölümde sırasıyla modelleme testlerinin analizinden elde edilen bulgular ve problemlerin (problem 1 ve problem 2) analizinden elde edilen bulgular paylaşılacaktır.

4.4.1. Modelleme Testleri

Bu kısımda da modelleme testleri Tablo 9'da (Bkz. s. 65) ifade edilen matematiksel modelleme becerilerini ölçmek için kullanılmıştır. Araştırmacı nihai tasarımda modelleme testlerinin yerlerini değiştirmiştir. Yani birinci ve ikinci tasarımda ilk test olarak kullanılan "Modelleme 1" testi yerine "Modelleme 2" testi; ikinci test olarak kullanılan "Modelleme 2" testi yerine de "Modelleme 1" testi uygulanmıştır.

Araştırmacı modelleme testlerindeki soru düzeylerinin eşit olduğunu ve ikinci testin birinci testten daha kolay olabileceği yönündeki soru işaretlerini ve kuşkuları ortadan kaldırmak için böyle bir çalışma yapmış ve testlerin yerlerini değiştirmiştir. Bu durumda testlerdeki soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterlikler Tablo 44'teki gibi olmuştur.

Tablo 44.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerinin Ölçmeyi Hedefledikleri Yeterliklere Göre Soru Dağılımları

Modelleme Sürecindeki Aşamalar/Yeterlikler	Modelleme 1 Testindeki Soru Numarası	Modelleme 2 Testindeki Soru Numarası
Verilenleri belirleme ve sadeleştirme	1. ve 2. sorular	1. soru
Hedefi belirginleştirme	3. soru	2. ve 3. sorular
Problemi formülleştirme	4. ve 5. sorular	4. soru
Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme	6. soru	5. ve 6. sorular
Matematiksel ifadeleri formülleştirme	7. ve 8. sorular	7. soru
Bir matematiksel model seçme	9. soru	8. ve 9. sorular
Grafik gösterimleri kullanma	10. soru	10. soru
Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme	11. soru	11. soru

4.4.1.1. Modelleme 1 Testi

Üçüncü çalışma grubunun Modelleme 1 testine verdikleri cevapların ortalamaları Tablo 45'te görülmektedir. Teste katılan 40 öğrencinin toplam puan ortalaması 22 puan üzerinden 13,43 puan olmuştur. Bu ortalamanın, birinci ve ikinci çalışma gruplarının Modelleme 1 testlerine verdikleri cevapların ortalamaları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek bir ortalama olduğu görülmektedir. Üçüncü çalışma grubundaki öğrencilerden bu testten en yüksek puan alan öğrenci 18 puan; en düşük puan alan öğrenci ise 4 puan almıştır. Tablo 45'e bakıldığında en yüksek ortalamaya sahip sorunun 1,93 ortalama ile 8. soru olduğu; en düşük ortalamaya sahip sorunun ise 0,60 ortalama ile 3. soru olduğu görülmektedir. Bu soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklere bakıldığında 8. sorunun "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" yeterliğini; 3. sorunun ise "Hedefi belirginleştirme" yeterliğini ölçmeyi hedeflediği görülmektedir.

Tablo 45.
Modelleme 1 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	1,05	0,78
Soru 2	0,85	0,77
Soru 3	0,60	0,78
Soru 4	1,10	0,98
Soru 5	1,25	0,93
Soru 6	1,30	0,85
Soru 7	1,53	0,85
Soru 8	1,93	0,35
Soru 9	0,98	0,83
Soru 10	1,43	0,75
Soru 11	1,43	0,64
Toplam	**13,43**	**2,84**

Üçüncü çalışma grubunun Modelleme 1 testine verdikleri cevapların sayıları ve yüzdeleri Tablo 46'da verilmiştir. Tabloya bakıldığında katılımcıların en başarılı oldukları soru %95 yapılma oranı ile 8. soru; en başarısız oldukları soru ise %17,50 yapılma oranı ile 3. soru olmuştur. Modelleme 1 testinde soruların toplam yapılma yüzdelerine bakıldığında katılımcılar tüm soruların %50,91'ini doğru, %27,50'sini yanlış ve %21,59'unu kısmen doğru yapmışlardır. Bu yüzdelere bakıldığında üçüncü çalışma grubunun matematiksel modelleme yeterliklerinin ilk iki çalışma grubuna göre daha ileri düzeyde olduğu görülmektedir.

Tablo 46.
Modelleme 1 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 1 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	11	13	16	27,50	32,50	40,00
Soru 2	15	9	16	37,50	22,50	40,00
Soru 3	23	7	10	57,50	17,50	25,00
Soru 4	17	22	1	42,50	55,00	2,50
Soru 5	12	24	4	30,00	60,00	10,00
Soru 6	10	22	8	25,00	55,00	20,00
Soru 7	9	30	1	22,50	75,00	2,50
Soru 8	1	38	1	2,50	95,00	2,50
Soru 9	14	13	13	35,00	32,50	32,50
Soru 10	6	25	9	15,00	62,50	22,50
Soru 11	3	21	16	7,50	52,50	40,00
Toplam	**121**	**224**	**95**	**27,50**	**50,91**	**21,59**

4.4.1.2. Modelleme 2 Testi

Üçüncü çalışma grubundaki öğrencilerle yapılan Problem 1 ve Problem 2 etkinliklerinden sonra uygulanan Modelleme 2 testinin ortalamaları Tablo 47'de okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 47.
Modelleme 2 Testi Puan Ortalamaları

Soru Numarası	Puan Ortalaması (2 puan üzerinden)	Standart Sapma
Soru 1	1,23	0,86
Soru 2	0,98	0,70
Soru 3	1,28	0,68
Soru 4	1,48	0,75
Soru 5	1,53	0,72
Soru 6	1,50	0,78
Soru 7	1,88	0,40
Soru 8	0,80	0,82
Soru 9	1,63	0,70
Soru 10	1,28	0,78
Soru 11	1,45	0,81
Toplam	**15,00**	**2,28**

Modelleme 2 testinde ortalamanın 13,43'ten 15,00'a yükseldiği görülmektedir. Bu testte en yüksek puan alan öğrenciler 20 puan; en düşük puan alan öğrenciler ise 12 puan almıştır. Testin ortalaması en yüksek olan sorusu 1,88 ortalama ile 7. soru olurken ortalaması en düşük olan soru ise 0,80 ortalama ile 8. soru olmuştur. Bu soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklere bakıldığında 7. sorunun "Matematiksel ifadeleri formülleştirme" yeterliğini, 8. sorunun ise "Bir matematiksel model seçme" yeterliğini ölçmeyi hedefledikleri görülmektedir. Katılımcıların sorulara verdikleri cevapların yapılma sayıları ve yüzdeleri Tablo 48'de paylaşılmıştır.

Tablo 48.
Modelleme 2 Testi Sorularının Cevaplanma Sayıları ve Yüzdeleri

Modelleme 2 Testi	Yanlış	Doğru	Kısmen Doğru	Yanlış (%)	Doğru (%)	Kısmen Doğru (%)
Soru 1	16	18	6	40,00	45,00	15,00
Soru 2	12	7	21	30,00	17,50	52,50
Soru 3	10	14	16	25,00	35,00	40,00
Soru 4	8	23	9	20,00	57,50	22,50
Soru 5	11	24	5	27,50	60,00	12,50
Soru 6	8	27	5	20,00	67,50	12,50
Soru 7	2	36	2	5,00	90,00	5,00
Soru 8	24	5	11	60,00	12,50	27,50
Soru 9	7	30	3	17,50	75,00	7,50
Soru 10	10	18	12	25,00	45,00	30,00
Soru 11	9	26	5	22,50	65,00	12,50
Toplam	**117**	**228**	**95**	**26,59**	**51,82**	**21,59**

Tablo 48'e bakıldığında katılımcıların en başarılı olduğu sorunun %90 yapılma oranı ile 7. soru; en başarısız oldukları sorunun ise %12,50 yapılma oranı ile 8. soru olduğu görülmektedir. Modelleme 2 testinin yüzdelerine genel olarak bakıldığında yaklaşık %52'lik kısmın doğru yapıldığı görülmektedir. Bu oran Modelleme 1 testi ile karşılaştırıldığında yaklaşık %1'lik bir artış olduğu görülmektedir. Bu artış her ne kadar düşük bir oran olarak görülse de modelleme testlerinin Tablo 49'da görülen puan ortalamaları karşılaştırıldığında ortalamanın 13,43'ten 15,00'a yükseldiği görülmektedir. Araştırmacı bu yükselişin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını Wilcoxon T testi ile test etmiş ve sonuçları Tablo 50'de paylaşmıştır.

Tablo 49.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerinden Elde Edilen Toplam Puanlar

		Ortalama	**Kişi Sayısı**	**S. Sapma**	**S. Hata**
Veri Çifti	M1TOPLAM	13,4250	40	2,83646	,44848
	M2TOPLAM	15,0000	40	2,27585	,35984

Tablo 50.
Wilcoxon T Testi Sonuçları

	M2TOPLAM - M1TOPLAM
Z	-2,873
p	,004

Tablo 50'de de görüldüğü gibi $p=0,04<0,05$ olduğu için Modelleme 1 testi ile Modelleme 2 testi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu Wilcoxon T testi ile gösterilmiştir.

Üçüncü çalışma grubunda Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerindeki soruların ölçmeyi hedefledikleri yeterliklerden elde edilen toplam puanlarda nasıl bir değişim olduğu analiz edilmiş ve Tablo 51'de okuyuculara sunulmuştur. Tabloda Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerinde aynı yeterlikleri ölçmeyi hedefleyen puanların ortalamaları karşılaştırıldığında genellikle ortalamalarda artış olduğu görülmektedir. Sadece "Grafik gösterimleri kullanma" yeterliğini ölçmeyi hedefleyen sorunun ortalamasında bir düşüş olduğu görülmektedir. Ancak her iki testte de bu yeterliği ölçmeyi hedefleyen soruların ortalaması yüksek olduğu için araştırmacı tarafından bu düşüş önemsenmeyecek yani bu yeterliğin gerilediğini ifade etmeye yetmeyecek bir düşüş olduğu düşünülmüştür.

Tablo 51.
Modelleme 1 ve Modelleme 2 Testlerindeki Soruların Ölçmeyi Hedefledikleri Yeterliklerdeki Puan Değişimleri

Modelleme Sürecindeki Aşamalar/Yeterlikler	M1 Sorular	M1 Ort.	M2 Sorular	M2 Ort.
Verilenleri belirleme ve sadeleştirme	1 ve 2	0,95	1	1,23
Hedefi belirginleştirme	3	0,60	2 ve 3	1,13
Problemi formülleştirme	4 ve 5	1,18	4	1,48
Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme	6	1,30	5 ve 6	1,51
Matematiksel ifadeleri formülleştirme	7 ve 8	1,73	7	1,88
Bir matematiksel model seçme	9	0,98	8 ve 9	1,21
Grafik gösterimleri kullanma	10	1,43	10	1,28
Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme	11	1,43	11	1,45
	Toplam	**1,20**	**Toplam**	**1,40**

Araştırmacı grupların modelleme testlerinde nasıl bir ilerleme kaydettiğini de analiz etmiş ve Tablo 52'de okuyuculara sunmuştur. Tabloya bakıldığında yapılan etkinlikler sonrası grupların her birinde Modelleme 2 testlerinin ortalamalarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 52.
Grupların Modelleme Testlerindeki Ortalama Puan Değişimleri

Grup No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1 Ort.	12,0	15,0	14,8	13,7	12,6	11,8	12,7	15,0	12,8
M2 Ort.	14,4	15,2	16,4	14,3	14,8	14,0	16,0	16,0	13,8

4.4.2. Modelleme Problemleri

Bu kısımda birinci ve ikinci tasarım verilerinin analizi sonucunda karar verilen üçüncü tasarımda (teoriden uygulamaya) uygulanmak üzere zenginleştirilen problemlerin uygulanması sonucu elde edilen bulgular paylaşılacaktır.

Üçüncü çalışma grubunda da birinci çalışma grubunda takip edilen süreçler takip edilmiştir. İlk olarak Modelleme 1 testi uygulanmış, ardından "Nasıl depolayalım?" problemi gruplara teorik olarak çözdürülmüş ve son olarak da gerekli materyaller gruplara dağıtılarak aynı problemi uygulamalı olarak çözmeleri ve teorik çözümleri ile uygulamalı çözümlerini karşılaştırmaları istenmiştir. Üçüncü ve son tasarımda araştırmacı süreci daha da zenginleştirmiş ve gruplara Problem 1'deki süreçleri aynen takip ederek ikinci bir problem olarak Şekil 7'daki (Bkz. s. 52) "Dönme Dolap" problemini çözdürmüştür.

4.4.2.1. Problem 1 Bulguları

Üçüncü çalışma grubuna sorulan "Nasıl Depolayalım?" sorusuna grupların verdikleri cevaplar birinci tasarımda olduğu gibi iki aşamalı olarak analiz edilmiştir. İlk önce grupların teorik ve uygulamalı çözümleri "doğru", "yanlış" veya "kısmen doğru" ölçütlerine göre genel olarak değerlendirilmiş ve Tablo 53'te okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 53.
Problem 1'in Teorik ve Uygulamalı Çözümünün Karşılaştırmalı Genel Değerlendirilmesi

	Teorik Çözüm			**Uygulamalı Çözüm**		
	Doğru (% 33,3)	Kısmen Doğru (% 22,2)	Yanlış (% 44,4)	Doğru (% 100)	Kısmen Doğru (% 0)	Yanlış (% 0)
Grup 1		✓		✓		
Grup 2	✓			✓		
Grup 3			✓	✓		
Grup 4			✓	✓		
Grup 5			✓	✓		
Grup 6		✓		✓		
Grup 7	✓			✓		
Grup 8			✓	✓		
Grup 9	✓			✓		

Tablo 53'e bakıldığında teorik çözümde gruplardan yalnızca üçü doğru çözüme ulaşabilmiştir. Geriye kalan altı gruptan ikisi kısmen doğru çözerken dördü ise yanlış çözmüşlerdir. Gruplara gerekli materyallerin verilmesi ile istenen çözüm sonrasında ise tüm grupların doğru cevaba ulaştıkları görülmektedir.

Araştırmacı "Tasarım 1"de olduğu gibi grupların teorik çözümlerini Tablo 53'teki gibi genel olarak değerlendirdikten sonra Tablo 5'teki matematiksel modelleme aşamalarına ve Tablo 18'deki açıklamalara göre de incelemiş ve sonuçları grup grup tablolar halinde paylaşmıştır. Ayrıca araştırmacı üçüncü ve son çalışma grubunda katılımcıların problemlere verdikleri cevaplardan hareketle nasıl bir gelişme kaydettiklerini inceleyebilmek ve okuyuculara aktarabilmek için Problem 1'i doğru çözen grupların çözümlerini de okuyucularla paylaşacaktır.

4.4.2.1.1. Grupların Çözüm Analizleri

Üçüncü tasarımdaki dokuz çalışma grubunun Problem 1'e getirdikleri teorik çözümler Tablo 18'deki açıklamalara göre değerlendirilmiş ve aşağıdaki tablolar yardımıyla okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 54'te birinci grubun çözüm analizi görülmektedir. Tabloya bakıldığında grubun matematiksel modelleme aşamalarından sadece birini tam olarak sergileyebildiği görülmektedir. Grupta belirlenen dokuz yeterlikten beşi kısmen gözlemlenirken üç tanesi hiç gözlemlenememiştir.

Tablo 54.
Grup 1'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

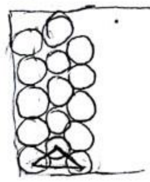
		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓			✓			✓
	Doğru								✓	
	Eksik	✓	✓		✓	✓		✓		

Tablo 55.
Grup 2’nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

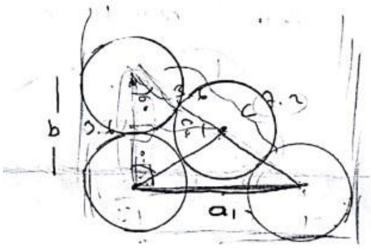
		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Eksik									

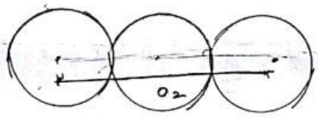
Grup 2’nin çözüm analizine bakıldığında grubun matematiksel modelleme aşamalarını sergilemede başarılı oldukları görülmektedir. Grup dokuz yeterliğin yedi tanesini doğru olarak sergilemişken iki tanesini de hiç sergileyememiştir. Şekil 17’deki çözüm incelendiğinde grubun iç-dış dizilimle alan kazandıklarını fark ettikleri ve bunu gerek şekil ile gerekse de sözel olarak ifade ettikleri görülmektedir. Grup kazandıkları alanı, her ne kadar işlemlerin tamamını açık ve net bir şekilde ifade etmemiş olsalar da yaptıkları işlemlerle göstermişlerdir.

Yaptığımız hesaplara göre mumları genişliğe dayalı 5'li gruplar halinde



sıraladığımızda yukardaki 2 cm boşluğu da kullanmış olduk. Bu sayede 3 mumun yanyana kapladığı alanı düşürdük





$a_1 < a_2$ olduğu açıktır. ve yapılan hesaplara göre 45 mum tam sığar. İlk kutuyu seçtiğimizde o kutudan 2 tane mâl etmemiz gerekir ve bu 25 TL'lik zarara uğratırdı. 3. kutu ise 45 mumu alıyordu ama fiyat yine 25 TL zarara uğratırdı. En iyi seçim 2. kutu olacaktır.

$c = 7.2$
$b = 3.6$
$a_1 = ?$

$a_1^2 + (3.6)^2 = (7.2)^2$
$a_1^2 = 51.84 - 12.96$
$\boxed{a_1 = 6.235} ---$

$4 . a_1 = 24.9415 .. < 30$

45 mum sığmış oldu

$4a_1 + 3,6 = 24,9415 + 3,6 = 28,54 < 30$

Şekil 17. Grup 2'nin Çözümü ve Açıklamaları

Tablo 56.
Grup 3'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓			✓			✓
	Doğru	✓							✓	
	Eksik		✓		✓	✓		✓		

Üçüncü grubun çözümüne bakıldığında grubun matematiksel modelleme yeterliklerinden sadece iki tanesinde başarılı oldukları görülmektedir. Grup problemin verilenlerini doğru belirlemesine rağmen sorunun hedefinden sapmış, gerekli ve doğru cebirsel işlemleri yapamamıştır.

Tablo 57.
Grup 4'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok		✓	✓			✓			✓
	Doğru									
	Eksik	✓			✓	✓		✓	✓	

Dördüncü grubun çözümü incelendiğinde grubun soruyu tam olarak anlamlandıramadığı ve dolayısıyla çözüme ulaşamadığı görülmüştür. Tablo 57'de sunulan süreç analizindeki yeterliklerin görülme durumları da bu sonucu desteklemektedir.

Tablo 58.
Grup 5'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok		✓	✓			✓			✓
	Doğru									
	Eksik	✓			✓	✓		✓	✓	

Beşinci grubun çözümü incelendiğinde grup mumların aralarında kalan boşluğun kullanılması gerektiğini fark etmiş ve sezgisel olarak ikinci kutunun doğru kutu olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak gerekli cebirsel işlemleri yapamamışlardır.

Tablo 59.
Grup 6'nın Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓			✓			✓
	Doğru	✓								
	Eksik		✓		✓	✓		✓	✓	

Altıncı grubun çözümü incelendiğinde grup ikinci kutuyu seçmeleri gerektiğini ifade etmişlerdir. Çözümlerine bakıldığında mumları kutunun köşegenlerinden itibaren dizmeye başlamışlar ve köşegenlere biri ortak olmak üzere 9'ar mum dizmişlerdir. Oluşan dört adet üçgenin her birine de 7'şer mum sığacağını söyleyerek bu şekilde 45 mumu sığdırdıklarını (9+8+7.4=45) ifade etmişlerdir. Ancak kutunun tabanı kare olmadığı için bu oluşan dört tane üçgen birbirine eş üçgenler değildir. Grup, bu dörtgenlerin her birine 7'şer tane mum sığdığını iddia etmiş fakat cebirsel olarak bunu gösterememişlerdir.

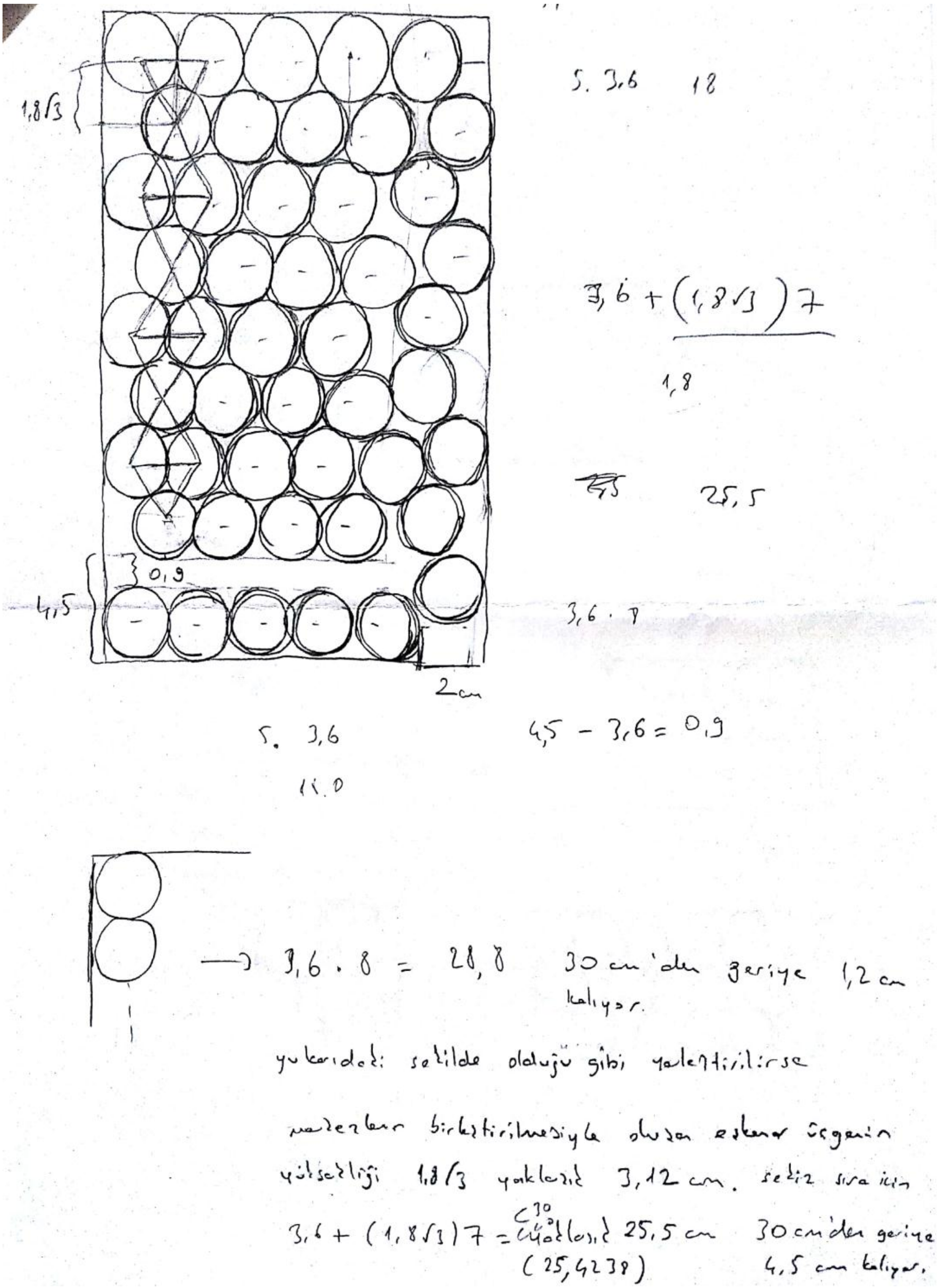
Tablo 60.
Grup 7'nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Eksik									

Yedinci grubun da matematiksel modellemede başarılı olduğu grubun çözüm analizden anlaşılmaktadır. Grup sadece iki yeterliği sergilemede başarısız olmuştur. Yedinci grubun Şekil 18'deki çözümlerine bakıldığında grup, rutin dizilim ile mumları dizdiklerinde sığmayacağını kısaca gösterdikten sonra iç-dış dizilim ile ne kadar yer kazandıklarını işlemle, şekille ve açıklamalarıyla ortaya koymuşlardır. Ardından Şekil 19'da görüldüğü gibi çözüm sonucu karar verdikleri kutuyu ve süreci sözel olarak açıklamışlardır.

Tablo 61.
Grup 8'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok		✓	✓			✓			✓
	Doğru							✓		
	Eksik	✓			✓	✓			✓	



Şekil 18. Grup 7'nin Çözümü

1) 2. Kutu seçilmeli

2) Ön sayfada gösterdiğimiz gibi 1. kutudan 2 tane gerekliydi ve maliyeti 100 tl oldu. 2. kutudan 2 tane gerekliydi ve maliyeti 150 tl oldu. 3. kutudan 1 tane gerekliydi ve maliyeti 100 tl oldu. Ama bu dizimlerde çok yer kaybettiğimizi farkettik.

Dizim değişirse 1. kutuya sığmayacağını biliyorduk. Geriye sadece 2 seçenek kaldı. Ya 2. kutuya sığacak yada 3. kutuyu kullanacaktı.
3. kutu herhalükarda aldığı için işlemleri 2. kutu ile yaptık.

İlk önce boşlukları değerlendireceğimiz bir dizim bulduk. Ondan sonra 4 sıra 8 sütun halinde yerleştirip yanlarda kolon boşlukları bulduk.
Ardından geriye kalan 13 tane mum da buralara yerleştirdik.
Bu fikri ortaya koyarken bendeniz Melih GÜLER, Mert SAK ve Yakup ÇİMEN grup halinde çalıştık.

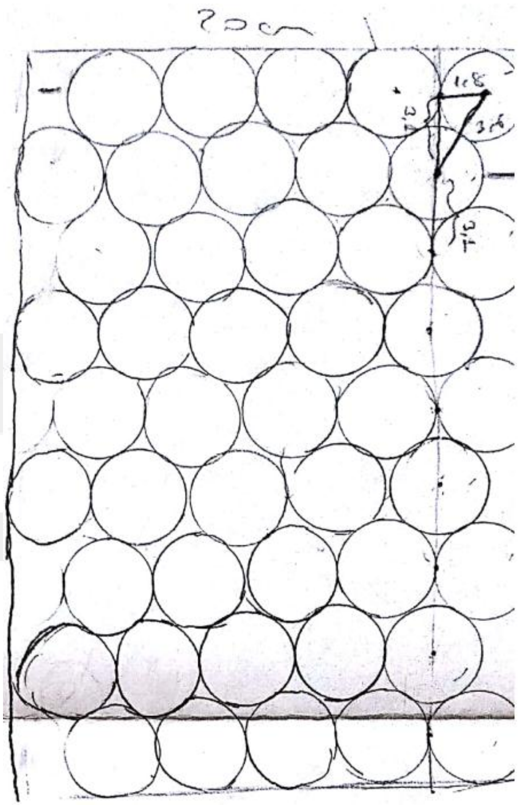
Şekil 19. Grup 7'nin Açıklamaları

Sekizinci grup teorik çözümlerinde üçüncü kutunun seçilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Grubun çözümü incelendiğinde grup, mumları Resim 2'deki gibi rutin dizilim ile dizmişler ve normalde hiç boşluk kalmadan dizilebilse idi ikinci kutunun seçilebileceğini fakat boşluklardan dolayı ikinci kutunun olamayacağını düşünmüş ve buna göre işlemler yapmışlardır. Fakat arada kalan boşlukları hesaplarken sadece mumların rutin dizilimi sonucunda kutunun kısa ve uzun kenarlarında kalan boşluklar düşünülmüş, mumların aralarında kalan boşluklar dikkate alınmamıştır. Bu da grubu yanlış çözüme götürmüştür.

Tablo 62.
Grup 9'un Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

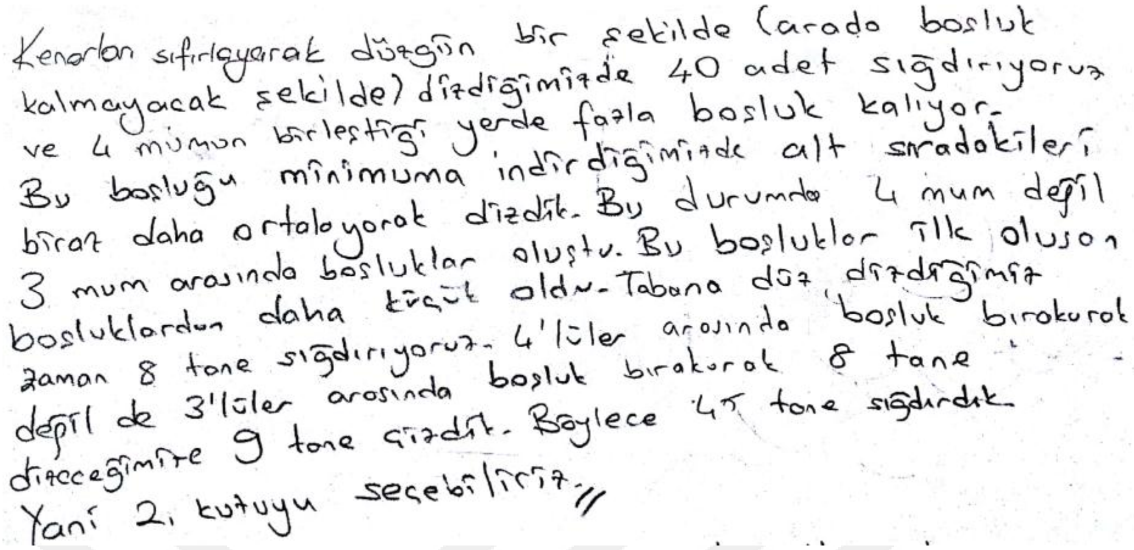
		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓			✓	✓	
	Eksik					✓	✓			

Dokuzuncu grubun çözümüne bakıldığında grup soruyu doğru çözmüş fakat gerekli cebirsel işlemler tam olarak ifade edilmediği için araştırmacı B_1 ve B_2 yeterliklerini kısmen doğru saymıştır. Grup üyeleri olması gereken cebirsel işlemleri çizdikleri Şekil 20 üzerinden sözel olarak ifade etmeye çalışmışlardır. Ancak grubun Şekil 21'deki açıklamaları araştırmacı tarafından yeterince anlaşılır ve açık bulunmamıştır.



Şekil 20. Grup 9'un Çözüm İçin Çizdikleri Şekil

Dokuzuncu grup Şekil 20'nin sağ üst köşesinde gösterdikleri dik üçgen yardımıyla çizerek kutuya 45 mumun sığdığını göstermişler fakat gerekli cebirsel işlemleri devam ettirmeyip sadece 3,1 cm'lik dik kenarı bulduktan sonra kaç tane 3,11cm sığacağını noktalama işaretleri ile gösterme yoluna gitmişlerdir. Yani cebirsel olarak göstermemişlerdir. Ayrıca grup 3,11 cm'i nasıl bulduklarını da cebirsel olarak gösterme ihtiyacı hissetmemişlerdir. Ancak araştırmacıya göre grubun yaptıkları işlemler ve çizimleri soruyu doğru çözdüklerini göstermeye yeterli sayılmıştır. Bu çözüme göre grup bazı matematiksel modelleme yeterliklerini istenen düzeyde ifade edememişlerdir.


Kenarları sıfırlayarak düzgün bir sekilde (arada bosluk
kalmayacak sekilde) dizdigimizde 40 adet sığdırıyoruz
ve 4 mumun birlestigi yerde fazla bosluk kalıyor.
Bu boslugu minimuma indirdigimizde alt sıradakileri
biraz daha ortalayarak dizdik. Bu durumda 4 mum degil
3 mum arasında bosluklar olustu. Bu bosluklar ilk olusan
bosluklardan daha küçük oldu. Tabana düz dizdigimiz
zaman 8 tane sığdırıyoruz. 4'lüler arasında bosluk bırakarak
degil de 3'lüler arasında bosluk bırakarak 8 tane
dizecegimize 9 tane çizdik. Böylece 45 tane sığdırdık.
Yani 2. kutuyu secebiliriz.//

Şekil 21. Grup 9'un Sözel Açıklamaları

Araştırmacı grupların çözümlerini analiz edip tablolar halinde sunduktan sonra bu nitel verileri nicelleştirerek tek tablo halinde okuyuculara sunmuş ve grupların modelleme yeterliklerindeki puan ortalamalarını belirlemiştir. Tablo 43'te olduğu gibi grupların çözüm analizlerinde matematiksel modelleme aşamalarından "doğru" olarak belirlenen becerilere "2", "yok" olarak belirlenen becerilere "0" ve "eksik" olarak belirlenen becerilere ise "1" puan verilerek nitel veriler nicelleştirilerek Tablo 63'te okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 63'e bakıldığında lisans grubunun ortalamalarının formasyon grubunun ortalamalarından (Bkz. Tablo 43) daha iyi olduğu görülmektedir. Dokuz adet yeterlikten altı tanesi 2 puan üzerinden 1 veya 1'in üzerinde gözlemlenmiştir. Ancak Tablo 63'e bakıldığında A_3 (Problemi formülleştirme) ve E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) yeterliklerinin lisans gruplarında da hiç gözlemlenemediği görülmektedir.

Tablo 63.
Grupların Matematiksel Modelleme Becerilerinin Süreç Performans Analizleri

	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Grup 1	1	1	0	1	1	0	1	2	0
Grup 2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Grup 3	2	1	0	1	1	0	1	2	0
Grup 4	1	0	0	1	1	0	1	1	0
Grup 5	1	0	0	1	1	0	1	1	0
Grup 6	2	1	0	1	1	0	1	1	0
Grup 7	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Grup 8	1	0	0	1	1	0	2	1	0
Grup 9	2	2	0	2	1	1	2	2	0
Ort.	1,56	1,00	0,00	1,33	1,22	0,56	1,44	1,56	0,00

4.4.2.2. Problem 2 Bulguları

Araştırmacı üçüncü ve son tasarımda üçüncü çalışma grubundaki öğrencilere ikinci bir problem olarak Şekil 7'de verilen "Dönme Dolap" problemini sormuş ve bu probleme verilen cevapları da birinci problemde olduğu gibi iki aşamalı olarak analiz etmiştir. İlk önce grupların teorik ve uygulamalı çözümleri "doğru", "yanlış" veya "kısmen doğru" ölçütlerine göre genel olarak değerlendirilmiş ve Tablo 64'te okuyuculara sunulmuştur.

DÖNME DOLAP

İngiltere'nin başkenti Londra'daki "London Eye" ismiyle bilinen dönme dolap Londra'yı kuşbakışı izlemek isteyenler için tavsiye edilmektedir. 1999 yılında inşa edilen ve dünyanın en büyük dönme dolaplarından olan yapı, yıllık 4 milyon civarında ziyaretçisiyle Londra'nın önemli turizm kaynaklarından biri haline gelmiştir. 135 metre yüksekliğindeki bu dönme dolap her biri 25 kişi kapasiteli, içinde insanların rahatça dolaşabileceği genişlikte 32 kapsülden oluşmaktadır. Dönme dolabın bir diğer özelliği de hiç durmadan hareketine devam etmesidir. Yani yolcu indirmek ya da bindirmek için durmayan dolap, insanların yer seviyesinde kapsüllere rahatlıkla inip binebileceği kadar yavaş hareket etmektedir.

Londra'daki "London Eye" ismiyle bilinen dönme dolabı inceleyen ve müşteri potansiyelinden etkilenen bir yatırımcı, benzer bir dolabı İstanbul'da Çamlıca tepesine yapmaya karar veriyor. Çapı 140 metre olması planlanan dönme dolap, yerden yüksekliği 3 metre olan bir platform üzerine kurulacaktır. Dönme dolap üzerine eşit aralıklarla her biri 30 kişi kapasiteli 36 kapsülün yerleştirilmesi düşünülmektedir. Kapsüllerin yüksekliği 7 metredir. Dönme dolabın bir tam turunu tamamlama süresi 30 dakika olarak planlanmaktadır. Kapsüllerin içerisine yerleştirilecek olan elektronik göstergelerde müşteriye anlık olarak aktarılması planlanan bilgiler şunlardır:

- Yerden yükseklik,
- Kapsüle bindikleri noktaya olan uzaklık,
- Hız.

Bu bilgileri anlık hesaplayabilecek yazılımı geliştirecek bilgisayar programcısına yardımcı olmanız istenmektedir. Bu çerçevede, programcıya bu bilgilerin matematiksel olarak nasıl hesaplanabileceği konusunda bir yöntem önermeniz istenmektedir. Ayrıca yatırımcı yaptırmak istediği dönme dolabın minyatürü üzerinde önerdiğiniz matematiksel modellerin doğruluğunu göstermenizi de isteyecektir. Çözüm esnasında kapsülün yüksekliği isteğe bağlı olarak ihmal edilebilir.

Şekil 7. (Tekrar Verilmiştir) Problem 2

Tablo 64.
Problem 2'nin Teorik ve Uygulamalı Çözümünün Karşılaştırmalı Genel Değerlendirilmesi

	Teorik Çözüm			Uygulamalı Çözüm		
	Doğru (% 77,8)	Kısmen Doğru (% 22,2)	Yanlış (% 0)	Doğru (% 100)	Kısmen Doğru (% 0)	Yanlış (% 0)
Grup 1	✓			✓		
Grup 2		✓		✓		
Grup 3	✓			✓		
Grup 4	✓			✓		
Grup 5	✓			✓		
Grup 6		✓		✓		
Grup 7	✓			✓		
Grup 8	✓			✓		
Grup 9	✓			✓		

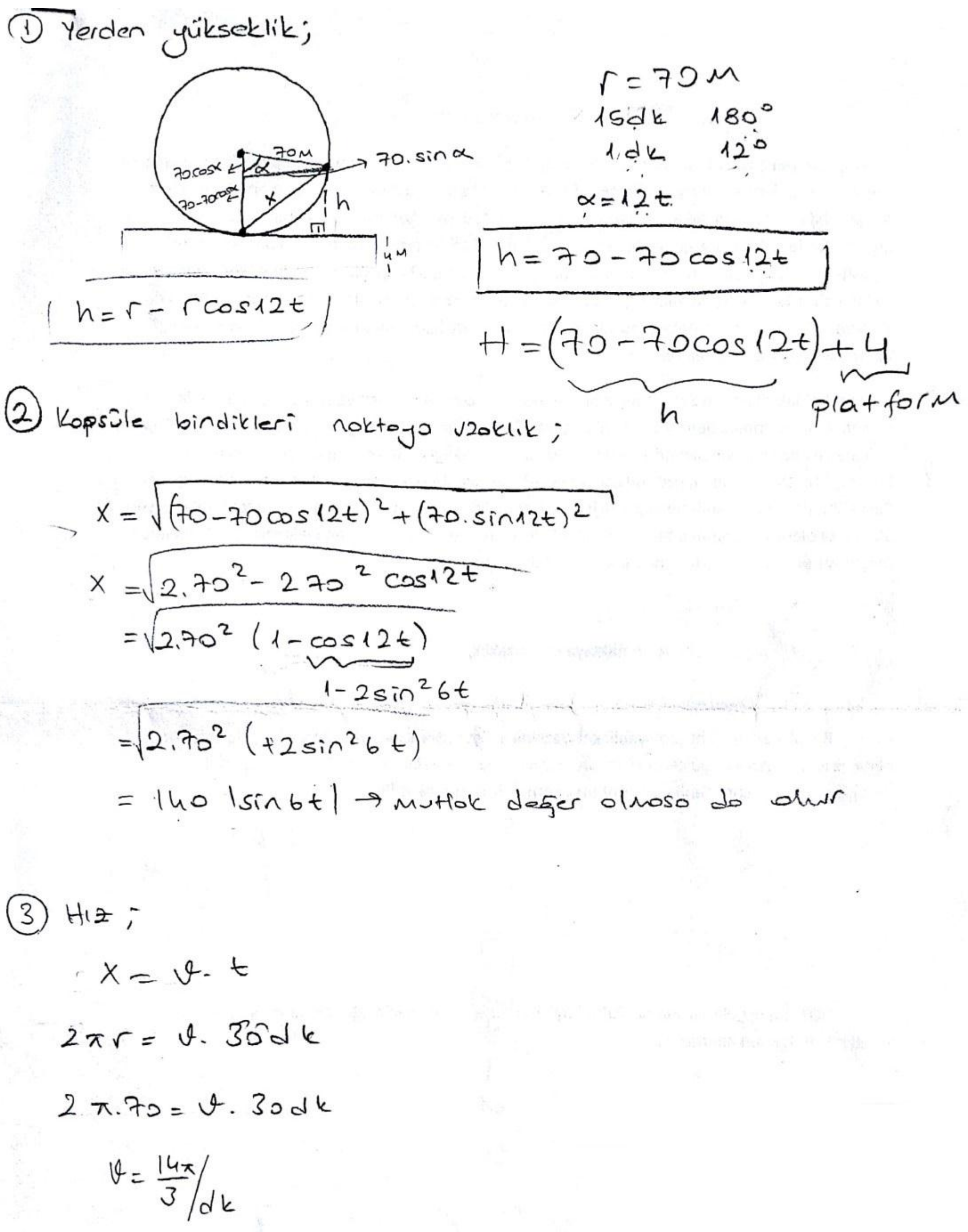
Tablo 64'e bakıldığında üçüncü çalışma grubunun Problem 2'de oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Dokuz gruptan yedi tanesi doğru çözüme ulaşmış, geriye kalan iki grup ise kısmen doğru çözüme ulaşmıştır. Problem 2'nin uygulama kısmında araştırmacı katılımcılara problemde tanıtılan dönme dolabın Resim 3'deki gibi hazır ve hareketli bir modelini vermiş ve uygulamada buldukları çözümlerin doğruluğunu kontrol etmelerini istemiştir. Yapılan uygulama sonucunda tüm gruplar kendi çözümlerinin uygulamalarını doğru bir şekilde yapmışlardır.

Problem 1'de olduğu gibi Problem 2'de de araştırmacı grupların teorik çözümlerini genel olarak değerlendirdikten sonra Tablo 5'teki matematiksel modelleme aşamalarına ve Tablo 18'deki açıklamalara göre incelemiş ve sonuçları tablolar halinde okuyuculara sunmuştur.

Resim 3. (Tekrar Verilmiştir) Dönme Dolap Modeli

4.4.2.2.1. Grupların Çözüm Analizleri

Üçüncü çalışma grubunun Problem 2'ye getirdikleri çözümler diğer çalışma gruplarında da olduğu gibi Tablo 18'deki açıklamalar çerçevesinde değerlendirilmiş ve grup grup tablolar halinde okuyuculara sunulmuştur. Araştırmacı daha önceki tasarımlarda "Nasıl Depolayalım?" problemine katılımcıların getirdikleri çözümlerden örnekler sunduğu için bu aşamada da yeni problem olan "Dönme Dolap" problemine getirilen çözümleri de okuyucular ile paylaşacaktır. Ancak çözümlerin Tablo 18'deki açıklamalara göre değerlendirmesini, Tasarım 1'de örnekler sunduğu için uzun uzun yapmak yerine Tasarım 2'de olduğu gibi tablolar halinde vermekle yetinecektir. Araştırmacının, son tasarımın son probleminin çözümlerini paylaşmak istemesinin nedeni, katılımcıların süreçte nasıl bir ilerleme kaydettiğini de okuyuculara çözümleri üzerinden gösterebilmektir.

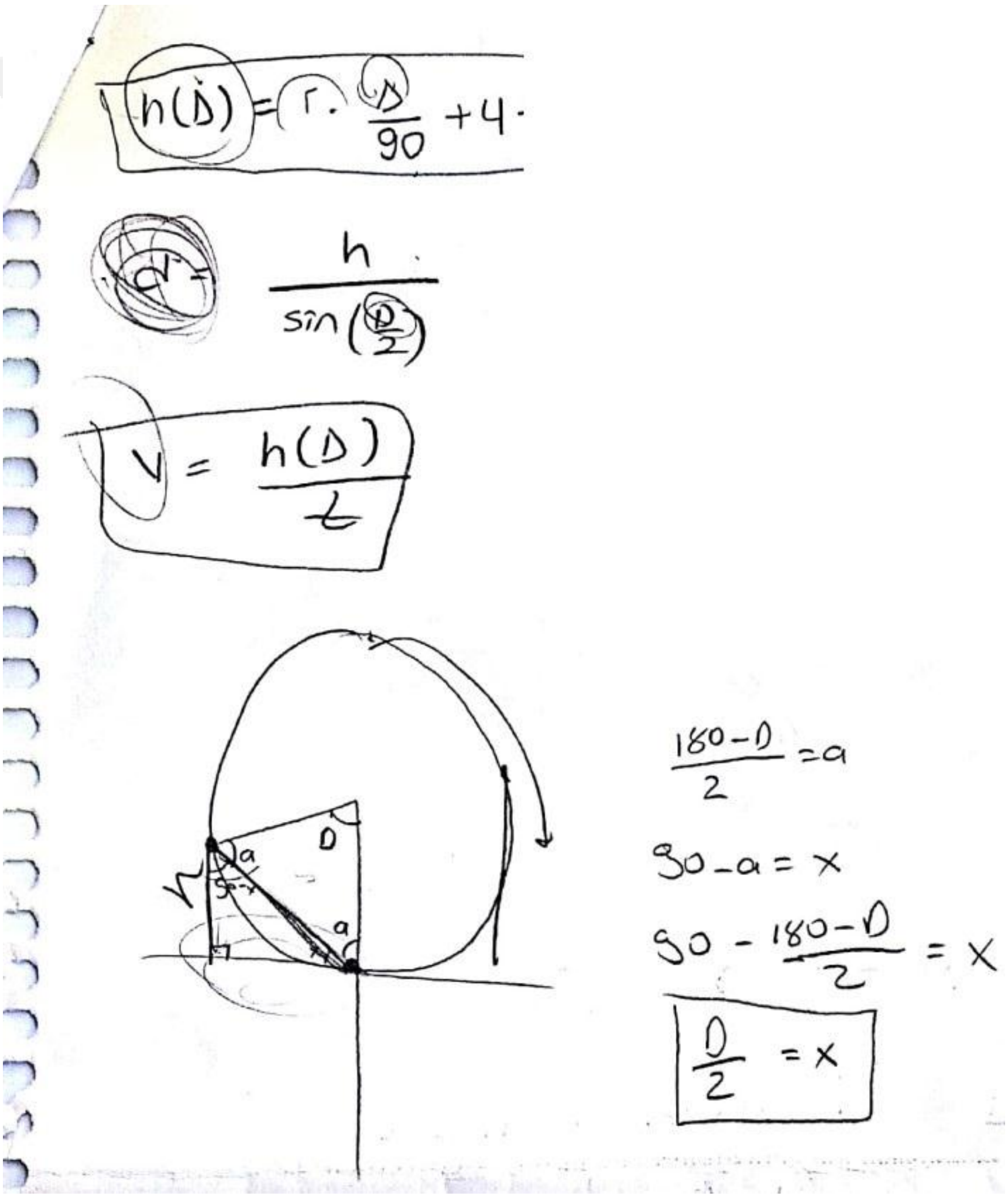


Şekil 22. Grup 1'in Çözümü

Tablo 65'e bakıldığında grubun modelleme yeterliklerinden çoğunu sergiledikleri görülmektedir. Grup dokuz yeterlikten sadece ikisini sergileyememiştir. Grubun yaptıkları işlemler sonunda ulaştıkları çözümü Şekil 22'de görüldüğü gibi anlaşılır ve açık bir şekilde paylaştıkları görülmektedir.

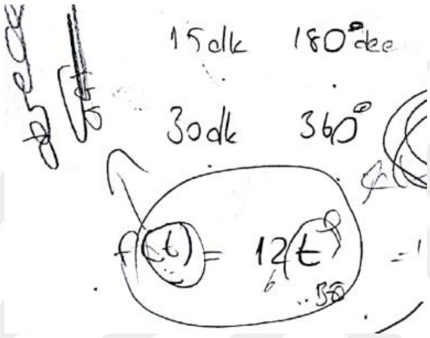
Tablo 65.
Grup 1'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
	Eksik							✓		



Şekil 23. Grup 2'nin Çözümü

Grup 2’nin Şekil 23’teki çözümüne bakıldığında grubun, kapsülün yerden yüksekliğini kapsülün oluşturduğu merkez açıyı kullanarak oran orantı yolu ile bulmayı tercih ettiğini ve diğer cevapları da bunun üzerine inşa ettiğini görmekteyiz. Ancak grup kapsülün hızını da yerden yüksekliğine göre hesaplama hatasına düşmüştür. Yani kapsülün dönme hızını bulmak yerine “h” yüksekliğine çıkma hızını bulmuştur. Grup herhangi bir andaki yüksekliği bulabilmek için gerekli olan zaman ile açı arasındaki ilişkiyi de Şekil 24’te görüldüğü gibi bulmuştur. Araştırmacı grubun çözümünü kapsülün hızını bulmada düştükleri yanılgıdan dolayı kısmen doğru kabul etmiştir.

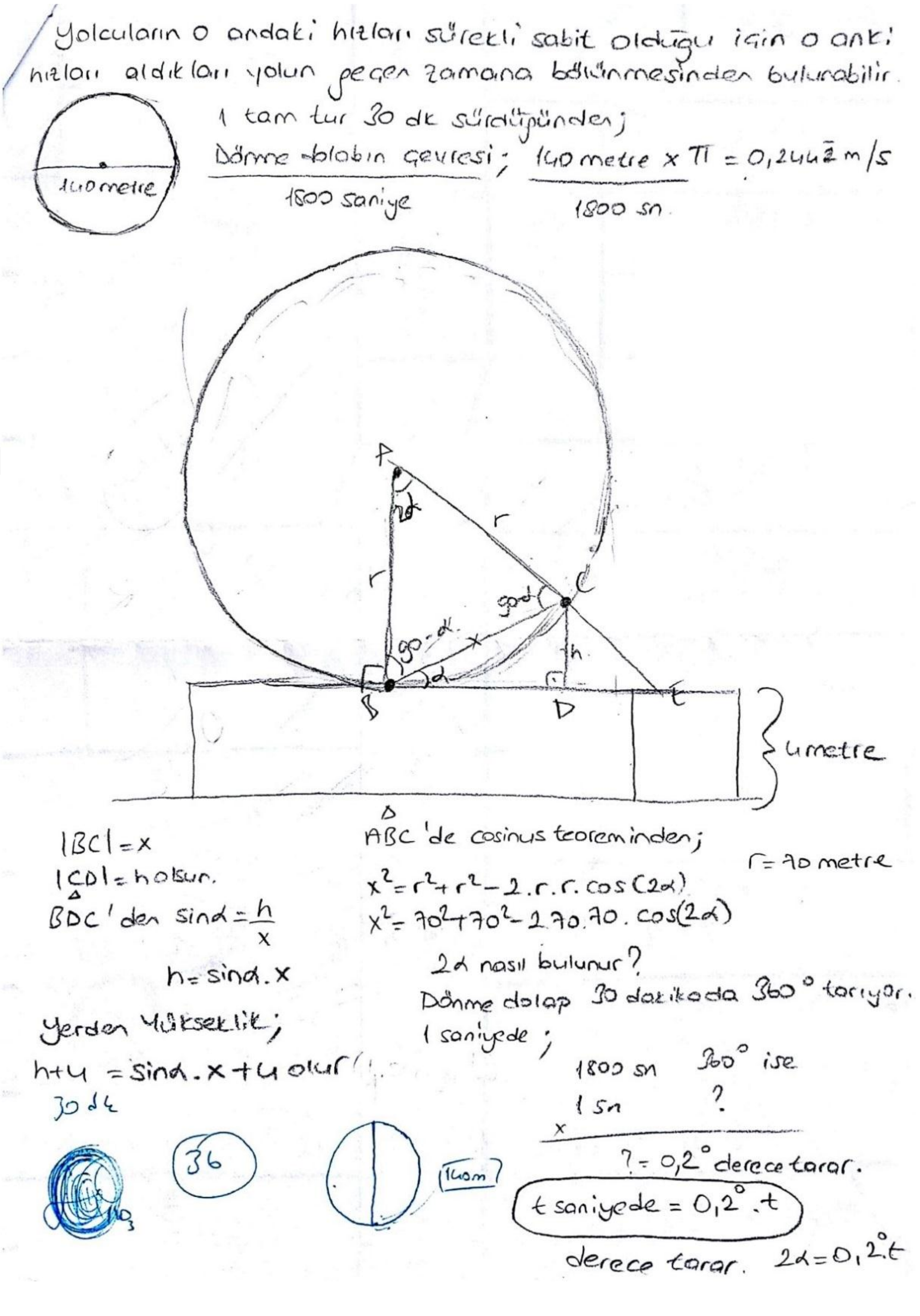


Şekil 24. Grup 2’nin Çözümünde Zaman-Açı İlişkisi

Tablo 66.
Grup 2’nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓		✓
	Doğru	✓				✓			✓	
	Eksik		✓		✓		✓			

Grup 2’nin çözümünde düştüğü yanılgılardan dolayı araştırmacı A_2 (Hedefi belirginleştirme), B_1 (Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme) ve B_3 (Bir matematiksel model seçme ve uygulama) becerilerini kısmen doğru kabul etmiştir. A_3 (Problemi formülleştirme) ve E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) becerileri bu grupta da gözlemlenememiştir. Grubun çözümünde herhangi bir sözel açıklamaya rastlanmadığı için C (Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma) becerisi de yok sayılmıştır.



Yolcuların o andaki hızları sürekli sabit olduğu için o anki hızları aldıkları yolun geçen zamana bölünmesinden bulunabilir.

140 metre

1 tam tur 30 dk sürdüğünden;

$\frac{\text{Dönme dolabın çevresi}}{1800 \text{ saniye}}$; $\frac{140 \text{ metre} \times \pi}{1800 \text{ sn}} = 0{,}2442 \text{ m/s}$

A, 2α, r, r, C, $90-\alpha$, x, $90-\alpha$, α, h, B, D, E, 4 metre

$|BC| = x$

$|CD| = h$ olsun.

$\overset{\triangle}{BDC}$'den $\sin\alpha = \frac{h}{x}$

$h = \sin\alpha . x$

Yerden yükseklik;

$h+4 = \sin\alpha . x + 4$ olur

30 dk

$\overset{\triangle}{ABC}$'de cosinus teoreminden;

$r = 70$ metre

$x^2 = r^2 + r^2 - 2.r.r.\cos(2\alpha)$

$x^2 = 70^2 + 70^2 - 2.70.70.\cos(2\alpha)$

2α nasıl bulunur?

Dönme dolap 30 dakikada $360°$ tarıyor.

1 saniyede;

1800 sn $360°$ ise

1 sn ?

$? = 0{,}2°$ derece tarar.

$\boxed{t \text{ saniyede} = 0{,}2°.t}$ derece tarar. $2\alpha = 0{,}2°.t$

36

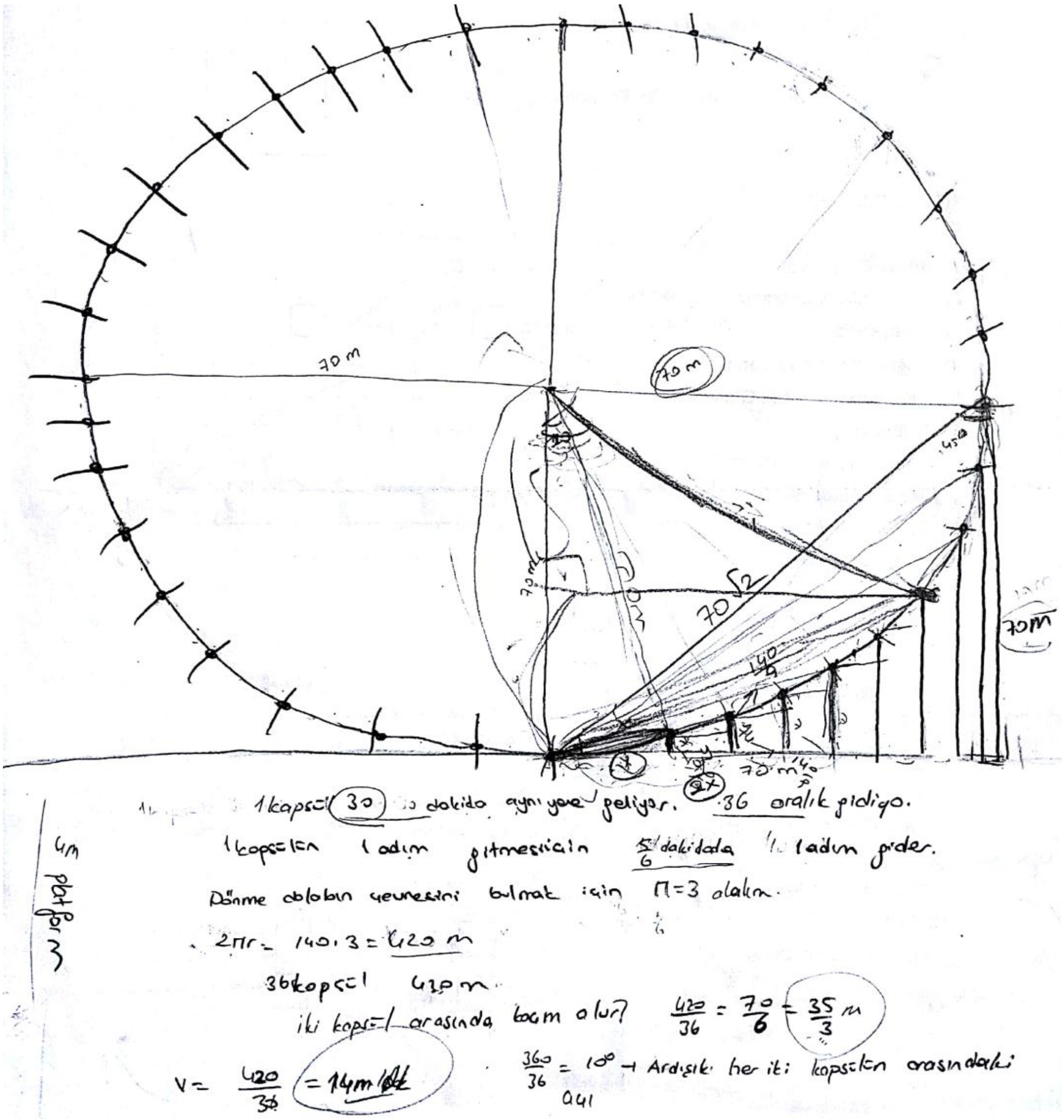
140m

Şekil 25. Grup 3'ün Çözümü

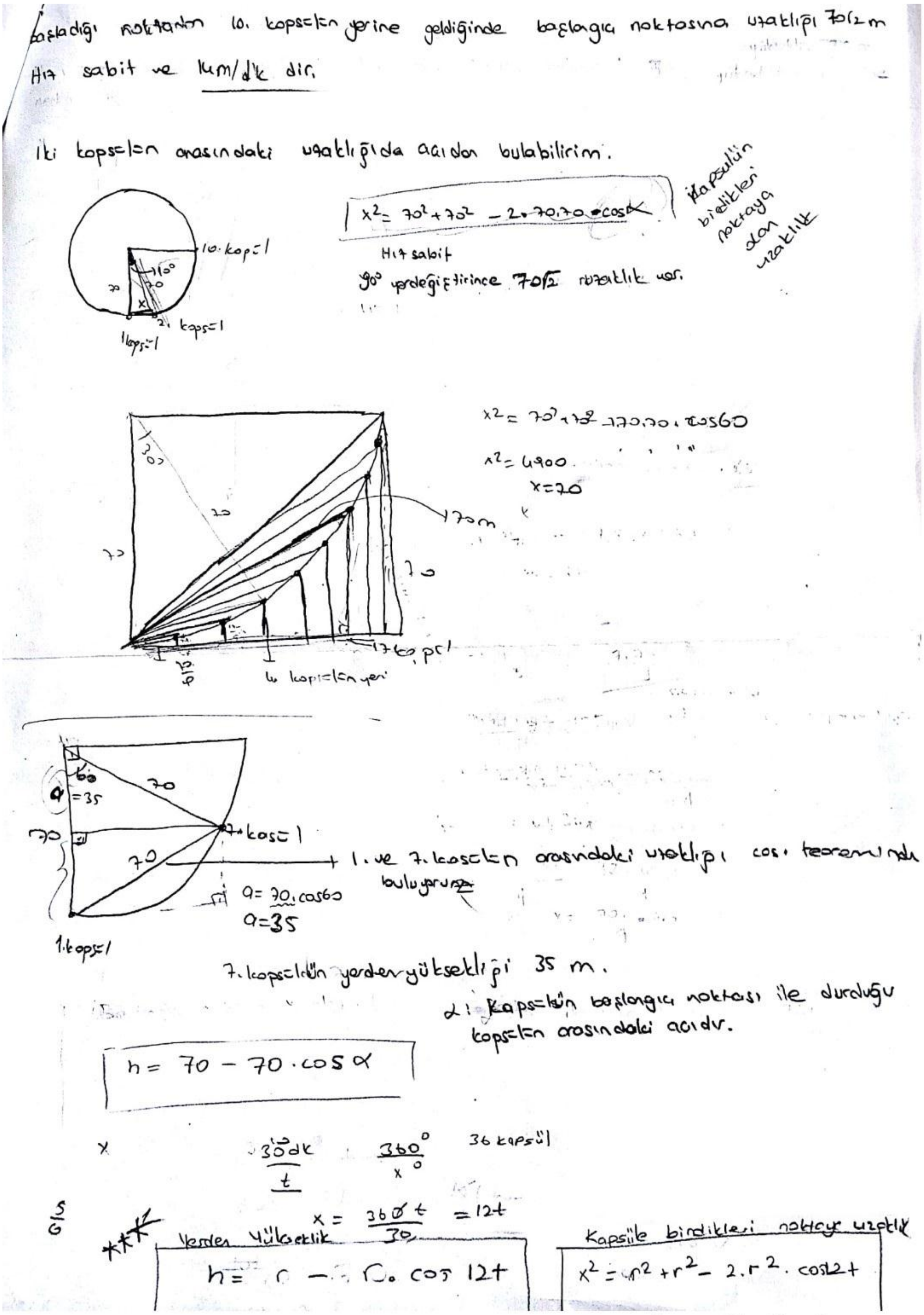
Tablo 67.
Grup 3'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Eksik									

Grup 3'ün Şekil 25'teki çözümünde de görüldüğü gibi istenen cevaplar açık ve anlaşılır bir şekilde sözel açıklamaları ile birlikte çözüm kâğıdına yansıtılmıştır. Ancak A_3 (Problemi formülleştirme) ve E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) becerileri bu grupta da gözlemlenememiştir.



Şekil 26. Grup 4'ün Çözümü



Şekil 27. Grup 4’ün Çözümünün Devamı

Grup 4'ün çözümü incelendiğinde çözümlerinin doğru olduğu görülmektedir. Ayrıca grubun çözümünde diğer grupların çözümlerinin hiçbirinde gözlemlenemeyen E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) becerisi kısmen de olsa gözlemlenmiştir. Şekil 27'ye bakıldığında grup, yaptıkları çözümleri bildikleri cos değerleri ile doğrulamayı ihmal etmemiştir.

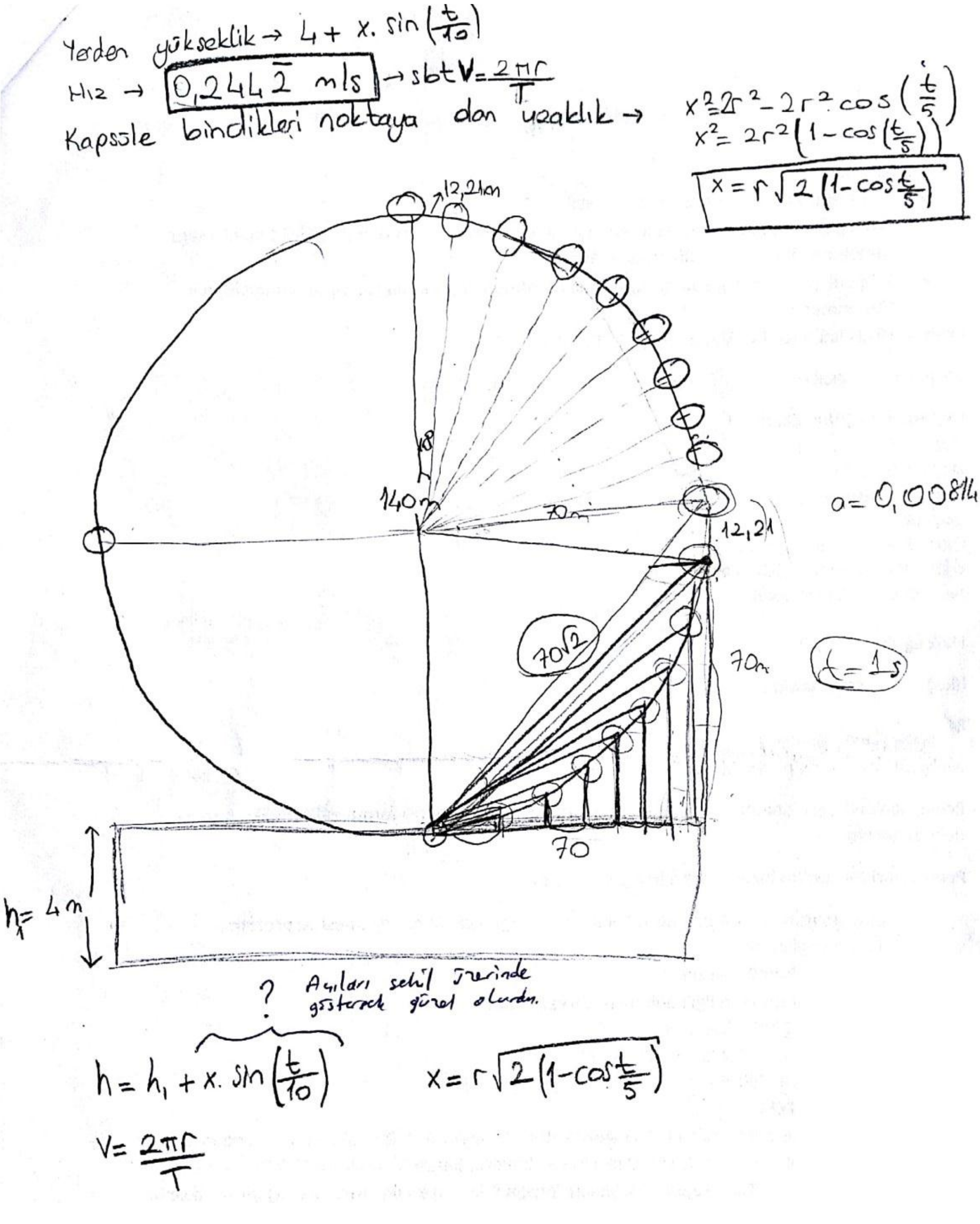
Tablo 68.
Grup 4'ün Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Eksik									✓

Tablo 69.
Grup 5'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓		✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
	Eksik									

Grup 5'in de Şekil 28'deki çözümüne bakıldığında doğru sonuca ulaştıkları görülmektedir.

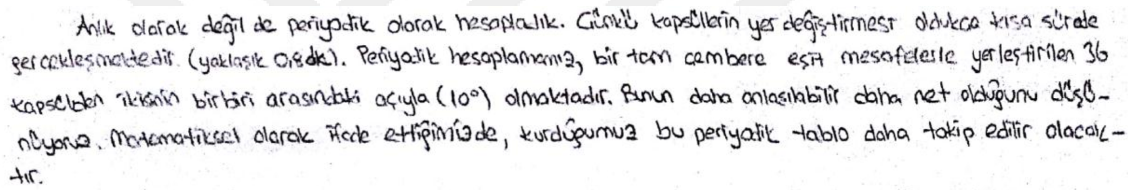


Şekil 28. Grup 5’in Çözümü

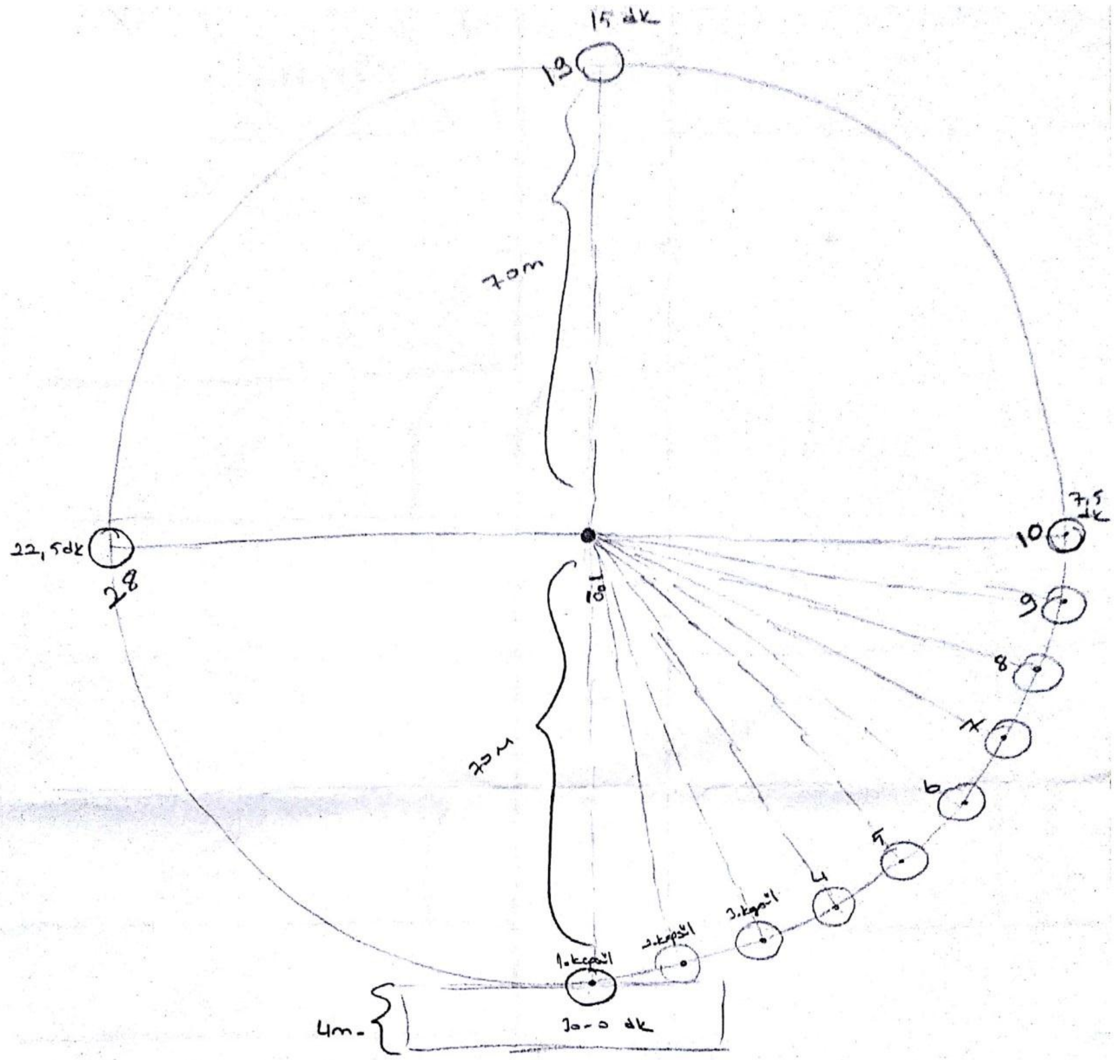
Tablo 70.
Grup 6’nın Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓						✓	✓	
	Eksik		✓		✓	✓	✓			

Grup 6’nın Şekil 30’daki çözümü incelediğinde grup, çözümünü zamana göre değil 10’ar derecelik periyotlara göre çözmeyi tercih etmişler ve bunun kendilerine göre daha doğru olduğunu Şekil 29’daki açıklamaları ile savunmuşlardır.


Anlık olarak değil de periyodik olarak hesapladık. Çünkü kapsüllerin yer değiştirmesi oldukça kısa sürede gerçekleşmektedir. (yaklaşık 0,8 dk). Periyodik hesaplamamız, bir tam çembere eşit mesafelerle yerleştirilen 36 kapsülden ikisinin birbiri arasındaki açıyla (10°) olmaktadır. Bunun daha anlaşılabilir daha net olduğunu düşünüyoruz. Matematiksel olarak ifade ettiğimizde, kurduğumuz bu periyodik tablo daha takip edilir olacaktır.

Şekil 29. Grup 6’nın Çözümleri İçin Yaptıkları Açıklamaları



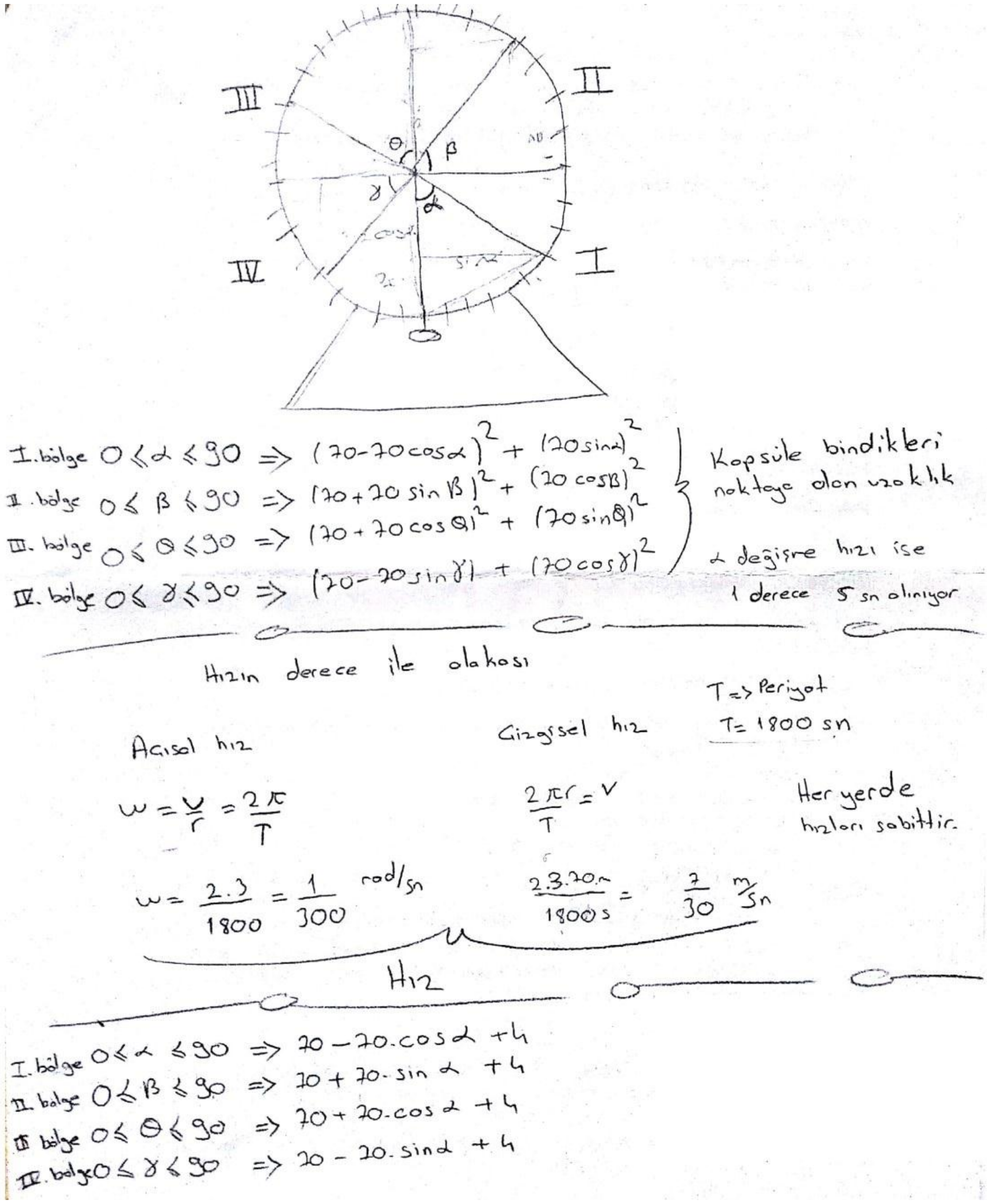
$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi . 70}{1800} = \frac{7\pi}{90} \; m/s \text{ (Hız)}$$

$$x = 4 + (a-1) . \frac{70}{9} \text{ (Yerden yükseklik)}$$

$$y = 70 . \sqrt{2\left(1-\cos[10(a-1)]^{\circ}\right)} \text{ (Kapsülle binilecek noktaya olan uzaklık)}$$

a = kapsül sırası (kaçıncı kapsül olduğu)

Şekil 30. Grup 6'nın Çözümü



Şekil 31. Grup 7'nin Çözümü

Grup 7'nin Şekil 31'deki çözümüne bakıldığında grup, çözümlerini her bir bölge için ayrı ayrı hesaplamışlardır.

Tablo 71.
Grup 7'nin Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓						✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
	Eksik							✓		

Tablo 72.
Grup 8'in Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

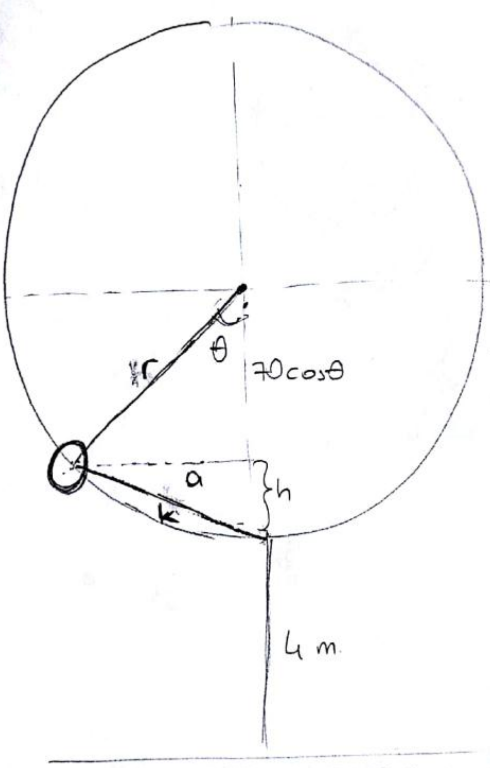
		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓		✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
	Eksik									

Grup 8'in de Şekil 32'de görüldüğü üzere doğru çözüme ulaştıkları görülmektedir. Sekizinci grubun, birçok problem çözme yaklaşımın tavsiye ettiği şekilde verilenleri ve istenenleri çözümün sağ üst köşesinde not ettikleri gözlemlenmiştir.

Tablo 73.
Grup 9'un Çözümünde Görülen Matematiksel Modelleme Aşamaları

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok			✓				✓		✓
	Doğru	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
	Eksik									

Grup 9'un Şekil 33'teki çözümüne bakıldığında grubun diğer sekiz gruptan farklı bir yaklaşımla soruyu çözdükleri görülmektedir. Grup sorunun çözümünde sinüs teoreminden faydalanmıştır.



25 kisilik 36 kapsul

1 tur 30 dakika

h+4 = ?
k = ?
V = ?

$a = 70 \sin\theta$? Cosθ

$h = 70 - 70 \sin\theta$?

$k = \sqrt{a^2 + h^2}$

$$x = 4t \rightarrow V = \frac{x}{t} = \frac{2\pi . r}{t} = \frac{2\pi . 70}{1800 sn} \approx 0{,}244 \ m/sn$$

$$\cancel{2\pi r} . \frac{\theta}{360} = \frac{\cancel{2\pi r}}{1800 sn} . t$$

$$\theta = \frac{360}{1800 sn} . t = \frac{t}{5} \frac{1}{sn}$$

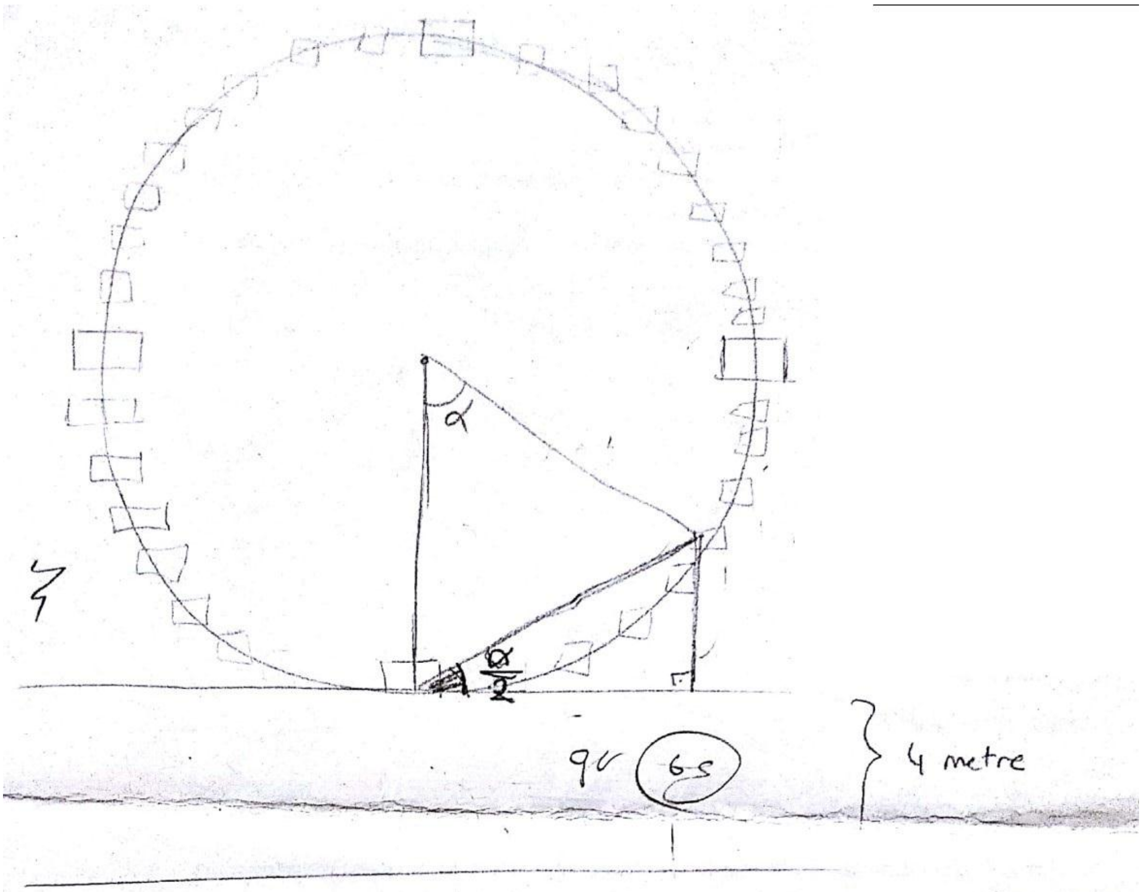
$$k^2 = 70^2 \sin^2\theta + 70^2 + 70^2 \sin^2\theta - 2 . 70^2 \sin\theta$$

cosθ? cosθ?

$$k = \sqrt{(70^2 + 70^2) \sin^2\theta - 2 . 70^2 \sin\theta + 70^2}$$

$$\boxed{\theta = \frac{t}{5} \frac{1}{sn}}$$

Şekil 32. Grup 8'in Çözümü



Başlangıç noktasına olan anlık uzaklık $\rightarrow 2 \cdot r \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$

Yerden yüksekliğinin anlık değeri $\rightarrow 2r\left(\sin\frac{\alpha}{2}\right)^2 + 4$

Hız $\rightarrow \frac{2\pi r}{T}$ $\quad T = \frac{1}{5}$

$$360 \quad 1800 \text{ s}$$
$$x \quad 4 \text{ s}$$
$$4 \cdot 360 = x \cdot 1800$$
$$x = \frac{4}{5} \qquad \frac{5}{7}$$

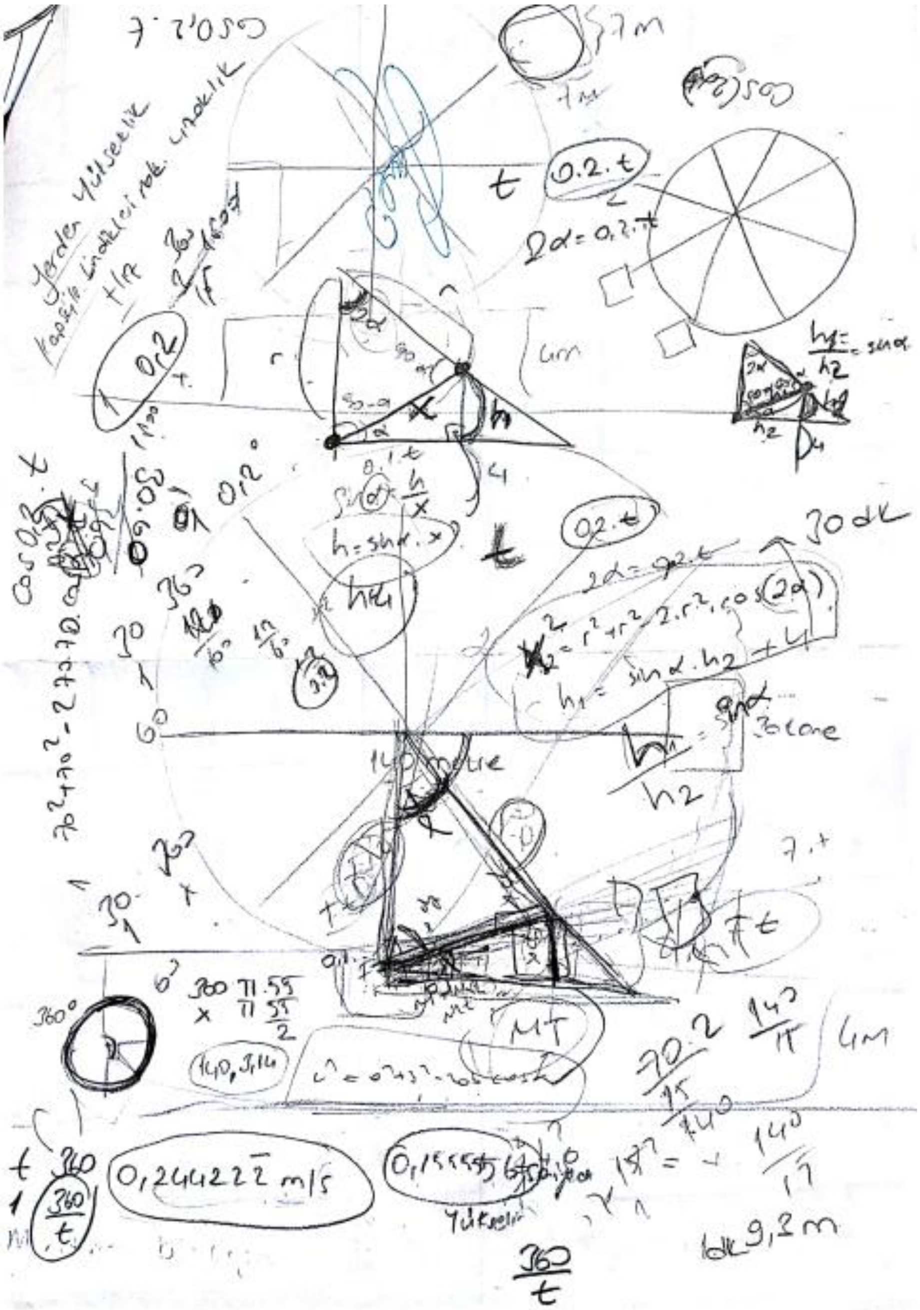
$$2\pi r \frac{\alpha}{360} = \frac{2\pi r t}{1800}$$

$$\alpha = \frac{t}{5} \qquad \frac{1}{5n}$$

$$2 \cdot 70 \sin\left(\frac{4}{10}\right)$$
$$0.39$$

Şekil 33. Grup 9'un Çözümü

Genel olarak grupların çözümlerine bakıldığında çözümlerin genellikle açık ve anlaşılır olduğu görülmektedir. Ancak grupların bu sonuçlara kolaylıkla ulaşmadıkları yaptıkları Şekil 34'te bir örneği sunulan karalamalardan anlaşılmaktadır. Ayrıca grupların çözümleri incelendiğinde birbirlerinden çok farklı çözümler olduğu görülmektedir. Bu da rutin olmayan problemlerin bir çözüm zenginliği olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 34. Grupların Çözüme Ulaşmak İçin Yaptıkları Çalışmalardan Bir Örnek

Üçüncü çalışma grubunun “Dönme Dolap” problemlerine verdikleri cevapların tablolar halinde sunulan analizleri “Nasıl Depolayalım?” probleminde olduğu gibi nicelleştirilerek tek tablo halinde okuyuculara sunulmuştur.

Tablo 74.
Grupların Matematiksel Modelleme Becerilerinin Süreç Performans Analizleri

	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Grup 1	2	2	0	2	2	2	1	2	0
Grup 2	2	1	0	1	2	1	0	2	0
Grup 3	2	2	0	2	2	2	2	2	0
Grup 4	2	2	0	2	2	2	2	2	1
Grup 5	2	2	0	2	2	2	0	2	0
Grup 6	2	1	0	1	1	1	2	2	0
Grup 7	2	2	0	2	2	2	1	2	0
Grup 8	2	2	0	2	2	2	0	2	0
Grup 9	2	2	0	2	2	2	0	2	0
Ort.	2,00	1,78	0,00	1,78	1,89	1,78	0,89	2,00	0,11

Tablo 74’e bakıldığında ikinci problemin çözümünde grupların matematiksel modelleme yeterliklerinde başarılı olduğu görülmektedir. Ortalamalara bakıldığında grupların “Problem 1”deki performanslarına göre ilerleme kaydettikleri görülmektedir. Ayrıca daha önce hiçbir grubun çözümünde gözlemlenemeyen E (Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme) yeterliği son çalışmada kısmen de olsa dördüncü grubun çözümünde gözlemlenmiştir. Fakat A_3 (Problemi formülleştirme) yeterliği ikinci problemin çözümünde de hiçbir grupta gözlemlenememiştir. Gruplar, problemleri alt problemlere ayırıp basitleştirerek çözme yoluna gitmemişlerdir.

4.4.3. Mülakatlar

Araştırmacı üçüncü ve son çalışma grubuna “Nasıl Depolayalım?” ve “Dönme Dolap” problemlerini çözdürdükten sonra tüm gruplarla aşağıdaki dokuz soru üzerinden yarı yapılandırılmış mülakatlar yapmış ve bunları yazıya aktararak analiz etmiştir. Mülakat öncesi gruplardan ses kaydı için izin alınmış ve katılımcılara istedikleri anda mülakata son verebilecekleri ve bu kayıtların sadece araştırma için kullanılacağı ifade edilmiştir.

1. Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?
2. Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?
3. Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?
4. Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?
5. Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?
6. Yapılan uygulamaların tamamını düşündüğünüzde, yaptığınız uygulamaları hangi branşlarla veya mesleklerle ilişkilendirebilirsiniz? Bu ilişkilendirmelerin eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?
7. Bütünleşik eğitim yaklaşımları, yani fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimlerinin birbirleri ile ilişkilerinin fark ettirilerek işlenmesi hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Bunun eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?
8. Sizce bu tarz uygulamalar matematik eğitiminde kullanılmalı mı? Bunun faydaları neler olabilir? Bu tarz uygulamaların öğretmenlik hayatınıza ne gibi katkıları olabilir?

Araştırmacı grupların sorulara verdikleri cevapları ilk önce yazıya aktarmıştır. 110 sayfalık bu yazıya aktarma işinden sonra araştırmacı birinci ve ikinci tasarımda olduğu gibi analiz edilen verileri bir kodlama ile okuyuculara aktarmıştır. Örneğin "(2.3.4)" kodu, "2. soruya 3. gruptan 4. öğrencinin verdiği cevap" anlamına gelmektedir. Yani kodlamadaki ilk rakam soru numarasını, ikinci rakam grup numarasını ve son rakam da gruptaki öğrenci numarasını ifade etmektedir.

Grupların "Yapılan uygulamanın genel bir değerlendirmesini yapar mısınız?" sorusuna verdikleri cevapların bir kısmı aşağıdaki şekilde rapor edilmiştir:

(1.6.1) *“Ya eğlenceliydi bence. Yani zevk aldım ben. Özellikle test kısmı hani daha çok düşünmeye, kafa yormaya yönelikti. Bu uygulama olarak yaptıklarımız daha zevkliydi. Bir şey üzerine düşünüp kâğıtta yaparak, sonrasında hani kâğıtta yaptığımız yorumu, bulduğumuz sonuçları bir materyal üzerinde değerlendirip doğru mu, yanlış mı, nerelerde hata yaptık gibi gözlemlemek eğlenceliydi açıkçası.”*

(1.6.3) *“… sürekli teorem ispat derslerimiz vardı bizim. O yüzden bu ders daha farklı geldi bize. Bir de grup çalışması yapmak da daha güzel bir şey. Çünkü herkesin bir fikri var ve herkesin fikrini ortak bir fikirde buluşturuyoruz. Sonuçta herkes farklı şeyler düşünebilir. Ama ortak bir fikre ulaşmak daha zordur. Bunu yapabiliyoruz. Bu şekilde ve sonra ortak fikri deniyoruz acaba oldu mu diyoruz. Olmadıysa tekrar bir konuşup tartışıyorsun, tekrar deniyorsun…”*

(1.8.5) *“Hocam genel matematiği aslında normal fiziksel dünyada uygulamışım. Genelde öğrenciler çok soyut oluyor, soyut olduğunu düşünüyorlar. Hiçbir işe yaramadığını düşünüyorlar matematiğin. Yarasa bile nerde yarayabileceğini düşünemiyorlar çok fazla. Ama işte mesela bu şekilde oldu mu direkt gerçek hayattan görüyor yani.”*

(1.7.1) *“Değerlendirelim. Günlük hayatımızda mesela mum modelinde en açık şekilde günlük hayatımızda bire bir içinde olduğumuz bir alan. En basit örnek, belki bu örnek biraz kötü bir örnek ama ben daha sonrasında fark ettim bunu. Sigara paketlerinin içinde dizimi de aynı şekilde oluyor. Bir ileri bir geri, bir ileri bir geri şeklinde diziliyor. Dönme dolap mesela bir orda teknolojik bir alet içerisindeki yazılımsal fonksiyonları aslında hesapladık biz. Örnek veriyorum: Araçlarımızda, radar cihazlarında veya daha başka kullandığımız araçlarda bu matematiksel işlem vardı. Biz bunları daha çok işte bu iki örnekteki problemlerde bire bir gördük. Yani ve neler yapılabileceğini gördük. Elimizden geldiğince de yapmaya çalıştık.”*

(1.4.2) *“Yani bakış açımız biraz genişledi diyebiliriz.”*

(1.4.3) *“… matematiğin günlük hayatta kullanımını gördük… ya da mesela eskiden biri bana bir şey sorsa herhalde bunlar aklıma gelmezdi…”*

(1.2.3) *"…Farkındalık demiştiniz geçen ders. Mesela otobüste gidiyorum, şöyle şöyle olsa ya da ne bileyim bir şey yapsam aradaki oran nasıl olur? Daha fazla bunları düşünmeye başladım. Bir de haftada biz bu dersi iki kez alıyoruz. İki kez bunu yapınca aradaki boş günlerde de yine bunları düşünüyorum. Bir de şunu çok düşünmeye başladım. Liselerde ben bunu nasıl uygular entegre ederim?... yani dersin bana kattığı şey ben hoca olsam bunu nasıl yapardım."*

(1.2.5) *"Hocam bu modelleme soruları farklı yollardan çözüldüğü için her grubun mesela farklı bir çözümü vardır ve bu şekilde olması benim hoşuma gidiyor. Yani düşündürüyor. Bizim genelde nasıldır test verilir, uygulama yapılır, şuna şu formülü uygula sonuca ulaşılır. Ama bunlarda mesela öyle bir şey yok. Düşünüyorsun nerden gitsem. Bir yol çizmeye çalışıyorsun. Deneme yanılma yapıyorsun. Bu yüzden bence zihni daha çok çalıştırıyor. Daha yararlı olduğunu düşünüyorum ben."*

(1.3.2) *"Yani aslında matematiğin hayatımızda çok çok yeri olduğunu gördük. Öncelikle bunu söyleyebilirim ve cebirsel ifadenin daha önceden cebirsel ifade yazamıyordum hiçbir şekilde. Ama hani bunları görerek, kavrayarak bir şeyler yazabilmeyi öğrendim demesem de çabalayabiliyorum artık."*

(1.3.4) *"…ne yapabiliriz demek için daha bi gelişmiş olduk şu anda."*

(1.3.1) *"… problemi somutlaştırmamız daha da iyi anlamamıza yardımcı oldu. Ya da öğrencilere anlatırken somut ifadeler ya da somut örnekler göstermek daha yararlı olur diye öğrenmiş olduk."*

(1.1.1) *"Ben de zaten modelleme sorularını gerçekten beğeniyorum. Daha günlük hayattan olduğu için öğrenci yaparken zaten daha fazla kendini kaptırıyor ya da mesela bittiğinde ve başardığında matematik kullandığında aaa evet öğrendiklerim bir işe yarıyor da diyor mesela. Kendini değerli hissettiğini de düşünüyorum."*

(1.5.1) *"Yani biz 12 yıldır sürekli bize gösterilen bir şey var ve formül üzerine gittiğimiz için biraz ezber yoluyla öğrendik şimdiye kadar. Bu dersin diğer derslerden farkı bize farklı bir düşünme boyutu kazandırıyor bence. Çok daha farklı düşünüyoruz."*

(1.5.2) *"Mesela ben normalde okuldaki bütün derslerden artık çok sıkıldım. Böyle artık sürekli bir şeyleri ispatlıyoruz, işlem yapıyoruz falan. Bu derse gelirken artık böyle ferah geliyorum ben. Çünkü sürekli bir şeyleri uygulamaya dökebiliyoruz. Mesela o gün dönme dolabı getirdiğinizde bambaşka bir boyuta ulaştı ders yani. Ki onu birlikte yapsaydık belki daha da güzel olurdu."*

(1.5.3) *"Bu ders bizim bugün tek dersimiz ve öğleden sonra çok değişik bir saatte. 15:30'da falan. Gelmek istemsek gelmeyebiliriz çok rahat. Ama hepimiz gelmeyi tercih ediyoruz. İlgimizi çekeceğini bildiğimiz için."*

Katılımcıların birinci soruya verdikleri cevaplardan yukarıda paylaşılanlara bakıldığında katılımcıların teorik çözümlerin uygulamasını yapmaktan zevk aldıkları görülmektedir. Katılımcılar grup çalışması sayesinde birlikte ortak karar verebilme becerilerinin de bu sayede geliştiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca katılımcılar, uygulamaların matematiğin günlük hayatta ne işe yaradığı sorusuna somut örnekler sunduğunu düşünmektedirler. Yine katılımcıların cevaplarına bakıldığında aslında matematiğin çok yakınlarında olduğunu ve bu uygulamalarla bunun farkına vardıkları yine kendi ifadelerinden anlaşılmaktadır. Katılımcılar öğrendikleri matematiğin uygulamalar sayesinde ne işe yaradığını görerek kendilerini daha değerli hissetmişlerdir. Son olarak katılımcılar, bu uygulamaların olduğu günlerde okula keyifle ve isteyerek geldiklerini ifade etmişlerdir.

Katılımcıların "Verilen problemi teorik olarak çözerken ne gibi zorluklar yaşadınız?" sorusuna verdikleri cevaplar incelendiğinde katılımcılardan bazılarının "Dönme Dolap" sorusunda bazılarının da "Nasıl Depolayalım?" sorusunda zorlandıkları görülmüştür. Katılımcılardan bazıları "Dönme Dolap" sorusunda açı ile zaman arasındaki ilişkiyi kurmakta zorlandıklarını ifade etmişlerdir. "Nasıl Depolayalım?" sorusunda ise ilk akıllarına gelenin yanlış olduğunu fark ettikten sonra mumların aralarında kalan boşlukları hesaplamada zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı katılımcılar sınıftaki gürültülü ortamdan dolayı zorlandıklarını ifade etmişlerdir:

(2.8.2) *"Sadece dönme dolap sorusundaki o işte "t"ye bağlı açıyı bulmak falan o kısım biraz zor geldi."*

(2.1.3) *"...mesela depolama sorusunda sınıfta bir ara aşırı gürültü vardı, odaklanamamıştım."*

(2.5.1) *"...yani çizerken tam olarak ne kadar kapladığını anlayamıyorduk. O yüzden o aradaki boşlukların hesabı ve bir miktar artacağını biliyoruz ama onun ne kadar artacağını sayısal olarak elde edemediğimiz için sığdıramadık bir türlü. İşte o hesabı yapmakta zorlandık biz o boşluğu aktarmada."*

Katılımcılara üçüncü soru olarak sorulan "*Verilen problemi uygulamalı olarak çözerken neler hissettiniz?"* sorusuna grupların verdikleri cevaplar genel olarak incelendiğinde uygulamanın onlara güven verdiğini, matematiğin gücünü hissettirdiğini ve onları mutlu hissettirdiğini ifade etmişlerdir:

(3.3.5) *"Mesela dönme dolapta biz formülleri yerine koyduğumuzda maketin üzerinde bunun çıkması insana çok farklı bir haz veriyor ve gerçekten matematik işe yarayabiliyor ve somut olarak kullanabiliyoruz diye. Bence bir farkındalık ortaya çıkarıyor. Önemli bir şey diye düşünüyorum.*"

(3.3.1) *"Materyaller falan gerçekten iyiydi. Bu liseler mesela. Öyle bir ortamımız olmadı. Fizik dersinde mesela getirseler oraya bir makinenin temel parçaları vardır onların getirilip birleştirildiğinde çocuk bir şey elde etiğini gördüğünde mesela ne kadar etkilenir. Mühendis olmak istediğinde mesela anlayabilir. Bu imkânlarımız yok mesela ve getirdiğinizde ben o kadar güzel bir şey beklemiyordum. Mumlar bile benim için fazlaydı hocam."*

Dördüncü soru olan "Matematiksel problemlerin uygulamalı çözümleri ile ilgili görüşleriniz nelerdir? Bu çalışma ile görüşlerinizde bir değişiklik oldu mu? Oldu ise ne gibi bir değişiklik oldu?" sorusuna katılımcıların verdikleri cevaplar incelenerek aşağıdaki örnekler okuyucuya sunulmuştur:

(4.6.2) *"Uygulamalar her zaman daha kalıcı bir çözümdür. O yüzden pek değişiklik olmadı benim için. İyi olacağını düşünüyordum zaten."*

(4.6.4) *"Mumda mesela ilk yaptığımızda göremeyip yani en basitinden elimize bir materyal geldiği zaman deneyerek hatamızı görüp en basitinden mesela kâğıt üzerinde belki bıraksak onu doğru olarak düşüneceğiz. Ama onu bir materyal üzerinde denediğimizde hani yaptığımız hataları görüp gözlemleyebiliyoruz. Farkındalık daha çok hani, gözlem."*

(4.9.5) *"Biz öğretmen olacağımız için bizim için çok faydalı. Çünkü öğrenci bize böyle bir şeyle geldiğinde ya da biz böyle hayatımızda bunu nerde kullanacağız gibi bir şeyle geldiğinde herhangi bir konu hakkında en azından bir fikir yürütürüz, bir şey söyleyebiliriz. Bir de uygulama açısından okulda öğretmen olduğumuzda uygulaması zor şeyler."*

(4.9.1) *"…bazı öğrenciler katılır bazı öğrenciler katılmaz, belki bir kişiye kalır yük, belki öyle problemler olabilir. Bir de belki lise öğrencilerini biraz zorlayabilir. Bir de açık uçlu olduğu için çocuklar çok farklı bir noktaya giderse* onu *oradan çekmek de biraz zorlayabilir. Çok alakası olmayan bir yere gittiği zaman o çocuğu oradan çevirmek, onu ikna etmek biraz bizi zorlayabilir."*

(4.9.2) *"Bizim eğitim sistemimize göre çok çok uygun bir şey değil. Aslında keşke böyle olsa ama zaman yetmez. Öğrenci böyle bir şeyle çok şey öğrenir."*

(4.9.3) *"Evet çok şey öğrenir. Çünkü birden fazla görüşe tabi oluyor,* arkadaşlarıyla *anlaşıyorlar. Hem kendi bilgilerini geliştiriyor, aynı zamanda bakıyor, araştırma yapmayı da öğreniyor. Bununla beraber işbirliği de öğreniyor."*

(4.9.4) *"Mesela bu çözümleri sınıfta bütün herkes çözümlerini paylaştığında herkes farklı yollar öğreniyor."*

(4.9.5) *"Öğretmen açısından da iyi. Çünkü genelde eğitim öğretim, öğretmen öğrenci arasında bir denge işi. Bu yüzden öğretmen de bakıyor, hani farklı çözüm yollarını görerek öğrencinin nasıl düşünebileceğini gözlemliyor."*

(4.7.2) *"Bu uygulamaların bana en büyük katkısı ilişkilendirme konusunda oldu. Mesela ben fizikle matematiğin bu kadar çok ilişkilendirilebileceğini düşünmüyordum yani."*

(4.7.1) *"…Bu zamana kadar hep teorik, kâğıt üzerinde işte o formül geldi uyguladık yaptık, bu formül geldi bunu uyguladık yaptık. Bu problemleri bu şekilde aştık. Ama karşımıza olağan dışında bir sıkıntı geldiğinde daha farklı* yollar aramaya *çalıştık. Eski bilgilerimizi, yeni bilgileri kullandık daha yeni bilgiler çıkaramaya çalıştık ortaya. Bu şuna sebep oldu bende; ben matematiği zaten seviyordum daha da sevmeye başladım. Hatta etrafımdakilere diyorum işte* *hayatın her alanında matematik var. Biz bunu birebir yapıyoruz derslerde diyorum."*

(4.4.1) *"Hocam bence uygulama olması gerekiyor. Çünkü teorik olarak çözünce teoride kalıyor ve unutup gidecektik. Ama bu şekilde daha kalıcı oluyor."*

(4.2.1) *"Sadece benim korkum zaman, çok zaman* harcamak. *Getirisi götürüsünün çok altında kalmasın. Belki çok şey sağlıyor ama o kadar da kaybettirmesin. Ben bu derslerden biraz ders çıkarıyorum. Buradakileri izliyorum, biz üniversite öğrencisi iken bu kadar zaman harcıyorsak diye."*

(4.2.2) *"Bence uygulanmalı kesinlikle ayda bir de olsa uygulanmalı."*

(4.1.2) *"Şimdi öğretmenlik okuyoruz ya hani öğrencilere de bu tarz uygulamalar yaptırabileceğimi fark ettim. Yaptırırsam onlara daha çok akılda kalabilir şeklinde."*

(4.1.4) *"Mesela dönme dolabın trigonometrik fonksiyonlarla çok da ilişkili olduğunu düşünmezdim ben yani. Ama burada o ilişkiyi yakaladık. Ve günlük hayatla matematiğin ilişkisini çok yakından hissedebiliyorsun."*

(4.5.3) *"Biraz da ben eğitim sisteminin temeline değineceğim ama böyle uygulamaları yapmak çok güzel kesinlikle çok daha faydası var ve bir şeylerin mantığını kavradığınız zaman illa formül düşünmeniz gerekmiyor. Mantığını kavradıysanız nerden gideceğinizi bulabiliyorsunuz. Ama hani bizim ger ders imkânı yok ki böyle şeyler yapalım. Çünkü ders saatleri kısıtlı ve bir müfredat veriyorlar. Sürekli o sınıf defterine yazılan şeylerle işlenen şeyler farklı oluyor. Hızlı hızlı işlemimize rağmen hiçbir şekilde o konular yetişmiyor. Bizde konu paylaşılmasında bir hata var bence ve bize bu imkân sağlanmıyor. Bizim kimya laboratuvarlarındaki lavabolar akıyordu yani. Biz o laboratuvarı kullanmıyorduk bile. Uygulamaya geçiş yapmamız çok zor oluyor ki yapılmalı bence. Ben bunu destekliyorum yani."*

(4.5.4) *"Bir de hocam bir faydası da bence biz uygulama yaptığımız zaman gerçekten neyi isteyip neyi istemediğimizi anlıyoruz o noktada. Hani sekizinci sınıf öğrencisi dediniz ya. Mesela ben o zamanlar evet bir öğretmen olmak istiyordum. Atıyorum bir endüstri mühendisi olmak istiyordum. Çok fazla fikir*

> *değiştirdim belki de. Burada mesela bu uygulamaları daha önce yapsaydık o mumdan örnek veriyorum. Özellikle en az maliyetle en güzel kalitede en iyi sonuca ulaşmak, bu endüstri mühendisliğinin mottosudur yani. Bu uygulamayı yapınca gerçekten bunu istediğimi fark ettim ama işte biraz geç oldu."*

Katılımcıların dördüncü soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde katılımcılar çoğunlukla uygulama yapmanın çeşitli faydalarından bahsetmişlerdir. Bazı katılımcılar ise aslında uygulama yapmanın faydalı olduğuna inanmak ve katılmakla birlikte bir takım zorluklarından ve eğitim sistemimize çok uygun olmadığından bahsetmişlerdir. Fakat bu olumsuzlukları dile getiren katılımcılar da dâhil tüm katılımcılar uygulamaların yapılmasının faydalı olduğu yönünde fikir beyan etmişlerdir.

Katılımcılara beşinci soru olarak sorulan "Verilen problem durumunu düşündüğünüzde size göre önce teorik çözüm yapılıp sonra uygulama mı yapılmalı yoksa önce uygulama yapılıp sonra teorik çözüm üzerinde mi çalışılmalı? Neden?" sorusuna katılımcıların verdikleri cevaplar incelendiğinde sadece beşinci gruptan beşinci öğrenci haricindeki tüm öğrenciler önce teorik çözümün yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu öğrenci ise soruya göre karar verilmesi gerektiğini düşünmüştür. Katılımcıların görüşlerinden bazıları aşağıda paylaşılmıştır.

> (5.5.5) *"Mum için bana kalırsa bizim öğrenme açımızdan önce uygulamayı yapsaydık daha net görürdük gibi geliyor. Ama dönme dolapta da öyle bir şey yaşamadık mesela. Sorusuna bağlı olabilir muhtemelen."*

> (5.1.3) *"Uygulamadan başladığımızı düşünelim. Sonucu biliyoruz ama arada geçen işlemleri bilmiyoruz mesela, hani şu an teorik olsaydı. Başta teorik yaptığımızda işlemleri de yapıyoruz. Doğru mu yanlış mı sonucunu kontrol ediyoruz. Diğer türlü sonucunu bileceğiz. Arada ne geçti bunu bilemeyeceğiz. Bunun için belki düşünmeyeceğiz, daha ezbere kaçacağız gibi."*

"Yapılan uygulamaların tamamını düşündüğünüzde, yaptığınız uygulamaları hangi branşlarla veya mesleklerle ilişkilendirebilirsiniz? Bu ilişkilendirmelerin eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?" sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların bu uygulamaları fizik, endüstri mühendisliği, geometri, bilgisayar programcılığı, bilgisayar mühendisliği, mimarlık, Türkçe, pazarlama ve lojistik gibi mesleklerle ilişkilendirdiği görülmektedir. Bu ilişkilendirmenin faydaları ile ilgili olarak da katılımcılardan bazılarının görüşleri şu şekilde olmuştur:

(6.6.3) *"Bir yandan da çalıştığımız zaman hani tek bir branş zaten artık şunun için artık yeterli değil. Birçok branşa ihtiyaç duyuluyor. Hani bir şey üzerine çalışıldığında nerde neyi kullanman gerektiği, hangi branşı kullanmak gerektiğini bilemezsen bir sonuca da varamazsın. Bunun üzerine birbiriyle ilişkilendirerek bir sonuca varılması daha iyi. Bir şey üzerinde herkes bir alanda branşlaşıp gelip, toplanıp bir konu üzerinde, her bir branş farklı bir şekilde yaklaşıyor ve onları bir araya getirerek bir sonuç ortaya çıkarılıyor."*

(6.9.3) *"Öğrencilerin kendilerindeki cevheri görmelerini sağlar bence.* Bence bu *çok önemli zaten. Ülkenin en büyük problemi teknoloji anlamında geriyiz. Yani ileri bir durumda değiliz. Bunları ilişkilendirerek verirsek öğrenci mühendis olduğunda sıkıntı yaşamaz yani. Sonuçta matematiği de fiziği de aralarındaki ilişkiyi de biliyor."*

(6.9.2) *"Çocuğa gelecekteki mesleğini soruyoruz mühendis olacağım diyor. Mühendis olacağım ama ben matematiği sevmiyorum diyor. Matematik aslında fizikle içi içe. Fiziği bilmem ve sevmem bana yeterli gibi düşünüyor ama matematiğin onun alt yapısında olduğunu bilmiyor yani ya da düşünemiyor."*

(6.7.1) *"Fizik en başta, ekstradan en önemli olacak Türkçe diye ilişkilendirdim. Çünkü teorik kısmı bizim önümüze şekil olarak değil de yazılı ifade, sözlü ifadeyle geldi. Zaten teorik bilgileri kâğıda dökerken de ilk yaptığımız şey öncelik sıkıntıyı anlamaktı. Bunun için bir Türkçe gerekli. Daha sonra kâğıda döktüğümüzde matematiksel bilgilerle yaptık. En sonunda yaptığımız işlemleri, kullandığımız yöntemleri anlatma gereği duyduk. Fizik, matematik, geometri dışında Türkçe de dersim."*

(6.3.2) *"Mesela sayısal öğrencisi matematiği seviyor ama fiziği sevmiyorum diyor. Bu ikisi arasındaki bağı gösterebilirsek bence belki fiziği sevmesinde katkıda bulunabilir."*

"Bütünleşik eğitim yaklaşımları, yani fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimlerinin birbirleri ile ilişkilerinin fark ettirilerek işlenmesi hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Bunun eğitimimize ne gibi katkıları olabilir?" sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların, bu şekilde ilişkilendirerek ders işlemenin çok daha faydalı ve kalıcı bir öğrenmeye yol açacağını düşündükleri gözlemlenmiştir. Ayrıca bu şekilde doğru meslek seçiminin de gerçekleşeceği düşünülmüştür. Ancak katılımcılardan bazıları eğitim sistemimizin buna müsait olmadığını da dile getirmişlerdir. Buna örnek olarak da kendi okudukları okullarındaki aslında var olan laboratuvarların kullanılmayışını göstermişlerdir. Katılımcılardan bazılarının görüşleri aşağıda paylaşılmıştır:

(7.7.1) *"Bir bilginin beyinde daha kalıcı olabilmesi için diğer bilgilerle daha önceden öğrenilen bilgilerle arasında bağ kurulursa daha kalıcı olduğunu biliyoruz. Eğer STEM olarak kullanırsak hem daha önce öğrendiğimiz fizik bilgileri ile arasında nöral dağılım olacağı için daha kalıcı olur diye düşünüyorum."*

(7.7.2) *"Ya da şöyle olabilir hocam. O dersi monoton akılcılığından bir nebze olsun uzaklaşıp öğrencilerin karşısına böyle bir soru çıkarttığımızda veya problem koyduğumuzda öğrenciler işte diğer alanlarla, branşlarla bir beyin fırtınası yaparak da konuyu anladıklarında hem çünkü kendileri birebir aşmış olacaklar problemi. Böylelikle öğrenmelerinde etkili bir yöntem olur bence."*

(7.7.3) *"Tabi ki etkili bir öğrenme yöntemi. Ona itirazımız yok. Ama ülkemizin eğitim sistemindeki yapısına pek uygun olabileceğini düşünmüyorum. Böyle düşünme sebebim de sınıflarımız 30-40 kişilik. Okulun fiziki şartları belli. En basitinden fizik laboratuvarlarının kapıları kilitli duruyordu benim okulumda. Ama eğer buna yönelik binalar, okullar yapılırsa öğrencilerin daha etkili öğrenmesi sağlanmış olur en başta. Daha sonra kendi bilgisini, yeteneğini fark eder, en doğru mesleğe yönelirler. Ailelerin zoruyla değil de kendi ilgi alanlarıyla."*

(7.1.1) *"Bu gerçek zaten. Fayda veya zarar diye bakmaya bile gerek yok bence. Bağlantılılar ve bu bağlantılı şeklinde verilmeli. Çünkü bilgilerin kalıcılığı mantığa oturmasıyla alakalı. Matematiğin ve fiziğin bugünkü şekilde verilmesi bence zaten mantıklı değil."*

(7.1.2) *"Olaya biraz daha bütüncül bakabilmek açısından bu şekilde aradaki ilişkiyi veren problemler üzerine uğraşmak çok çok faydalı. Ama şu anki sistemde ben çok ilişkili anlatıldığını düşünmüyorum."*

(7.5.3) *"Bana kalırsa olur. Özellikle mesela matematiği çok seven ben lisede öğleydim yani, matematiği çok seven bir öğrenci olarak fiziği sevmeyen öğrenciler var. Şimdi böyle ilişkisini fark ettirdikçe o derse daha çok sınır öğrenci bana kalırsa. Yani bu bir artısı olur."*

Katılımcılara sekizinci soru olarak "Sizce bu tarz uygulamalar matematik eğitiminde kullanılmalı mı? Bunun faydaları neler olabilir? Bu tarz uygulamaların öğretmenlik hayatınıza ne gibi katkıları olabilir?" sorusu sorulmuş ve elde edilen veriler analiz edilerek aşağıdaki örnek cümleler paylaşılmıştır:

(8.9.1) *"Çoklu düşünmeleri faydalarına. Yani daha fazla geniş bakıyorlar olaya."*

(8.9.3) *"Matematiğe karşı ön yargıları biraz kırılmış olur."*

(8.9.4) *"Müfredat işleme konusunda sıkıntı çıkar. Belki hani böyle bir şey yapsak bizim bir dersimiz gider. Bizim bile burada yetişmiyor yani."*

(8.9.2) *"Grup çalışması, grup ortamı. Yani daha çok iletişim oluyor arkadaşlarla."*

(8.9.5) *"Biraz araştırmaya yönlendiriyor. Mesela sizin mesela takıldığımız zaman yönlendirdiğiniz sorularınız oluyor hani… Gayet etkili olduğunu düşünüyorum. Çünkü biraz daha düşündürüyor, yönlendiriyor, matematiğe olan öz güveni artırıyor. Gayet mantıklı yani."*

(8.8.3) *"Çalışmak katkılı gerçekten hani. Mesela genelde test soruları şeydir işte klasik, belli tip var, belli çözüm yöntemi var. Yani öğrenciyi belli bir kalıba sokuyor sürekli ama mesela bunların çözüm yöntemi aslında bir sürü var yani. Burada belli bir yöntem yok. Birçok şey yapabilirsin. Bu da seni daha çok üretken kılabiliyor yani."*

(8.7.1) *"İlk hafta geldiğimizde bir ya ne oluyor dedik. Hani alışılageldik derslerin dışında bir dersti. Hatta yani nasıl baş edeceğimizi de bilmiyorduk.*

Ama yani soruların üstesinden geldikçe de biraz da hoşumuza gitti ve daha ne gelecek acaba dedik. Çalışma isteğimiz arttı.”

(8.4.1) *“…hoca söyleyecek hiç karışmayacak. O şekilde hani ne kadar verimli olabilir bilmiyorum ama mesela biz düşünüyorduk, düşünüyorduk bir yerde takılıyorduk, sizden bir fikir aldığımızda daha rahat devam edebiliyorduk ve bu bizi motive ediyordu.”*

(8.4.2) *“Lisede konu müfredatını düşünüyorum mesela. Konular o kadar fazla ki her konuyu biz böyle anlatmaya öğrencilere aktarmaya çalışsak hayatta yetiştiremeyiz. O yüzden zaman açısından dezavantajı var.”*

(8.4.3) *“Hocam mesela diyelim ki artık mezun olduk okulda bir konu anlatacağız. Öğrencilerin çok zorlanacağı bir konuda bu şekilde bir etkinlik yapılabilir, ilgileri çekilebilir bu şekilde.”*

(8.3.2) *“Kendisine saygısı olan öğretmenin kesinlikle yapması gereken bir şey zaten.”*

(8.3.1) *“Ezberci öğretime biraz daha karşı durarak, biraz daha uygulamalı, daha akılda kalıcı, tamamen daha güzel bir eğitim verilebilir bu şekilde.”*

(8.3.5) *“Bir de şöyle bir şey var: Bir öğrenci topluluğu bir sınıfta 20-30 kişi oluyor en fazla. Yani hepsinin öğrenme şekli aynı değil. Şu ankine göre sözlü anlatıyorum sadece. Eğer bunu da yaparsak bütün öğrencilere hitap etmemiz daha kolaylaşır.”*

(8.3.3) *“Sosyal olarak da grup şeklinde çalışıldığı için öğrenciler arasındaki yardımlaşma, birbirine olan sevgi saygı, öğrenme becerileri artar bence.”*

(8.3.4) *“Kesinlikle zaman kaybı değil, çok fazla gerekli. Başka dersler bir tane ders diyelim aşırı sözel. Hani şu an tahta üzerinden sadece hoca okuyup geçiyor, öyle bir ders. Biz burada kendimizi veriyoruz, kendimiz uyguladığımız için vakit geçiyor. Dersin nasıl geçtiğini anlamıyoruz açıkçası. Ama diğer derste ne zaman bitecek diyorum kendi kendime.”*

(8.1.3) *“Bu tarz uygulamalar öğrenme isteğini artırır, meslek seçimini de etkiler yani.”*

(8.1.2) *"Mesela ilköğretimde hiç böyle bir çalışma yapmayınca sadece lisede başlayınca bu biraz ilginç karşılanabilir. Dolayısıyla normalde atıyorum fizik ve matematiği ayrı branşlar olarak görüp birinde başarılıdır. Örneğin matematikte başarılıdır ama onu fizikle ilişkilendirdiğinde fizikten çok hoşlanmıyorsa bu sefer bu tip problemlerle çok uğraşmak da istemeyebilir. Ama ilköğretimden itibaren başlanırsa zaten o ilişkiyi bilerek geleceği için o zaman pek bir problem olmaz."*

(8.5.1) *"Bahsettiğimiz gibi öncelikle ne istediğimizi anlamamıza çok yardımcı oluyor. Fizik ya da kimya. Kimyada deney mesela, kimyada gerçekten laboratuvarları kullanıyor olabilsek, bir şeyin uygulamasını yapabiliyor olsak inanın herkesin çok daha farklı bir bakışı olurdu kimyaya. Kimyaya şu an 12. sınıfların bakış açısı tamamen LYS'de organik kimyadan kaç soruyu doğru çıkartabilirim yani. Bu yönden bakıyoruz biraz. Sınav kaygısını bizde yok etmek lazım."*

(8.5.3) *"Bir de sevdiğin meslek değil de para kazanacağın mesleğe yöneltiyor sınav endişesi. Çünkü artık herkes evladım doktor olsun, mühendis olsun istiyor. Ben öğretmenlik yazmak için o kadar uğraş verdim ki etrafımdaki insanlara. O yüzden bu önemli bir nokta."*

(8.5.2) *"Bunu temelden yapmak gerekiyor bence ilkokulda. Kesirler bile o şeffaf şeyler var ya, onlar bile bir ilgi çekici geliyor çocuklara. Bana gelmişti ilkokulda. Onlar olmasa belki şu an burada olmazdım yani."*

Mülakatlardaki sorulara verilen cevaplar incelendiğinde katılımcıların genel anlamda bu şekilde uygulamaların yapılmasının gerekliliği konusunda hem fikir olduğu görülmüştür. Ancak katılımcılar müfredatın ve sınav sisteminin bu tarz uygulamaların yapılması için çok uygun olmadığını da dile getirmişlerdir.

BÖLÜM V: SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Ortaöğretim matematik öğretim programımızın amaçları düşünüldüğünde problem çözebilen, matematiği güncel hayatına uygulayabilen, modelleme yapabilen, disiplinler arası ilişkiler kurabilen ve gerektiğinde matematiksel bilgiyi uygun materyallerle destekleyebilen çok yönlü öğrenciler yetiştirilmesi hedeflenmektedir (MEB, 2017). Bu hedeflere ulaşılabilmesi için uygun öğretim yaklaşımlarının gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Bu gereklilik bağlamında son yıllarda ortaya atılan iki önemli yaklaşımdan biri ortaöğretim matematik öğretim programımızda da ifadesini bulan (MEB,2017) “matematiksel modelleme”, diğeri ise matematiksel modellemeden daha sonra ortaya atılan ve ülkemizde Milli Eğitim Bakanlığı’nın son zamanlarda dikkat çektiği ve paydaşlardan çalışma beklediği (MEB, 2016) “STEM eğitimi” yaklaşımlarıdır. Matematiksel modelleme rutin olmayan ve günlük hayattan problemlerle öğrencilerin problem çözme becerilerine katkı sunan bir eğitim yaklaşımıdır (Deniz, 2014). STEM eğitimi ise gerçek dünya problemlerini çözmede çeşitli disiplinleri anlamlı bir şekilde bir araya getiren bir eğitim yaklaşımı olarak ifade edilebilmektedir (Breiner vd. 2012). Bu bağlamda bu iki yaklaşımın öğretmenler tarafından birlikte, birbirini tamamlayıcı şekilde kullanılmasının matematik eğitimine önemli katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bu yüzden yapılan çalışmanın amacı öğretmen adaylarının bu iki yaklaşımı birlikte, birbirini tamamlayıcı şekilde nasıl uygulayacaklarına yönelik bir ders modülü tasarlamaktır. Bu amaca ulaşmak için iki ayrı öğrenci grubu ile benzer süreçler takip edilerek iki farklı tasarımda ders işlenmiş ve bu iki tasarımdan hangisinin daha verimli olduğu bulgular çerçevesinde tartışılarak karar verilen tasarım zenginleştirilerek üçüncü çalışma grubuna tekrar uygulanmıştır. Tasarlanan derslerde araştırmanın birinci sorusuna cevap bulabilmek için ön test ve son test şeklinde öğretmen adaylarının modelleme testleri ile rutin olmayan problem çözme becerileri ölçülmüştür. Araştırmanın ikinci sorusuna cevap bulabilmek için tasarımlarda matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Etkinliklerde tasarımlara özgü STEM bağlamında uygulamalar yapılarak araştırmanın üçüncü sorusuna cevap aranmıştır. Son olarak dördüncü soruya cevap olarak tüm bu süreçlerle ilgili katılımcıların görüşleri alınmıştır.

Bu bölümde her bir tasarım sürecinden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı literatüre dayalı olarak tartışılmıştır.

5.1. Tasarım 1 Verilerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci tasarımdan (teoriden uygulamaya) elde edilen sonuçlar üç ana başlık altında tartışılacaktır. İlk önce modelleme testlerinden elde edilen sonuçlar, ardından modelleme problemlerine verilen cevaplardan elde edilen sonuçlar ve son olarak da birinci tasarımda öne çıkan temalar literatür ışığında tartışılacaktır.

5.1.1. Modelleme Testlerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci çalışma grubundaki 22 katılımcının rutin olmayan problem çözme becerilerinin hangi düzeyde olduğunu anlamak için matematiksel modelleme testi uygulanmış ve elde edilen veriler analiz edildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modellemede yetersiz oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmen adaylarının rutin olmayan matematiksel modelleme sorularını çözerken hedefi belirginleştirmede zorlandıkları görülmüştür. Bunun nedeni olarak Fen Edebiyat Fakültesi mezunu olan öğretmen adaylarının bu tarzdaki uzun soru metnine ve günlük hayattan soru çeşitlerine alışık olmamaları gerekçe olarak gösterilebilir (Korkmaz, 2010). Öğretmen adaylarının verilenleri belirlemede ve cebirsel işlemleri yapmada başarılı oldukları görülmüştür. Katılımcıların bu yeterliklerde başarılı olmalarının muhtemel nedeni hâlihazırdaki eğitim sistemimizde rutin olan işlemsel sorularda öğrencilerin bu yeterliklere alışık olmalarıdır. Problem çözme basamaklarından biri olan problemi anlama basamağına (Polya, 1973) yönelik olarak sorularda verilenleri ve istenenleri bir kenara yazıp gerekli cebirsel işlemleri yaparak sonuca ulaşmaya çalışmak katılımcıların ilkokuldan beri alışık oldukları bir problem çözme yöntemi olduğu için (Yazgan ve Bintaş, 2005) bu yeterliklerde başarılı oldukları düşünülmüştür. Birinci modelleme testinden elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ile problem çözme yeterliklerinin gelişmediği gözlemlenmiştir (Kertil, 2008).

Uygulamalı problem çözme etkinliğinden sonra yapılan ikinci modelleme testinden elde edilen bulgular incelendiğinde katılımcıların matematiksel modelleme ile problem çözme becerilerinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin sorulardan aldıkları ortalama puanlarda da önemli ölçüde artışın meydana geldiği görülmüştür. Öğrencilerin birinci modelleme testinde düşük olan, başarısız oldukları yeterliklerde gelişme gösterdikleri gözlemlenmiştir. Modelleme 2 testinden elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde çalışmanın kısa sayılabilecek bir uygulama olmasına rağmen öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ve bu bağlamda problem çözme becerilerinde gelişme sağladığı gözlemlenmiştir.

5.1.2. Problem 1'den Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Öğrencilerin problem çözme performanslarını ve matematiksel modelleme yeterliklerindeki düzeylerini gözlemleyebilmek için sorulan "Nasıl Depolayalım?" sorusundan elde edilen bulgular analiz edilmiştir. Katılımcıların çözümleri genel olarak değerlendirildiğinde beş gruptan sadece bir tanesi soruyu doğru çözmüştür. Diğer gruplar ya kısmen çözebilmiş ya da çözememiştir. Bu durum Modelleme 1 testinden elde edilen bulgularla da örtüşmektedir. Katılımcıların soruyu çözememelerinin sebebi olarak soru tarzlarına alışık olmamaları düşünülmüştür. Bu bulgu "didaktik anlaşma kuramı" (Brousseau, 1998) çerçevesinde değerlendirilebilir. Nitekim katılımcılar mülakatlarda soruyu anlamakta ve ne yapacaklarına, hangi cebirsel işlemleri kullanacaklarına karar vermede zorlandıklarını ifade etmişlerdir.

Teorik çözümler tek tek incelendiğinde çözüme ulaşamayan grupların çözüm esnasında genellikle mumları ilk akıllarına geldiği gibi dizmeye çalıştıkları, alternatif dizilimleri düşünmedikleri gözlemlenmiştir. Alternatif dizilimleri düşünen grupların ise doğru olduğunu düşündükleri kutuya mumların sığdığını varsayarak işlemleri yaptıkları görülmüştür. Yani mumların iç-dış diziliminde kaçar cm içe girdiklerini bulmak yerine ezberci bir yaklaşımla mumların kendi dizilimlerine göre kutuya sığması için kaç cm iç içe geçmeleri gerektiğini bulmuşlar, dolayısıyla doğru çözüme ulaşamamışlardır (Ardahan ve Aksoy, 2002). Nitekim bu gruplar kendilerine gerekli materyaller verildiğinde teorik çözümde buldukları şekilde mumları kutuya yerleştirememişlerdir.

Bu da onların ezberci bir yaklaşımla problemi çözdüklerini göstermektedir. Bu durum öğrencilik hayatı boyunca alınan eğitim ile ilişkilendirilmiştir (Gedikoğlu, 2005).

Teorik çözümün ardından tüm gruplara gerekli materyaller dağıtılarak sorunun tekrar çözümü istendiğinde grupların tamamı doğru dizilimi ve doğru kutuyu bulmuşlardır. Ancak uygulamalı çözümde gruplar doğru dizilimi ve kutuyu bulmalarına rağmen grupların tamamı çözümü cebirsel olarak ifade edememişlerdir. Bazı gruplar çözümü cebirsel olarak değil de sözel olarak açıklama yolunu tercih etmişlerdir. Bunun nedeni araştırıldığında ise bu grupların bazıları çözümü buldukları halde cebirsel olarak yazma ihtiyacı hissetmediklerini, bazıları ise ders süresinin bittiği ve vaktin geç olduğu için çözümü yapamadıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin Fen Edebiyat Fakültesi mezunu olmalarına, yani cebirsel yönlerinin kuvvetli olmasının beklenmesine rağmen bu problemde cebirsel çözümde zorlanmalarının sebebi soru metninin çözümde yapılması gereken cebirsel ifadelere yönelik herhangi bir açık ipucu içermemesi şeklinde yorumlanmıştır (Olkun, Şahin, Akkurt, Dikkartin ve Gülbağcı, 2009). Bu durum öğrencilerin üniversite öğrenim hayatlarında çoğunlukla teorik eğitim almaları ve yeterince uygulama yapmamaları ile açıklanabilir (Kösterelioğlu ve Bayar, 2014).

Grupların teorik çözümleri genel olarak değerlendirildikten sonra matematiksel modelleme yeterliklerine ve aşamalarına göre de detaylı olarak analiz edilmiştir. Buradan elde edilen bulgularla modelleme testlerinden elde edilen bulgular genellikle örtüşmüştür. Testlerde başarılı veya başarısız olunan yeterlikler teorik çözümlerde de kendisini göstermiştir. Ancak hem Modelleme 1 testinde hem de Modelleme 2 testinde yüksek ortalamaya sahip olan "Problemi formülleştirme (A_3)" yeterliği teorik çözümlerde hiçbir grup tarafından sergilenememiştir. Problemi alt problemlere ayırma veya problemlerle ilgili alt problemler oluşturma anlamına gelen bu yeterliğin testlerde bu kadar yüksek çıkmasına rağmen teorik çözümlerde neden hiç gözlemlenmediği öğrencilerin problemle karşılaştıklarında zihinlerinde problemi basitleştirme veya alt problemlere ayırma gibi üstbilişsel süreçleri gerçekleştirdikleri fakat bunu kâğıda yansıtmadıkları veya bu basamağı yapabildikleri halde yapma ihtiyacı hissetmedikleri şeklinde yorumlanmıştır (Aşık, 2015). Modelleme testlerinde öğrencilerin önlerine problemi basitleştirmeye veya alt problemlere ayırmaya yönelik seçenekler sunulduğunda doğru yapabilmeleri bu yeterliğin öğrencilerde aslında var olduğunu göstermektedir. Ayrıca testlerde başarılı olmaları alışık oldukları yöntem (çoktan seçmeli) olması ile açıklanabilir. Yine aynı şekilde öğrencilerin testlerde gelişim gösterdiği "Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme" yeterliği de teorik çözümlerde hiçbir grup tarafından sergilenememiştir. Bu yeterliğin de testlerde gözlemlenebilmesine rağmen teorik çözümlerde gözlemlenememesi yani öğrencilerin önlerine seçenek konduğunda doğru seçeneği işaretleyebildikleri halde kendi çözümlerinde bu yeterliği sergileyememeleri aslında öğrencilerde yeteneğin olduğunu fakat geliştirilmeye ve öğrencilerin buna alıştırılmaları gerektiğine işaret etmektedir (Eraslan, 2011).

5.1.3. Tasarım 1'de Öne Çıkan Temalarla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci tasarımdan elde edilen bulgulara göre matematiksel modelleme veya problem çözümlerinde uygulamalar yapılması zaman alıcı olarak değerlendirilmiştir (Deniz ve Akgün, 2017a). Bu durum öğretmen adaylarının müfredat yetiştirme kaygıları taşıdığını ve müfredatın yoğun olduğunu düşündüklerini ortaya koymaktadır (Özgün-Koca ve Şen, 2002; İpek, Yılmaz Turgut ve Tunga, 2016).

Araştırmadaki bulgulardan elde edilen sonuçlara göre matematiksel modelleme ile rutin olmayan problem çözümünde STEM bağlamında uygulamalar yapılması, öğrencilerin teorik çözümlerindeki hatalarını görmelerine, bütünleşik düşünmelerine (Aslan-Tutak, Akaygün ve Tezsezen, 2017), yaparak yaşayarak öğrenmenin ne demek olduğunu yine yaparak yaşayarak anlamalarına ve daha iyi öğrenmelerine yardımcı olmuştur (Bozkurt ve Akalın, 2010). Ayrıca STEM bağlamında yapılan uygulamalar öğrencilerin kendilerini mühendis gibi hissetmelerine ve problemlerin çözümünde probleme mühendis bakış açısıyla yaklaşmalarına ve mühendislik yönlerinin gelişmesine yardımcı olmuştur (Akgündüz vd., 2015; Aslan-Tutak vd., 2017).

Problem çözme sürecinde grup çalışması yapmanın öğrencilerin iletişim, ortak karar verebilme, birlikte çalışabilme ve birbirlerinden öğrenebilme (akran öğrenmesi) gibi sosyal becerilerinin gelişmesine yardımcı olduğu görülmüştür (Blatcford, Kutnick, Baines & Galton, 2003; Korkmaz, 2010).

Rutin olmayan günlük hayat problemlerin çözümlerinde öğrencilerin alışık oldukları gibi bir tek doğru yolun olmamasının öğrencileri zorladığı tespit edilmiştir (Soylu ve

Soylu, 2006). Öğrencilerin problemlerin teorik çözümünde ne yapacaklarına ve nereden başlayacaklarına karar vermede zorlandıkları görülmüştür.

Matematikle ilgili öğrencilerin en çok dile getirdiği problemlerden biri olan “Bu konular hayatta ne işimize yarayacak?” sorusuna karşı matematiksel modelleme ve STEM uygulamaları sayesinde anlamlı ve anlaşılır cevaplar verilebileceği ve bu uygulamalarla matematiğin hayatın ne kadar içinde olduğunun öğrencilere fark ettirilebileceği vurgulanmıştır (Kertil, 2008; Deniz, 2014; Doruk ve Umay, 2011; Erturan, 2007).

Birinci tasarımdaki çalışmaların ardından katılımcılara yöneltilen önce uygulama mı yoksa teori mi yapılmalı sorusundan elde edilen bulguların sonuçlarına göre öğrencilerin bu konuda farklı fikirleri olduğu görülmüştür. Öğrencilerin çoğunluğu önce uygulama yapılmasını savunurken bazıları önce teoriyi, bazıları da duruma göre hareket edilmesini savunmuştur. Bütün gruplar farklı fikirleri savunsa da grupların uygulama yapılmasının matematiksel modelleme ve problem çözme becerilerinin gelişimine katkı sunduğu noktasında hemfikir oldukları görülmüştür.

Birinci tasarımın bulguları genel olarak değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinde yeterli olmadıkları, matematiği gerçek hayata aktarmada zorlandıkları (Deniz ve Akgün, 2017b), yani matematiksel modellemeye yabancı oldukları (Yu ve Chang, 2011) ancak yapılan çalışmalarla ve materyallerle desteklenen uygulamalarla gelişim gösterdikleri ortaya konmuştur (Bozkurt ve Akalın, 2010).

5.2. Tasarım 2 Verilerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

İkinci tasarımdan (uygulamadan teoriye) elde edilen sonuçlar da birinci tasarımdaki süreçler takip edilerek tartışılacaktır.

5.2.1. Modelleme Testlerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Bu bölümde ikinci tasarımdan elde edilen sonuçlar tartışılacaktır. İkinci tasarımdaki katılımcılar da Fen Edebiyat Fakültesi mezunu öğretmen adaylarından oluşmaktadır. Bu çalışma grubundaki modelleme testlerinden elde edilen sonuçlar birinci tasarımdaki sonuçlarla paralellik arz ettiğinden tekrara düşmemek için bu kısımda yalnızca birinci çalışma grubundaki sonuçlardan farklı olarak elde edilen sonuçlar tartışılacaktır.

İkinci çalışma grubundaki öğrencilerin, birinci modelleme testinde uygun matematiksel modeli seçmede zorlandıkları görülmüştür. Öğrenciler verilenleri belirlemelerine rağmen hedefi belirginleştirip ona uygun olarak da doğru matematiksel modeli seçmede zorlanmışlardır. Bu sonuç da birinci çalışma grubunda olduğu gibi öğrencilerin bu tarzdaki sorulara alışık olmamaları ile açıklanmıştır. İkinci modelleme testinin sonuçlarına gelindiğinde öğrencilerin yapılan uygulamalarla önemli bir ilerleme kaydettikleri görülmüştür. Ancak genel itibari ile değerlendirildiğinde ikinci çalışma grubundaki öğrencilerin de matematiksel modelleme ve rutin olmayan problem çözme becerilerinin yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür.

5.2.2. Problem 1'den Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

İkinci tasarımda öğretmen adayları verilen problemi ilk önce materyallerle uygulamalı olarak çözülmüşlerdir. Bu aşamada tüm gruplar kısa sayılabilecek bir sürede doğru kutuyu ve doğru dizilimi bulmuşlardır. Ancak dersin ikinci kısmında uygulamalı olarak buldukları bu sonucu teorik olarak da bulmaları istendiğinde dört gruptan sadece birinin doğru çözüme ulaştığı görülmüştür.

Grupların çözümleri tek tek incelendiğinde yanlış yapan grubun teorik çözümle uğraşmadığı, eksik yapan grupların ise ezberci bir yaklaşımla soruyu yanlış çözdükleri görülmüştür. Yanlış çözen gruplar dikdörtgen şeklindeki kutunun istedikleri şekilde eş karelere ayrıldığını varsayarak çözümlerini yapmışlardır. Bunun nedeni ise uygulamada kutuya sığdırdıkları mum sayısı ile kendi çözümleri sonucu ulaştıkları sayı aynı olduğu için soruyu doğru çözdüklerini düşünmüşler, çözümlerini kontrol etme ihtiyacı hissetmemişlerdir. Hâlbuki öğrenciler ortaokul ve lise yıllarında öğrendikleri "Çarpanlar ve Katlar" veya "Ebob-Ekok" gibi konular içerisinde herhangi bir dikdörtgensel bölgenin eş karelere ayrılması ile ilgili örnekler görmüşlerdir (Üstündağ Pektaş, 2017; MEB, 2017; Yanık, 2017). Buna rağmen eski bilgilerini kullanarak çözümlerini kontrol etme ihtiyacı hissetmemişlerdir. Çünkü ulaştıkları çözüm yaptıkları uygulama ile örtüşmüştür. Bu durumda ilk önce yaptıkları uygulamanın teorik çözümde doğru sonuca ulaşmalarına engel olduğu düşünülmüştür.

5.2.3. Tasarım 2'de Öne Çıkan Temalarla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

İkinci tasarımda öne çıkan temalar da birinci tasarımdaki temalarla paralellik göstermiştir. Bu yüzden bu kısımda birinci tasarımdan farklı olarak öne çıkan temalar tartışılacaktır.

Yapılan uygulamaların öğrencilerin bakış açılarını geliştirdiği ve matematiğin yapılabilir, ispatlanabilir ve modellenebilir olduğunu gösterdiği gözlemlenmiştir. İkinci tasarımda öğrencilerin ilk önce uygulama ile soruyu doğru çözmelerine rağmen ikinci kısımda cebirsel çözümde zorlandıkları görülmüştür. Bu durum öğrencilerin öğrenim görme şekilleri ile tezat oluşturmuştur. Fen Edebiyat Fakültesi mezunu olan bu öğrencilerin sorunun cebirsel kısmında daha başarılı olmaları beklenmiştir. Bu durum öğrencilerin gördükleri teorik konuları ve ispatları günlük hayata dair problemlere aktaramadıklarını göstermektedir (İlgar ve Gülten, 2013).

İkinci çalışma grubundaki öğrencilere önce uygulama mı yapılmalı yoksa teorik çözüm mü yapılmalı sorusuna verilen cevaplardan elde edilen sonuçlara bakıldığında bu gruptaki öğrencilerin görüşleri de birinci gruptaki öğrencilerle paralellik göstermektedir.

5.3. Tasarım 3 Verilerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Birinci ve ikinci tasarımların birlikte analizi sonucunda karar verilip geliştirilerek uygulanan üçüncü tasarımdan elde edilen sonuçlar önceki tasarımlardaki süreçlerle aynı şekilde tartışılacaktır.

5.3.1. Modelleme Testlerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Üçüncü tasarımdaki öğrenciler eğitim fakültesi öğrencilerinden oluşmaktadır. Bu çalışma grubundaki modelleme testleri analiz edildiğinde ilk dikkati çeken sonucun ön test olarak yapılan Modelleme 1 testinden elde edilen sonuçların diğer iki grubun Modelleme 1 testlerinden çok daha yüksek ortalamaya sahip olmasıdır. Bunun nedeni eğitim fakülteleri öğrencilerinin üniversite giriş sınavlarına göre daha yüksek puan veya daha düşük yüzdelik dilim içerisine girmiş olmaları ile ve formasyon derslerini sıkıştırılmış birkaç aylık eğitimle değil de lisans eğitiminin içine yayılarak uzun soluklu, sindirerek almaları ile açıklanmıştır. Katılımcıların modelleme testinden elde ettikleri ortalama puan önceki gruplara göre yüksek olmasına rağmen üçüncü çalışma grubunun da başarılı ve başarısız oldukları yeterlikler ilk iki çalışma grubunun sonuçları ile paralellik göstermiştir. Bu da bu yeterlikleri kazandırma ile ilgili eğitim sistemimizin genel bir probleminin olduğunu düşündürmüştür.

Üçüncü çalışma grubunun Modelleme 2 testi sonuçlarına bakıldığında ilk testten elde edilen puan ortalamaları ilk gruplara göre yüksek olmasına rağmen uygulamalardan sonra yapılan ikinci modelleme testinden elde edilen sonuçlarla aralarında istatistiksel manada anlamlı bir farklılık çıkması uygulamalı çözümlerin problem çözme becerilerine önemli ölçüde katkı sağladığını göstermektedir.

5.3.2. Modelleme Problemlerinden Elde Edilen Bulgularla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Üçüncü tasarımda ilk iki tasarımdan farklı olarak "Nasıl Depolayalım?" problemine ek olarak "Dönme Dolap" problemi de eklenerek iki ayrı uygulamalı problem çözümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar literatür ışığında tartışılmıştır.

Üçüncü çalışma grubundaki dokuz grubun birinci probleme (Nasıl Depolayalım?) getirdikleri çözümler matematiksel modelleme becerilerine göre analiz edildiğinde bu grubun modelleme becerilerinin ilk iki gruptan daha ileride olduğu ancak yine de dokuz gruptan sadece üçü doğru sonuca ulaşabildiği için öğrencilerin matematiksel modelleme becerilerinde başarılı olamadıkları sonucuna varılmıştır.

Üçüncü tasarımdaki grupların matematiksel modelleme becerilerinden aldıkları ortalama puanların ilk iki grubun verilerinin birleştirilmesi ile elde edilen ortalama puandan yüksek olmasının nedeni öğrencilerin üniversite hayatları boyunca aldıkları eğitime bağlanmıştır. İlk iki gruptaki öğrenciler fen edebiyat mezunu iken üçüncü çalışma grubundaki öğrencilerin eğitim fakültelerinin 2. ve 3. sınıflarında okuyan öğrenciler olduğu düşünüldüğünde, fen edebiyat fakültelerinden mezun olan öğrencilerin daha başarılı olmaları beklenirken eğitim fakültelerinde okuyan öğrencilerin daha başarılı olması düşündürücü bulunmuştur. Hâlbuki pür matematik yönünden eğitim fakültelerinde, fen edebiyat fakültelerine nazaran görece daha düşük düzeyde bir eğitim verildiği göz önüne alındığında bu durumda fen edebiyat fakültelerinde verilen yoğun teorik bilgilerin öğrenciler tarafından tam olarak kullanılamadığı düşünülmüştür. Buna mukabil eğitim fakültelerindeki öğrencilerin matematiksel bilgiyi güncel hayata aktarabilme becerilerinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum, öğrencilerin aldıkları uzun süreli alan eğitimi dersleri ile ilişkilendirilerek kısa süreli formasyon eğitimlerinin verimliliğinin ne düzeyde olduğunu düşündürmüştür (Aycan, 2015).

Üçüncü tasarımın ilk probleminde teorik çözümden sonra gerekli materyallerle uygulamalı çözüm yapıldıktan sonra sorunun tekrar teorik çözümü istendiğinde ilk iki tasarım gruplarından çok daha başarılı bir sonuç ortaya çıkmıştır. Dokuz gruptan biri hariç diğerlerinin tamamının teorik çözümü başarılı bir şekilde gerçekleştirdikleri görülmüştür. Lisans öğrencilerinin uygulamalardan sonraki cebirsel çözüm performanslarının fen edebiyat fakültesi mezunu olan öğrencilerden daha iyi olduğu görülmüştür.

Üçüncü çalışma grubuna "Nasıl Depolayalım?" uygulamasından sonra yapılan bu çalışmaların öğrencilerin problem çözme becerilerinde ve matematiksel modelleme yapabilme becerilerinde nasıl bir gelişme gösterdiklerini gözlemleyebilmek için bir uygulama daha yapılmış ve öğrencilere "Dönme Dolap" problemi dağıtılarak benzer süreçlerle uygulamalar ve analizler yapılmıştır. Ayrıca ikinci problemle birlikte araştırmacı öğrencilerin hazır materyal kullanabilme becerilerini de gözlemleme fırsatı bulmuş ve öğrencilerin verilen hazır materyali uygun şekilde kullanabildiklerini gözlemlemiştir.

Grupların "Dönme Dolap" problemine verdikleri cevapların matematiksel modelleme becerilerine göre analizi sonucunda öğrencilerin ilk probleme göre önemli derecede ilerleme kaydettikleri görülmüştür. Bu önemli ilerlemeye rağmen problemi alt problemlere ayrıma veya problemi anlamak için problemle ilgili farklı alt problemler oluşturma anlamına gelen "problemi formülleştirme (A_3)" yeterliği yine hiçbir grupta gözlemlenememiştir. Ancak bu yeterliğin Modelleme 1 ve Modelleme 2 testlerindeki puan değerlerine bakıldığında yüksek çıkması bir tutarsızlık gibi gözükse de aslında öğrencilerde bu yeterliğin olduğu ancak problem çözümü esnalarında öğrenciler tarafından sergilenme ihtiyacı hissedilmediği düşünülmüştür (Kertil, 2008). Yani öğrenciler bilişsel olarak bu yeterliği yapmakta fakat kâğıt üzerine dökme ihtiyacı hissetmemektedirler (Aşık, 2015). Bu duruma öğrencilerin alışageldikleri soru çözme yöntemlerinin neden olduğu düşünülmüştür.

Tüm çalışma süreci boyunca hiçbir çalışma grubunda gözlemlenemeyen bir diğer yeterlik olan "gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme (E)" yeterliğinin üçüncü çalışma grubunun ikinci problem çözme etkinliğinde bir grupta gözlemlenmesi bir gelişme olarak kabul edilebilirse de bu yeterliğin henüz tam olarak sergilenmediğini göstermektedir. Ancak bu yeterlikte de öğrencilerin modelleme testlerindeki performanslarının oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çözümü kontrol etme ihtiyacı hissetmemeleri öğrencilerin alışageldikleri rutin ve tek cevaplı soru tarzlarından kaynaklandığı düşünülmüştür. Öğrencilerin "rasyonel denklemler" gibi alışık oldukları rutin sorularda buldukları sonucu mutlaka kontrol etmeleri gerektiği söylense de bu kontrol etme becerisinin genel problemlere aktarılamadığı, yine ezberci bir yaklaşımla sadece o konu ile sınırlandırıldığı düşünülmüştür.

Her üç tasarım da genel olarak değerlendirildiğinde matematiksel modelleme sorularına STEM bağlamında uygulamalar dâhil edilmesinin hem öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliklerine hem de problem çözme becerilerine önemli ölçüde katkı sağladığı ortaya konmuştur. Hem teoriden uygulamaya hem de uygulamadan teoriye tasarımlarının her ikisinde de olumlu sonuçlar ortaya konsa da bu araştırmada teoriden uygulamaya tasarımı toplanan veriler ışığında daha başarılı bulunmuştur.

Matematiksel modelleme sorularının STEM bağlamında materyal destekli uygulamalı olarak çözülmesinin matematiksel modelleme problemlerinin zayıf kaldığı (Kertil, 2008) "gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme" ve "problemi formülleştirme" yeterliklerine önemli ölçüde katkı sunduğu ortaya konmuştur. Öğrencilerin bulunan çözümleri gerçek hayata aktarabilme süreçlerinde teorik ve kâğıt üzerinde kalan matematiksel modelleme yaklaşımının bu konudaki zayıf tarafını STEM eğitiminin doldurabileceği düşünülmüştür. Milli Eğitim Temel Kanunu'nda da ifade edildiği üzere okulların amaçlarından birinin öğrencileri hayata hazırlamak olduğu düşünüldüğünde, bu bağlamda yapılan STEM uygulamaları hayatın kendisine daha yakın olduğu için (Breiner vd., 2012; Aslan-Tutak vd., 2017) okullar bu tür uygulamalar ile hayata hazırlama amacına daha fazla hizmet edecektir.

STEM bağlamında çözülen matematiksel modelleme problemlerinden birincisi olan "Nasıl Depolayalım?" sorusunda katılımcılara gerekli materyaller verilerek çözümlerini doğrulamaları istendiğinde katılımcılar materyalleri doğru ve gerektiği şekilde kullanabilmiş ve uygun modeli yaparak doğru çözüme ulaşabilmişlerdir. "Dönme Dolap" probleminde ise katılımcılara materyaller yerine hazır model verilerek çözümlerini doğrulamaları istenmiş ve bu problemde de katılımcılar hazır modeli gerektiği gibi kullanarak çözümlerini doğrulayabilmişlerdir. Bu durumda her iki yöntemin de faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak yapılan bu uygulamalar ile öğrencilerin kısa sayılabilecek bir çalışma sonucunda problem çözme becerilerinin önemli ölçüde geliştiği ortaya konmuştur. Ayrıca STEM bağlamında uygulanacak matematiksel modelleme problemleri sayesinde matematiksel modellemenin zayıf kaldığı yönlerin tamamlanabileceği; aynı şekilde matematiksel modelleme problemleri üzerinden STEM uygulamalarının yapılması da STEM eğitiminin okullarımızda nasıl uygulanacağı sorununa karşılıklı olarak kazan-kazan çerçevesinde çözüm üretebileceği düşünülmüştür.

5.3.3. Tasarım 3'te Öne Çıkan Temalarla İlgili Sonuç ve Tartışmalar

Üçüncü tasarım, çalışma grubu farklı olduğu ve araştırmanın nihai süreci olduğu için burada öne çıkan temalar ilk iki tasarımdan elde edilen sonuçlarla karşılaştırmalı olarak tartışılacaktır.

Son tasarımdan elde edilen bulgulara göre önceki tasarımlarda olduğu gibi STEM bağlamında uygulamalı olarak çözülen matematiksel modelleme problemleri zaman alıcı olarak değerlendirilmiş ve müfredatımıza uygunluğu öğrenciler tarafından düşündürücü bulunmuştur (Özgün-Koca ve Şen, 2002; İpek, Yılmaz Turgut ve Tunga, 2016; Deniz ve Akgün, 2017a). Ancak müfredatlarda yapılan iyileştirmeler düşünüldüğünde zamanla müfredatımızın bu tür etkinliklere uygunluk düzeyinin artacağı da vurgulanmıştır (MEB, 2017).

STEM uygulamalarının öğrencilerin teorideki zorluklarını aşmalarına ve matematiğin aslında günlük hayatın ne kadar içinde olduğunu fark etmelerine; dolayısıyla daha kalıcı öğrenmelerine yardımcı olduğu her üç tasarımda da görülmüştür (Bozkurt ve Akalın, 2010; Doruk ve Umay, 2011).

Üçüncü çalışma grubunda da önceki çalışma gruplarında olduğu gibi grup çalışması yapılmasının iletişim, ortak karar verebilme, birlikte karar verebilme, araştırma yapma ve birbirlerinden öğrenme gibi sosyal becerilere katkı sağladığı görülmüştür. Ancak bu çalışma grubunda grup çalışmasının, iş yükünün belirli kişiler üzerinde kalması, iş bölümü ile ilgili sorunlar, grup içinde olabilecek anlaşmazlıklar gibi dezavantajlı yönlerine de dikkat çekilmiştir (Çakmak, 2014).

Rutin, tek cevaplı olmayan problemlerin çözümlerinin öğrencileri zorladığı ancak farklı cevapların olmasının bir zenginlik olduğu, öğrencilerin birbirlerinden farklı çözüm yolları öğrenmelerine fırsatlar sunduğu ve öğrencilerin bakış açılarını genişlettiği, dolayısıyla farklı bakış açıları geliştirmelerine olanak sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu farklı çözüm yollarının öğrencilerin bilişsel süreçlerini ve nasıl düşündüklerini anlama noktasında öğretmene fayda sağlayabileceği düşünülmüştür (Aşık, 2015).

Bütün tasarım süreçleri boyunca yapılan uygulamaların öğrencilerin derse olan ilgilerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla STEM uygulamalarının matematiğin zor, sıkıcı, yapılamaz olduğuna dair ön yargıları ve korkuları yenebilecek ve derslere olan ilgiyi arttırabilecek potansiyele sahip olduğu düşünülmüştür (Yenilmez ve Dereli, 2009; Yamak, Bulut ve Dündar, 2014; Eroğlu ve Bektaş, 2016).

STEM bağlamında, materyallerle desteklenerek çözülen matematiksel modelleme problemlerinin öğrencileri eğlenceli hissettirebileceği, öğrencilere matematiği yapabildiklerine dair güven duygusu verebileceği ve öğrencilerin matematiğin gücünü daha iyi görebilecekleri bir ortam sunabileceği düşünülmüştür.

Yapılan bu uygulamalar sonucunda öğrencilerin disiplinler arası ilişkilendirmeyi daha iyi yapabildikleri ve bu sayede var olan bilgileri ile yeni bilgileri arasında ilişkilendirmeler yapabildikleri, böylece problem çözme becerilerinde gelişme kaydettikleri gözlemlenmiştir. STEM bağlamında yapılacak uygulamaların günümüzde ileri teknolojik gelişmelerle hayatımıza giren çok yönlü problemlerin çözümü ve ülkemizin ihtiyacı olan çok yönlü insan gücünün (SETA, 2012; Kalkınma Bakanlığı, 2013) yetiştirilmesine önemli bir katkı sunacağı düşünülmüştür (MEB, 2016). Uygulamalar sayesinde öğrencilerin eski ve yeni bilgilerini ilişkilendirerek harmanlamayı, zihinlerinde daha önce oluşturdukları sinir ağlarını harekete geçirmeyi ve ezberci eğitimden kalıcı öğrenmeye geçişi başarabilecekleri değerlendirilmiştir (Keleş ve Çepni, 2006).

Yapılan çalışmalar sonucunda katılımcıların bu tarz uygulamaları öğretmen olduklarında sınıflarında uygulayabilmeleri açısından yeterli olmadıkları gözlemlenmiştir (Deniz, 2014). Öğretmen adaylarının bu tarz uygulamalar yaparken sınıfı kontrol edememe ve öğrencilerin çözümlerinin farklı noktalara kayması durumunda bunu toparlayamama gibi kaygılarının olduğu gözlemlenmiştir. Bu duruma öğretmen adaylarının lisans eğitimleri boyunca yeterince uygulamalı eğitim almamalarının ve deneyimlerinin olmamasının neden olduğu düşünülmüştür.

Yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlara göre STEM bağlamında yapılan uygulamaların öğrencilerin kendi ilgi ve yeteneklerini keşfetmelerine daha çok fırsat vereceği ve bu sayede daha doğru mesleklere yönelebilecekleri düşünülmüştür (Breiner vd., 2012).

Son tasarımdaki çalışmaların ardından katılımcılara yöneltilen önce uygulama mı yoksa teori mi yapılmalı sorusundan elde edilen bulguların sonuçlarına göre öğrencilerden sadece birisi soruya göre karar verilmesi gerektiğini, geriye kalan tüm öğrencilerin önce teorik çözümün yapılması gerektiği fikrinde mutabık oldukları görülmüştür. Bu durum teorinin uygulamalar arasında kaybolup gitmemesi ve geri planda kalmaması açısından önemli bulunmuştur.

5.4. Öneriler

Öneriler araştırmanın sonuçları bağlamında araştırmacılara ve uygulayıcılara yönelik iki ayrı başlık altında sunulacaktır.

5.4.1. Uygulayıcılara Yönelik Öneriler

Araştırmanın sonuçlarına göre problem çözümlerinde STEM bağlamında uygulamalar yapılması öğrencilerin daha bütünleşik düşünerek teorik çözümlerinde hatalarını görmelerine ve yaparak yaşayarak daha iyi öğrenmelerine yardımcı olduğu için öğretmenler derslerinde STEM bağlamında uygulama örneklerine daha fazla yer ayırmalıdırlar.

Etkinliklerin oluşturulma ve uygulanma süreçleri vakit alıcı bulunmuştur. Bu yüzden uygulayıcıların bu tarz etkinlikler yapabilmeleri için vakit ayırmaları gerekmektedir. Ayrıca bu tarz uygulamaların sınıf içinde uygulanabilmesi için müfredatlar uygun şekilde sadeleştirilebilir veya uygulamalar için fazladan bir ders saati eklenebilir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre STEM bağlamında somut materyallerle işlenen derslerin öğrencilerin öğrenmelerine ve öğrendiklerini hayatla ilişkilendirmelerine daha fazla olanak sağladığı için uygulayıcılar derslerinde bu türde etkinliklere daha fazla yer ayırmalıdır.

STEM bağlamında yapılan etkinliklerin öğrencilerin problemlerin çözümlerine mühendis bakış açısı ile bakabilme kabiliyetlerinde gelişme sağladığı gözlemlenmiştir. Ülkemizin teknolojik gelişmişliğinin arttırılabilmesi için STEM alanlarında yetkin eleman ihtiyacı düşünüldüğünde STEM bağlamındaki etkinliklere eğitim sistemimizde daha fazla yer ayrılmalıdır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre öğrencilerin "matematik hayatta ne işimize yarayacak?" sorularına daha rahat cevap verilebileceği için uygulayıcılar matematik öğretiminde bu türde uygulamalar yapabilirler.

Yapılan çalışmalar grup çalışması şeklinde olduğu için bu tür uygulamaların yapılabilmesi için sınıf ortamının grup çalışmasına uygun olması gerekmektedir. Yapılacak olan etkinliklerden önce sınıf ortamı ayarlanmalıdır. Ayrıca uygulayıcılar grup çalışmalarını kontrol edebilecek gerekli donanıma sahip olmalıdırlar.

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre uygulanan etkinliklerin öğrencilerin matematiğe karşı var olan düşük özyeterlik algılarını değiştirebileceği düşünüldüğünden özellikle matematiğe karşı ön yargılı öğrencilerin ön yargılarının kırılabilmesi için daha fazla günlük hayat örnekleri uygulayıcılar tarafından sınıf ortamlarına taşınmalıdır.

Grup çalışması şeklinde yapılan bu etkinlikler, katılımcıların problem çözme becerilerinde gelişim gösterdiği gibi öğrenciler arasındaki farkın da azalmasına neden olduğu için bu durum matematik eğitiminde dikkate alınmalıdır. Grup çalışmasının öğrencilerin sosyal becerilerinin gelişmesine katkı sağladığı da gözlemlenmiştir. Bu durum uyum sorunu yaşayan öğrenciler için bir çözüm olarak değerlendirilmelidir.

Ancak grup çalışmasının birtakım dezavantajlarının da olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan çalışmaların sonucunda hem erkeklerin hem de kızların matematiksel modelleme ve problem çözme becerilerinde önemli bir ilerleme kaydettikleri görülmüştür. STEM bağlamında bütünleşik olarak yapılan bu uygulamaların öğrencilerin ilgi ve yeteneklerini keşfetmelerine daha fazla olanak sağladığı sonucu düşünüldüğünde bu durum özellikle STEM alanlarında dezavantajlı grup olarak kabul edilen kız öğrencilerin bu alanlara yönlendirilebilmesi için önemli bir argüman olarak kullanılabilir.

Yapılan tüm uygulamalar boyunca öğretmen adaylarının rutin olmayan problem çözümlerinde zorlandıkları ve bu tarz problemlere alışık olmadıkları düşünüldüğünde uygulayıcıların, öğrencilerin lisans öncesi öğrenim hayatlarından itibaren rutin olmayan problem öneklerine yer vermelidirler.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre katılımcıların problem çözümlerinde bazı üstbilişsel süreçlere sahip oldukları halde problemi çözerken çözüme yansıtmadıkları gözlemlenmiştir. Öğretmenler öğrencilerin sahip oldukları bu yeterlikleri çözümlerine yansıtmaları için onları teşvik etmeli ve özendirmelidir.

Öğrencilerin alışık oldukları gibi tek cevaplı olmayan problemlerin çözümlerinde zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu durumda okullarda uygulayıcılar öğrencileri daha çok açık uçlu ve tek cevabı olmayan sorularla karşı karşıya getirmelidir.

Yapılan uygulamalarda katılımcılara hem materyal verilerek uygun modele ulaşarak hem de hazır model verilerek çözümlerini doğrulamaları istendiğinde öğrencilerin materyal kullanımında başarılı oldukları gözlemlenmiştir. Bu durum desteklenmeli ve problem çözümlerinde öğrencilerin materyal kullanımını destekleyici ve arttırıcı etkinliklere daha çok yer verilmelidir. Ayrıca öğrencilerin kendi modellerini geliştirecekleri ve hazır model kullanabilecekleri etkinliklere yer verilmelidir. Ancak materyallerle çözümler yapılırken teorinin arka planda kalmamasına özen gösterilmelidir.

Uygulayıcılar sınıf ortamında tek cevabı olmayan problemleri çözdürürken öğrencilerin nasıl düşündüklerini anlama fırsatı yakalayabilirler. Bu yüzden bu şekilde bütünleşik etkinlikler yaptırılırken öğrenciler iyi gözlemlenmelidir.

STEM bağlamında yapılan etkinliklerle öğrencilerin disiplinler arası ilişkilendirmeyi daha iyi yapabildikleri ve var olan bilgileri ile yeni bilgiler arasında daha iyi ilişkilendirmeler yapabildikleri gözlemlenmiştir. Disiplinler arası ilişkilendirmelerin günümüz çok yönlü problemlerinin çözümlerinde avantaj sağlayacağı düşünüldüğünde uygulayıcılar disiplinler arası ilişkilendirmeyi geliştirici etkinliklere daha fazla yer vermelidirler.

STEM bağlamında bütünleşik olarak yapılan etkinliklerin öğrencilerin ilgi ve yeteneklerini keşfetmelerine ve dolayısıyla daha doğru mesleklere yönelmelerine yardımcı olacağı düşünüldüğünden uygulayıcılar sınıflarında bu türdeki etkinliklere daha fazla yer ayırarak öğrencilerinin ilgi ve yeteneklerinin keşfedilmesine ve doğru mesleklere yönlendirilmesine katkı sağlamalıdırlar.

5.4.2. Araştırmacılara Yönelik Öneriler

Yapılan çalışmalarda hem teoriden uygulamaya hem de uygulamadan teoriye tasarımları değerlendirildiğinde teoriden uygulamaya tasarımında öğrencilerin matematiksel modelleme ve problem çözme yeterliklerinde daha fazla gelişmeler olduğu kaydedilse de uygulamadan teoriye tasarımında da gelişmeler olduğu göz önüne alındığında her iki tasarım ile ilgili daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır.

STEM bağlamında yapılan uygulamaların öğrencilerin meslek seçimlerine fayda sağlayacağı düşünüldüğünden STEM bağlamında yapılan uygulamaların öğrencilerin meslek seçimlerine ne kadar ve nasıl etki ettiği ile ilgili çalışmalar yapılabilir.

Fen edebiyat fakültesi mezunu olan öğrencilerin matematiksel modelleme ile problem çözme ve STEM bağlamında yapılan etkinliklerde eğitim fakültesi öğrencilerine göre daha fazla zorlandıkları görülmüştür. Bu durumun nedenleri ile ilgili akademik çalışmalar yapılabilir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre grup çalışmasının kontrol güçlüğü, iş bölümünün düzgün yapılamaması ve öğrencilerin problem çözümünde farklı noktalara kaymalarını önleyememe gibi olumsuz yönleri de göz önüne alındığında üniversitelerde öğretmen adaylarının grup çalışması yönetme yeterliklerine yönelik çalışmalar yapılmalı ve öğretmen adaylarına grup çalışmalarını yönetebilmeleri için öneriler sunulmalıdır.

Fen edebiyat fakültesi mezunlarının matematiğin günlük hayattaki karşılığına yönelik yeterince uygulama görmedikleri ifadesi dikkate alındığında bu durumla ilgili akademik çalışmalar yapılmalı ve fen edebiyat fakültesi öğrencilerinin gördükleri matematik derslerini günlük hayata aktarabilme düzeyleri ve çözüm önerileri ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

STEM bağlamında yapılan etkinliklerin öğrencilerin mühendislik yönlerinin gelişmesine katkıları ile ilgili daha çok akademik çalışma yapılmalıdır. Özellikle mühendislik alanlarında dezavantajlı grup olarak görülen kız öğrenciler ile ilgili akademik çalışmalar yapılmalıdır.

Öğrencilerin alışageldikleri problem çözme yöntemi olan ezberci yaklaşımlarının önüne geçebilmek için okullarda uygulanabilecek, gerekli sınıf düzeylerine uygun daha fazla STEM bağlamında matematiksel modelleme etkinlikleri tasarlanmalıdır.

STEM eğitim yaklaşımı ile matematiksel modelleme yaklaşımları arasındaki ilişki ile daha fazla akademik çalışmalar yapılmalı ve birbirlerine etkileri veya katkıları ortaya konmalıdır. Yani matematiksel modelleme ve STEM'in birlikte kullanılması ile ilgili daha fazla çalışmalar yapılmalı ve bu birlikteliğin düzeyi akademik olarak ortaya konmalıdır. Bu durumun STEM eğitimin kavramsallaştırılmasına da katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

STEM alanlarının ülkemizin teknolojik ve ekonomik kalkınmışlığına etkisi düşünüldüğünde STEM eğitiminin ülkemiz müfredatına giydirilebilmesi için daha fazla akademik çalışma ve uygulamalar yapılmalıdır. Yapılacak olan bu çalışmalar neticesinde öğretmen adaylarının bu uygulamaları okullarında gerçekleştirebilmeleri için de ayrıca çalışmalar yapılmalıdır.

STEM bağlamında bütünleşik yaklaşımla yapılan uygulamalar ile birlikte öğrencilerin kendi ilgi ve yeteneklerini keşfetmelerine daha fazla fırsat sunulacağı düşünüldüğünden STEM eğitiminin öğrencilerin ilgi ve yeteneklerini ortaya çıkarabilmesi ve bunun uygulanabilmesi için akademik çalışmalar yapılmalıdır.

BÖLÜM VI: KAYNAKÇA

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?. İstanbul Aydın Üniversitesi, STEM Merkezi ve Eğitim Fakültesi. [Çevrim-içi: http://www.aydin.edu.tr/belgeler/IAU-STEM-Egitimi-Turkiye-Raporu-2015.pdf].

Altıntaş, E., Özdemir A. Ş. ve Kerpiç, A. (2013). The Effect of Teaching Based on the PurdueModel on Creative Thinking Skills of Students. Kalem Uluslararası Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi. Cilt 3. sf 187-214.

Ardahan, H. ve Aksoy, Y. (2002). TI – 92 destekli matematik öğretimi – II: Matematik öğretmen adaylarının görüşleri. http://infobank.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/b_kitabi/PDF/Matematik/MiniSempozyum/t198DA.pdf (19.09.2017)

Aslan-Tutak, F., Akaygün, S. ve Tezsezen, S. (2017) İşbirlikli STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) Eğitimi Uygulaması: Kimya ve Matematik Öğretmen Adaylarının STEM Farkındalıklarının İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education) ??: SS-SS [201?] doi: 10.16986/HUJE.2017027115

Assefa, S. G. ve Rorissa, A. (2013) A Bibliometric Mapping of the Structure of STEM Education using Co-Word Analysis, Journal of the American Society for Information Science and Technology, 64(12):2513–2536, 2013

Association for Career and Technical Education, National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium and Partnership for 21st Century Skills. (2010). *Up to the challenge: The role of career and technical education and 21st century skills in college and career readin*ess. Retrieved from http://www.p21.org/ storage/documents/CTE_Oct2010.pdf

Aşık, G. (2015). Üstbiliş Odaklı Problem Çözme Destek Programı Tasarım Çalışması, Yayınlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aşık, G., Aydın, E. (2015) Üstbiliş Odaklı Problem Çözme Destek Programı Geliştirme Çalışması: Sonuç, Problem ve Kısıtlamalar. Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Sempozyumu – 2. Adıyaman. Türkiye

Aycan, Ş. (2015). Liselere Öğretmen Yetiştirmede Geri Adım: Yüksek Öğretmen Okullarından Pedagojik Formasyon Kurslarına, MSKU Eğitim Fakültesi Dergisi, ISSN 2148-6999 Cilt-Volume 2, Sayı- Number 2, 2015

Aydın, E., & Delice, A. (2007, November). Experiences of mathematics student teachers in a series of science experiments. Paper presented in the 6th WSEAS International Conference on Education and Educational Technology, Bologna, Italy.

Balcı, A. (2011). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntem, Teknik ve İlkeler (9. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Barab, S. ve Squire, K. (2004). Design – Based Research: Putting a Stake in the Ground. The Journal of the Learning Sciences, 13(1), 1 – 14.

Berlin, F. D. ve White, A. L. (2012) A Longitudinal Look at Attitudes and Perceptions Related to theIntegration of Mathematics, Science, and Technology Education, School Science and Mathematics, Volume 112 (1)

Blatcford, P., Kutnick, P., Baines, E. & Galton, M. (2003). Toward a Social Pedogogy Of Classroom Group Work. Internatioanal Journal of Educational Research, 39 (2003), s. 153-172

Bogdan, R. C. & Biklen, S. K. (1992). Qualitative research for education: An introduction to theory and methods. Boston: Allyn and Bacon.

Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. ZDM - The International Journal on Mathematics Education, 38(2), 86–95

Bozkurt, A. ve Akalın, S. (2010). Matematik Öğretiminde Materyal Geliştirmenin ve Kullanımının Yeri, Önemi ve Bu Konuda Öğretmenin Rolü. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. Sayı: 27, 47-56.

Breiner, M. J., Johnson, C. C., Harkness, S. S. & Koehler, C. M. (2012) What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships, School Science and Mathematics, Volume 112 (1)

Brousseau, G. (1998). Théorie des situations didactiques: didactique des mathématiques, 1970-1990, Grenoble: La Pensée Sauvage.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences, 2*, 141–178.

Buyruk, B. ve Korkmaz, Ö. (2016). FeTeMM Farkındalık Ölçeği (FFÖ): Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması, Türk Fen Eğitimi Dergisi. 13(2), 61-76, doi: 10.12973/tused.10179a

Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2013). Bilimsel Araştırma Yöntemleri (15. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık

Bybee, R. W. (2010a). The teaching of science: 21st century perspectives. Arlington, Virginia: NSTA Press.

Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education. *Science, 329*, 996. doi: 10.1126/science.1194998

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. ve Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. Educational Researcher, V ol. 32, No. I, pp. 9-13

Coffey, A., & Atkinson, P. (1996). Making sense of qualitative data: Complementary research strategies. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th Edition) London: Routledge Falmer.

Collins, A., Diana, J. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues, Journal of the Learning Sciences, 13:1, 15-42, DOI: 10.1207/s15327809jls1301_2.

Corlu, M. and Aydin, E . (2016). Evaluation of Learning Gains Through Integrated STEM Projects. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4 (1), 20-29.

Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science, 39* (171), 74-85.

Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2011). Karma yöntem araştırmaları tasarımı ve yürütülmesi. (Çeviri editörleri: Yüksel Dede ve Selçuk Beşir Demir) Ankara: Anı Yayıncılık.

Çakmak, M. (2014). Grup Çalışmasına Yönelik Yansımalar: Öğretmen Adaylarının Düşünceleri, Eğitim ve Bilim Cilt 39 (2014) Sayı 174 338-347.

Çorlu, M. A., & Corlu, M. S. (2012). Scientific inquiry based professional development models in teacher education. Educational Sciences: Theory & Practice, 12(1), 514–521.

Deniz, D. (2014). Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modelleme Yöntemine Uygun Etkinlik Oluşturabilme ve Uygulayabilme Yeterlikleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Deniz, D. ve Akgün, L. (2017a). Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Tasarladıkları Model Oluşturma Etkinliklerinin Sınıflarda Uygulanabilme Süreçlerinin İncelenmesi. Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi. Cilt 19 Sayı 1. Doi numarası: 10.17556/erziefd.308679

Deniz, D. ve Akgün, L. (2017b). Ortaöğretim Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modelleme Yöntemi ve Uygulamalarına Yönelik Görüşleri. Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt 5 Sayı 1. doi: 10.18506/anemon.272677

Derin, G., Aydın, E., Kırkıç, K.A. (2017). STEM (Fen-Teknoloji-Mühendislik–Matematik) Eğitimi Tutum Ölçeği, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2017, 4(3); 547-559.

Design-Based Research Collective (DBRC), (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry, Educational Researcher, Vol. 32, No. 1, pp. 5–8.

Doorman, L. M., & Gravemeijer, K. (2009). Emerging modeling: discrete graphs to support the understanding of change and velocity. ZDM Mathematics Education (2009) 41:199–211 DOI 10.1007/s11858-008-0130-z

Doruk, B. K. (2010). Matematiği Günlük Yaşama Transfer Etmede Matematiksel Modellemenin Etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Doruk, B. K. ve Umay, A. (2011). Matematiği Günlük Yaşama Transfer Etmede Matematiksel Modellemenin Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 41: 124-135[2011]

Düşünceleri, Eğitim ve Bilim 2014, Cilt 39, Sayı 174, 338-347 DOI: 10.15390/EB.2014.2275

Eraslan, A. (2011). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinlikleri ve bunların matematik öğrenimine etkisi hakkındaki görüşleri. Elementary Education Online, 10(1), 364-377.

Erbaş, A. K., Çetinkaya, B., Alacacı, C., Çakıroğlu, E., Aydoğan-Yenmez, A., Şen-Zeytun, A., Korkmaz, H., Kertil, M., Gözde-Didiş, M., Baş, S. ve Şahin, Z. (2016) Lise Matematik Konuları İçin Günlük Hayattan Modelleme Soruları. Ankara: TÜBA

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

Erdoğan, N., Corlu, M. S. & Capraro, R. M. (2013) Defining Innovation Literacy: Do Robotics Programs Help Students Develop Innovation Literacy Skills?, International Online Journal of Educational Sciences, 2013, 5 (1), 1-9

Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin stem temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi - Journal of Qualitative Research in Education, 4(3), 43-67. [Online] www.enadonline.com DOI :10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m

Erturan, D. (2007). 7. Sınıf Öğrencilerinin Sınıf İçindeki Matematik Başarıları İle Günlük hayatta Matematiği Fark Edebilmeleri Arasındaki İlişki. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı, Ankara

Frejd, P. (2013). Modes of modelling assessment: A literature review. Educational Studies in Mathematics, 84, 413–438.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Galbraith, P., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. ZDM, 38(2), 143-162.

Gedikoğlu, T. (2005). Avrupa Birliği Sürecinde Türk Eğitim Sistemi: Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, Haziran 2005, ss. 66-80.

Goetz, J. P. & LeCompte, M. D. (1984). Ethnography and qualitative design in educational research. Orlando: Academic Press.

Göksun, D. O. ve Kurt, A. A. (2017). Öğretmen Adaylarının 21. yy. Öğrenen Becerileri Kullanımları ve 21. yy. Öğreten Becerileri Kullanımları Arasındaki İlişki, Eğitim ve Bilim Cilt 42 (2017) Sayı 190 107-130.

Hacıömeroğlu, G. & Bulut, A.S. (2016). Entegre FeTeMM öğretimi yönelim ölçeği Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması. Eğitimde Kuram ve Uygulama, 12(3), 654-669.

Haines, C. & Crouch, R. (2007). Mathematical modeling and applications: Ability and competence frameworks. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), Modelling and applications in mathematics education: Te 14th ICMI study (pp. 417-424). New York, NY: Springer.

Haines, C., & Crouch, R. (2001). Recognizing constructs within mathematical modeling. Teaching Mathematics and its Applications, 20(3), 129-138.

Hıdıroğlu, Ç. N. ve Bukova Güzel, E. (2013). Matematiksel modelleme sürecini açıklayan farklı yaklaşımlar. Bartın Eğitim Fakültesi Dergisi, 2(1), 127-145.

Houston, K. (2007). Assessing the "phases" of mathematical modelling. In: W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study (pp. 249–256). New York, NY: Springer.

Izard, J., Haines, C., Crouch, R., Houston, K., & Neil, N. (2003). Assessing the impact of teachings mathematical modeling: Some implications. In S. J. Lamon, W. A. Parker & K. Houston (Eds.), Mathematical modelling: A way of life (pp. 165-177). Chichester, UK: Horwood Publishing.

İlgar, L. ve Gülten, D. (2013). Matematik konularının günlük yaşamda kullanımının öğrencilere öğretilmesinin gerekliliği ve önemi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,3,119-128.

İpek, J., Yılmaz Turgut, G., & Tunga, Y. (2016). Matematik Öğretmen Adaylarının PISA ve TIMMS Sınavları Hakkındaki Görüşleri, International Journal of Innovative Research in Education. http://sproc.org/ojs/index.php/IJIRE, 3(1), 32-41

İrez, S. (2006). Are We Prepared?: An Assessment of Pre-service Science Teacher Educators' Beliefs about Nature of Science. Science Education, 90(6), 1113-1143

Johnson, R. B. & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed method research: A research paradigm whose time has come. Educational Researcher, 33(7), 14-26. *Magazine,* Vol. 60(5), pp. 283-291.

Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. Journal of Mixed Methods Research,1(2), 112-133

Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. ZDM – Te International Journal on Mathematics Education, 38(3), 302-310.

Kalkınma Bakanlığı, (2013). Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018, http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Kalknma%20Planlar/Attachments/12/Onuncu%20Kalk%C4%B1nma%20Plan%C4%B1.pdf [08.10.2017 tarihinde indirilmiştir.]

Keleş, E. ve Çepni, S. (2006). Beyin ve Öğrenme, Türk Fen Eğitimi Dergisi, Yıl 3, Sayı 2, Aralık 2006

Kertil, M. (2008). Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kertil, M., Çetinkaya, B., Erbaş, A. K. ve Çakıroğlu, E. (2016). Matematik Eğitiminde Matematiksel Modelleme, Bingölbali, E., Arslan, S. ve Zembat, İ. Ö. (Ed.), Matematik Eğitiminde Teoriler (s. 539-563). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). Reliability and validity in qualitative research. Beverly Hills: Sage Publications.

Korkmaz, E. (2010). İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Korkut, F. (2002). Lise Öğrencilerinin Problem Çözme Becerileri, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi 22: 177-184.

Kovarik, D. N., Patterson, D. G., Cohen, C. Sanders, E. A., Peterson, K. A., Porter, S. G. & Chowning, J. T. (2013) Bioinformatics Education in High School: Implications for Promoting Science, Technology, Engineering, and Mathematics Careers, CBE—Life Sciences Education Vol. 12, 441–459, Fall 2013

Kösterelioğlu, İ ve Bayar, A. (2014). International Journal of Social Science Number: 25-I,p. 177-187, Summer I 2014 Doi number: http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2279

LeCompte, M. D. & Goetz, J. P. (1982). Problems of reliability and validity in ethnographic research, Review of Educational Research Spring 1982, Vol. 52, No. 1, pp. 31-60.

LeCompte, M. D. & Goetz, J. P. (1984). Ethnographic data collection in evaluation research. In D. M. Fetterman (Ed.), Ethnography in educational evaluation. Beverly Hills, CA: Sage.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003a). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & 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., & Doerr, H. M. (2003b). In what ways does a models and modeling perspective move beyond constructivism. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching (pp. 519–556). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lesh, R., & Lehrer, R. (2003). Models and modeling perspectives on the development of students and teachers. Mathematical Thinking and Learning, 5(2&3), 109–129.

Lingefard, T. (2006). Faces of mathematical modeling. ZDM – Te International Journal on Mathematics Education, 38(2), 96-112.

MaaB, K. (2006). What are modelling competencies? Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM), 38(2), 113-142.

MEB (2014). Türkiye Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2014-2018)

MEB, (2013). Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı

MEB, (2015). PISA 2015 Ulusal Nihai Raporu. Millî Eğitim Bakanlığı, Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

MEB, (2016). STEM Eğitimi Raporu. Erişim: http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf

MEB, (2017). Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı.

MEB, (2017). Ortaöğretim Temel Düzey MATEMATİK 11. Sınıf Ders Kitabı. Ankara: MEB.

Mevarech, Z. and B. Kramarski (2014), *Critical Maths for Innovative Societies: The Role of Metaognitive Pedagogies,* OECD Publishing. *http://dx.doi.org/10.1787/9789264223561-en*

OBHE Raporu,2013. http://www.obhe.ac.uk/newsletters/borderless_report_january_2013/global_race_for_stem_skills [10.05.14 tarihinde indirilmiştir.]

Ohio Department of Education (2012). Ohio's New Learning Standards: Science Standards.

Olkun, S., Şahin, Ö., Akkurt, Z., Dikkartin, F. T. ve Gülbağcı, H. (2009). Modelleme Yoluyla Problem Çözme ve Genelleme: İlköğretim Öğrencileriyle Bir Çalışma. Eğitim ve Bilim 2009, Cilt 34, Sayı 151

Özgün-Koca, S.A. ve Şen, A. İ. (2002). 3. Uluslararası Matematik ve Fen Bilgisi Çalışması – Tekrar Sonuçlarının Türkiye İçin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 23:145-154.

Patton, M. Q. (1987). How to use qualitative methods in evaluation. Newbury Park, CA: Sage.

Polya, G. (1973). How To Solve It (2. Baskı). Princeton University Press, Princeton.

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: investigating the Impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM Integration. *School of Engineering Education Faculty Publications*. Paper 6. http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112. x

Schoenfeld, A. H. (1982). Journal for Research in Mathematics Education," Volume 13, number 1, p 31-49,Jan 82.

Schoenfeld, A.H. (1987), “Polya, problem solving, and education”, *Mathematics Magazine*, Vol. 60(5), pp. 283-291.

SETA (2012). Türkiye’nin İnsan Kaynağının Belirlenmesi.

Soylu, Y. ve Soylu, C. (2006). Matematik Derslerinde Başarıya Giden Yolda Problem Çözmenin Rolü, İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 7 Sayı 11 Bahar 2006 s. 97-111

Sriraman, B. (2005, February). Conceptualizing the notion of model eliciting. Paper presented at the Fourth Congress of the European Society or Research in Mathematics Education, Sant Feliu de Guíxols, Spain.

Stewart, C. J. & Cash, W. B. (2014). Interviewing : Principles and practices (14^{th} ed.). New York, NY McGraw-Hill Education.

Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J. & Edwards I. (2007). A Framework for Success in Implementing Mathematical Modelling in the Secondary Classroom, Mathematics: Essential Research, Essential Practice, Volume 2, 688-697.

Strauss, A. L. & Corbin, J. M. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Newbury Park, CA: Sage.

Strauss, A. L. (1987). Qualitative analysis for social scientists. Cambridge, UK: University Press.

Teddlie, C. & Tashakkori, A. (2007). The New Era of Mixed Methods, Journal of Mixed Methods Research Volume 1 Number 1 January 2007 3-7.

Teddlie, C. & Tashakkori, A. (2009). Karma yöntem araştırmalarının temelleri. (Çeviri editörleri: Çeviri editörleri: Yüksel Dede ve Selçuk Beşir Demir) Ankara: Anı Yayıncılık.

The national curriculum in England Key stages 3 and 4 framework document, (2013)

TÜBİTAK, 2004. Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi (Versiyon 19)

TÜSİAD, (2017). 2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi. Erişim: http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stem-gereksinimi

Üstündağ Pektaş, Y. (2017). Ortaokul Matematik 8. Sınıf Ders Kitabı. Ankara: Öğün Yayınları

Verschaffel, L., De Corte, E., Lasure, S., Vaerenbergh, G. V., Bogaerts, H. & Ratinckx, E. (1999). Learning to Solve Mathematical Application Problems: A Design Experiment With Fifth Graders, Mathematical Thinking and Learning, 1:3, 195-229, DOI: 10.1207/s15327833mtl0103_2

Wagner, T. (2008). Rigor redefined. *Educational Leadership, 66*(2), 20-24.

Wendell, K., Connolly, K., Wright, C., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). Incorporating engineering design into elementary school science curricula. American Society for Engineering Education. https://www.researchgate.net/publication/272177998

Windschitl, M. (2009). *Cultivating 21st century skills in science learners: How systems of teacher preparation and professional development will have to evolve*. Paper commissioned by National Academy of Science's Committee on The Development of 21st Century Skills**.** Washington, DC.

Yamak, H., Bulut, N. ve Dündar, S. (2014). 5. Sınıf Öğrencilerinin Bilimsel Süreç Becerileri ile Fene Karşı Tutumlarına STEM Etkinliklerinin Etkisi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi (GEFAD) 34(2): 249-265 (2014)

Yanık, Ö. (2017). 11. Sınıf Temel Düzey Ortaöğretim Matematik Ders Kitabı. Ankara: Ez-De.

Yazgan, Y. ve Bintaş, J. (2005). İlköğretim Dördüncü ve Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Problem Çözme Stratejilerini Kullanabilme Düzeyleri: Bir Öğretim Deneyi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 28: 210-218 [2005].

Yenilmez, K. ve Dereli, A. (2009). İlköğretim Okullarında Matematiğe Karşı Olumsuz Önyargı Oluşturan Etkenler, e-Journal of New World Sciences Academy Education Sciences,1 C0003, 4, (1), 25-33.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (9.baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yılmaz, H., Yiğit Koyunkaya, M., Güler, F. ve Güzey, S. (2017). Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik (STEM) Eğitimi Tutum Ölçeğinin Türkçe'ye Uyarlanması, Kastamonu Eğitim Dergisi Cilt:25 No:5 1787-1800 Eylül 2017

Yu, S. Y., and Chang, C. K. (2011). What Did Taiwan Mathematics Teachers Think of Model-Eliciting Activities and Modelling Teaching?. In G. Kaiser, W. Blum, R.
B. Ferri and G. Stillman (Eds.), Trends in teaching and learning of mathematical
modelling: ICTMA 14 (pp. 147-156). Netherlands: Springer.

Zawojewski, J. S., Lesh, R., and English, L. D. (2003). A models and modelling perspective on the role of small group learning. In R. A. Lesh and H. Doerr (Eds.), Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching (pp. 337-358). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Zbiek, R., M., & Conner, A. (2006). Beyond motivation: Exploring mathematical modeling as a context for deepening students' understandings of curricular mathematics. Educational Studies in Mathematics, 69, 89-112.

BÖLÜM VII: EKLER

EK – 1

Modelleme Testi-1

1) Aşağıda verilen problem durumu üzerine düşününüz.

"Yeni bir otobüs hattına kapalı bir durak yapılacaktır. Maksimum sayıda insanın faydalanabilmesi için otobüs durağı nereye yapılmalıdır?" sorusu üzerinde düşününüz.

Otobüs firması bu hizmetten insanların faydalanmasını istemekte fakat talebe göre ek sefer koymayı düşünmemektedir.

Yukarıdaki soruya çözüm bulmaya yönelik oluşturulacak basit bir matematiksel model için aşağıda verilen varsayımlardan (göz önüne alınması gereken durumlardan) hangisi en az önemlidir?

a) Sadece bir durak yapılacağı varsayımı
b) Otobüs durağının yapılacağı yolun düz olduğu varsayımı
c) Yıl içerisinde yağışsız havaların yağışlı havalardan iki kat fazla hüküm sürmesi
d) Otobüsün yarım saatlik aralıklarla sefer yapacağı varsayımı.
e) Otobüs durağına gitmek için yolcuların çok uzun mesafe yürümeyecekleri varsayımı

2) Aşağıda verilen durum (problem)üzerinde düşününüz.

Trafik akışının yoğun olduğu düz ve tek yönlü bir yolda yayaların karşıdan karşıya geçmesi yayalar için çok zor olduğundan bir yaya geçidi düşünülmektedir.

Bir yaya geçidine ihtiyaç olup olmadığını belirleyecek olan basit bir matematiksel model için aşağıdaki varsayımlardan hangisi en az öneme sahiptir?

a) Yaya geçidinin kullanıcıların düğmeye basmasıyla kontrol edilecek olması
b) Trafik yoğunluğu sabittir.
c) Trafikteki araçların hızı sabittir ve hız limitine eşittir.
d) Yayalar sabit bir süratle karşıdan karşıya geçmektedir.
e) Yayalar bu geçidi kullanmak için çok uzun bir mesafe yürümek zorunda kalmayacaklardır.

3) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

"Çocuk arabası tekerleği için en uygun format nedir?"

Aşağıdaki ayırt edici sorulardan hangisi çocuk açısından sürüş sırasında sarsıntının en az olmasını sağlamaya yöneliktir?

a) Araba 3 tekerlekli mi yoksa 4 tekerlekli midir?
b) Ön tekerlek ile arka tekerlek arasındaki mesafe nedir?
c) Çocuğun oturduğu kısımda yumuşak koruyucu yastık var mı?
d) Çocuk kaç yaşındadır?
e) Kaldırım asfalt mı yoksa döşeme parke midir?

4) Aşağıda verilen durum (problem) üzerine düşününüz.

Büyük bir süper marketin çok sayıda satış kasası bulunmaktadır. Yoğun zamanlarda birkaç parça ürün alan müşteriler için kasalar önünde uzun süre beklemek çekilmez olmaktadır. Belirli bir sayıdan az miktarda ürün alan müşteriler için hızlı (express) kasalar oluşturulmalı mıdır?

Yukarıdaki problemin çözümü ile ilgili olarak alt problemler oluşturularak simülasyon yöntemiyle bu sorulara cevap aranmaktadır. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi tamamlanmamış problem cümlesini bitirmek için en uygundur?

Bir süper markette 5 satış kasası olduğunu varsayınız. Müşteriler kasalara düzgün aralıklarla ve rastgele sayıda ürünlerle (30 dan az) gelmektedirler. Simülasyon yöntemiyle normal işleyen 5 kasada her bir müşterinin ortalama bekleme süresini bulunuz ve bu süreyi …………………… ile karşılaştırınız.

a) Bir tane kasa normal işlerken diğer 4 kasanın 8 parçadan az ürün alanlar için kullanıldığı durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
b) 4 adet kasa normal işlerken, kalan bir kasanın az sayıda ürün alan müşteriler için kullanıldığı durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
c) Bir tane kasa normal işlerken kalan 4 kasanın az sayıda ürün alan müşteriler için kullanıldığı durumda her bir müşterinin ortalama beleme süresi
d) Bazı kasalar normal işlerken diğer kasaların 8 parçaya kadar ürün alan müşteriler için kullanılması durumunda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
e) 4 kasa normal işlerken kalan 1 kasanın 8 parçaya kadar ürün alan müşteriler için kullanıldığı durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi

5) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Büyük bir cadde üzerinde bulunan bir bankanın belirli bir sayıda veznesi bulunmaktadır. Bazı müşteriler sadece bir işlem (fatura ödemesi, havale vs.) için bankaya gelmektedirler. Bazı müşteriler ise uzun süren birkaç işlem için bankaya gelmektedirler. Banka yönetimi tüm vezneler için tek bir kuyruk mu oluşturmalıdır yoksa bazı vezneleri işlemleri çok az ve kısa sürecek müşteriler için mi kullanmalıdır?

Yukarıdaki problemin çözümüyle ilgili olarak alt problemler oluşturularak simülasyon yöntemiyle bu sorulara cevaplar aranmaktadır. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi tamamlanmamış problem cümlesini bitirmek için en uygun olanıdır?

Bankada toplam 6 veznenin olduğunu ve müşterilerin rastgele sayıda işlem için düzenli aralıklarla bankaya geldiklerini düşününüz. Simülasyon metodunu kullanarak 6 veznenin tamamı için tek bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresini bulunuz ve bunu ……………….. ile karşılaştırınız.

a) Her bir veznenin önünde ayrı bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
b) Bazı vezneler için ayrı birer kuyruk ve diğer vezneler için ise tek bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
c) Veznelerden birinin önünde hızlı işlemler için bir kuyruk ve kalan 5 vezne için ise ayrı bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
d) Bazı vezneler için hızlı işlem kuyruğu ve kalan vezneler için ayrı bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi
e) 2 vezne için bir kuyruk ve kalan vezneler için ayrı bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir müşterinin ortalama bekleme süresi

6) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir üniversite acil durumlarda tahliye süresini belirlemek için düzenli aralıklarla yangın tatbikatı yaptırmaktadır. Bir laboratuvarın (öğrencilerin tek sıra halinde boşalttıkları varsayımı ile) tahliye edilme süresi üzerinde düşününüz.

Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bu durumun matematiksel modellemesinde göz önünde bulundurulması gereken parametreleri, değişkenleri ve sabitleri içermektedir?

a) Alarm çaldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen öğrenci sayısı; Tahliye zamanının öğleden önce ya da sonra olması
b) Tahliye edilecek toplam öğrenci sayısı; Alarm çaldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen öğrenci sayısı
c) *t* sürede tahliye edilen öğrenci sayısı; Tahliyenin öğleden önce ya da sonra olması; Laboratuvar kapılarının genişliği
d) Bütün öğrencileri tahliye etmek için gereken süre; Binayı boşaltırken ardışık öğrenciler arasındaki mesafe; Laboratuvar kapılarının genişliği
e) Öğrencilerin laboratuvarı boşaltma hızı; Binanın dışına ilk öğrenci çıkıncaya kadar geçen süre; Taşınan çanta ve kitap miktarları

7) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir süper marketin satış kasasında iki adet kuyruk bulunmaktadır. Birinci kuyrukta her birinde n_1 tane ürün olan m_1 müşteri, ikinci kuyrukta ise her birinde n_2 ürün olan m_2 müşteri beklemektedir. Her bir ürünü kasadan geçirmek t saniye ve her bir müşteri için ürünler kasadan geçtikten sonra ödeme yapıncaya kadar geçen süre p saniyedir. Müşteriler hangi kuyruğa geçmelerinin en iyi seçim olacağını bilmek istemektedirler.

Aşağıdaki seçeneklerden hangisinde birinci kuyruğun çok beklemek istemeyen bir müşteri için daha uygun olduğunu vermektedir?

a) $m_1(p+n_1t) = m_2(p+n_2t)$
b) $m_1(p+n_1t)< m_2(p+n_2t)$
c) $m_2(p+n_2t) \leq m_1(p+n_1t)$
d) $m_2(p+n_2t)< m_1(p+n_1t)$
e) $m_1(p+n_1t) \leq m_2(p+n_2t)$

8) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir bilgisayar satış ofisine yeni yazıcılar alınacaktır. Alfa marka yazıcıların her birinin fiyatı p lira ve Beta marka yazıcıların her birinin fiyatı q liradır. Alfa marka yazıcıların her biri r m^2 yer kaplarken Beta marka yazıcıların her biri s m^2 yer kaplamaktadır. Kullanılabilecek alanın tamamı t m^2 dir. Her bir markadan en az b adet alınacak ve toplam harcama $\boldsymbol{A}$ lirayı geçmeyecektir.

Aşağıda verilen seçeneklerden hangisi x adet Alfa marka ve y adet Beta marka yazıcının alındığı durumun matematiksel ifadesidir?

a) $px+qy \leq A$ olmak şartıyla
$x\geq b$, $y\geq b$ ve
$xr + sy \leq t$
b) $px+qy \leq A$ olmak şartıyla
$x>b$, $y>b$ ve
$xr + sy <t$

c) $py+qx \leq A$ olmak şartıyla

$x \geq b$, $y \geq b$ ve

$xs + ry \leq t$

d) $(p+q)(r+s) = A$ olmak şartıyla

$x > b$, $y > b$ ve

$(x+y)(r+s) \leq t$

e) $px+qy \geq A$ olmak şartıyla

$x \leq b$, $y \leq b$ ve

$xr + sy \geq t$

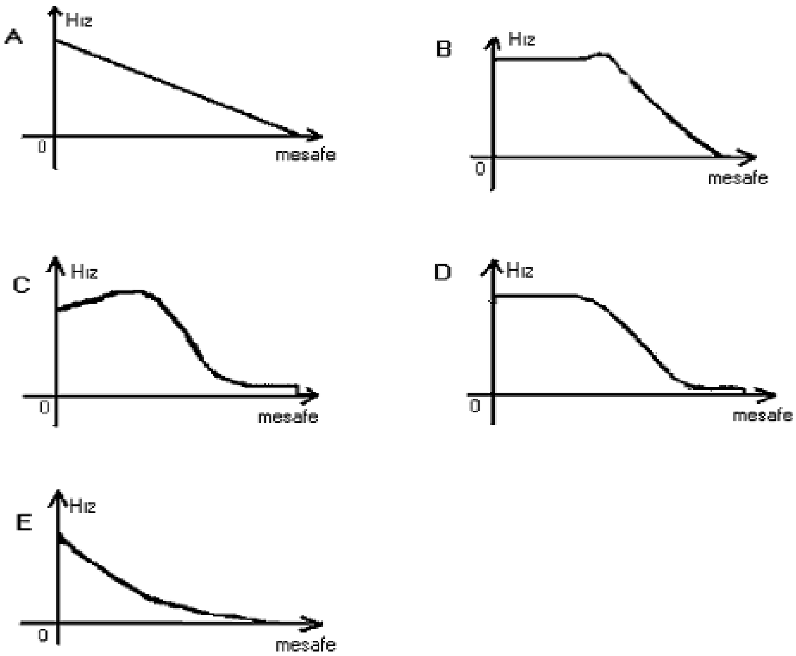
9) *Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bir ayçiçeğinin zamana (t) bağlı olarak boyunun değişimini (büyümesini) en iyi ifade eder?*

a) $1-e^{-t}$ b) $(1-t)^2$ c) t

d) $t-t^2$ e) $\frac{1}{1+e^{-t}}$

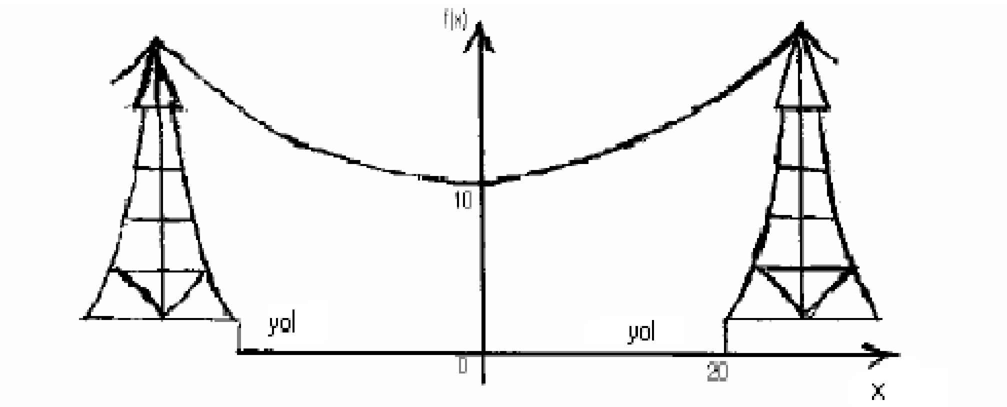
10) Bir uçak çok yoğun bir havaalanına iniş yapmak için havada bekletilmektedir. Uçak belirli bir yükseklikte sabit bir hızla daireler çizerek uçmaktadır. Bir süre sonra uçağın iniş yapıp (tekerlekler üzerinde) terminale kadar gidip körüğe yanaşması talimatı verilmiştir.

Aşağıdaki grafiklerden hangisi uçağın daireler çizerek uçmasından terminale yanaşmasına kadar geçen süreçte, uçağın aldığı yola bağlı olarak hız değişimini en iyi gösterir?



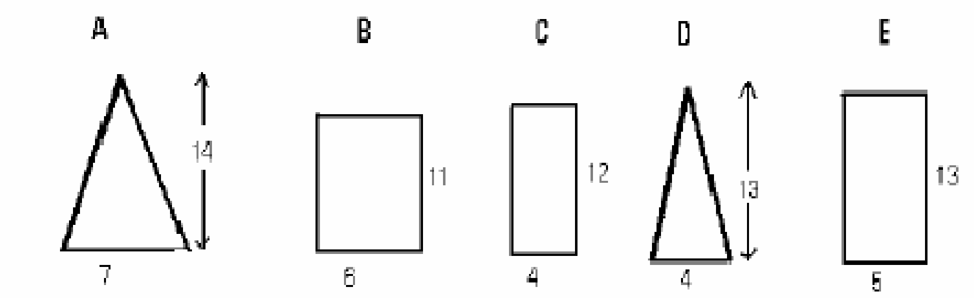
11) Trafik akışı yoğun olan çift yönlü bir yolun üzerinden yolun her iki tarafında bulunan direklerle desteklenmiş yüksek gerilim hattı geçmektedir. Bu telin altından araçların güvenli bir şekilde geçebilmesini sağlamak için araçlara genişlik ve yükseklik sınırlaması getirilmektedir.

Aşağıda şekilde gösterilmiş olan yol simetrik olup her bir yönünün genişliği 20'şer metredir. Kablonun yerden yüksekliği 10.F(x) formülüyle modellenmiş olup tabloda F(x) in bazı değerleri (metre olarak) verilmiştir.



x	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F(x)	1.152	1.180	1.209	1.242	1.276	1.314	1.354	1.397	1.442

Yerden yüksekliği 1 metre olan bir taşıtla aşağıda genişlikleri ve yükseklikleri verilen cisimlerden hangisi bu yoldan geçebilir?



EK – 2

Modelleme Testi – 2

2) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Yeni bir tramvay hattına bir adet istasyon yapılacaktır. En fazla sayıda insanın bu servisten yararlanabilmesi için durak nereye yapılmalıdır? sorusu üzerine düşününüz.

Taşımacılık şirketi insanların bu hizmetten yararlanmasını istemekte fakat talebe göre ek sefer koymayı düşünmemektedir.

Yukarıdaki probleme çözüm bulmaya yönelik oluşturulacak basit bir matematiksel model için aşağıdaki varsayımlardan hangisi en az önemlidir?

a) Yolcular tramvaya binmek için çok uzun mesafe yürümemelidir.
b) Tramvay 20'şer dakikalık aralıklarla sefer yapacaktır.
c) Bu güzergahta yalnız bu tramvayın sefer yapacağı
d) Tramvay sürücüsünün tramvayı her iki yönündede kullanabilmesi
e) Tramvay durağının herhangi bir yere inşa edilebilir varsayımı

3) Aşağıdaki verilen durum üzerine düşününüz.

Bisiklet tekerlekleri için en uygun boyut nedir?

Aşağıdaki ayırt edici sorulardan hangisi bisiklet ile sarsıntısız bir sürüşü sağlamaya yöneliktir?

a) Tekerlekler pedallara bir zincirle mi bağlı?
b) Sürücünün boy uzunluğu nedir?
c) Bisikletin vitesi var mıdır?
d) Bisikletin çıkabileceği en yüksek kaldırımın yüksekliği nedir?
e) Arazinin yapısı göz önüne alınmalı mıdır?

3) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Araçların arka arkaya düz bir sıra halinde park edildiği bir caddeye arabanızı geri geri park etmek durumundasınız. Park edeceğiniz boşluk arabanızın yaklaşık 1,5 katıdır.

Manevranın başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için aşağıdaki değişkenlerden hangisi en önemlidir?

a) Arabanın dönme yarıçapı
b) Geri gitmeye başlamadan önce arabanın park boşluğuna olan mesafesi
c) Mevcut hava koşulları
d) Kaldırıma çıkıp çıkmayacağınız
e) Geri gitmeye başlamadan önce arabanızla paralelinizde park edilmiş arabalar arasındaki mesafe

4) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir havayolu şirketinin yolcuları birçok bilet-onay noktasından uçuş kaydı yaptırabilmektedir. Yolcu sayısının fazla olduğu zamanlarda bilet-onay noktalarındaki uzun kuyruklar yolcular için can sıkıcı olmaktadır. Havayolu şirketi bütün yolcuları tek bir sıraya dizip boşalan bilet-onay noktalarına yolcu çağırma yöntemini mi yoksa her bir bilet-onay noktasında ayrı bir kuyruk oluşturma yöntemini mi kullanmalıdır?

Yukarıdaki problemin çözümüyle ilgili olarak <u>alt problemler oluşturularak</u> simülasyon yöntemiyle bu sorulara cevaplar aranmaktadır. Aşağıda tamamlanmamış problem cümlesini tamamlamak için en uygun seçenek hangisidir?

On tane bilet onay noktasının olduğunu ve yolcuların bu noktalara düzenli aralıklarla ve rastgele miktarda bagajlarla ulaştıklarını düşününüz. Her bir bilet-onay noktası önünde bir kuyruk oluşturulduğu durumda simülasyon yöntemini kullanarak her bir yolcunun ortalama bekleme süresini bulunuz ve bunu ………………… ile karşılaştırınız.

a) Beş bilet-onay noktasının önünde beş farklı sıra oluşturulduğu ve diğer beş bilet onay noktası için kuyruk oluşturulduğu durumda her bir bireyin ortalama bekleme süresi
b) On bilet-onay noktasının tümü için tek bir sıra oluşturulduğu durumda her bir yolcunun ortalama bekleme süresi
c) Bazı bilet-onay noktaları için ayrı ayrı kuyruk ve kalan bilet-onay noktaları için ise tek bir sıra oluşturulduğu durumda her bir yolcunun ortalama bekleme süresi
d) Sekiz bilet-onay noktası için ayrı sıra ve kalan iki bilet-onay noktası için tek bir sıra oluşturulduğu durumda her bir yolcunun ortalama bekleme süresi
e) İki bilet-onay noktası için ayrı ayrı iki kuyruk ve kalan sekiz bilet-onay noktası için tek bir kuyruk oluşturulduğu durumda her bir yolcunun ortalama bekleme süresi

5) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Büyük bir iş merkezinin acil durumlarda tamamen tahliye edilebilme süresi güvenlik merkezi tarafından bilinmelidir. Binanın güvenliği, insanların kolay ulaşımı ve binanın kolay tahliye edilebilirliği gibi konularda birbiriyle çelişen ihtiyaçlar söz konusudur.

Basit bir matematiksel modelde, tek bir odanın olduğu ve bu odada bulunan kişilerin tek sıra halinde dışarı çıkacağı varsayılmaktadır. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bu modelde bulundurulması gereken parametreleri, değişkenleri ve sabitleri içermektedir?

a) Alarm çaldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen insan sayısı; Alarmın çaldığı zaman
b) Tahliye edilecek insan sayısı; Alarm çaldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen insan sayısı
c) *t* sürede tahliye edilen insan sayısı; Acil durumun meydana geldiği zaman; Acil çıkışların genişliği

d) Herkesi tahliye etmek için gereken toplam süre; Tahliye edilen insanlar arasındaki mesafe; Acil çıkış kapılarının genişliği
e) İnsanların oluşturduğu sıranın çıkış (ilerleme) hızı; İlk kişi çıkana kadar geçen süre; İnsanların taşıyacakları özel eşya miktarları

6) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir uçağın herhangi bir havaalanına acil iniş yaptığı durumlarda bu uçağın tahliye edilebilme süresi güvenlik ve acil durum merkezi tarafından bilinmelidir. Uçağın yapımı, güvenliği, giriş ve çıkış kolaylığı gibi noktalarda birbiriyle çelişen ihtiyaçlar söz konusudur.

Basit bir matematiksel modelde, uçağın gövdesinin insanların tek sıra halinde yürüyebilecekleri bir koridor ve bu koridorun her iki tarafında iki sıra koltuk olacak şekilde geniş olduğu varsayılmaktadır. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi bu modelde bulunması gereken parametreleri, değişkenleri ve sabitleri içermektedir?

a) Acil iniş yapıldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen insan sayısı; Acil inişin günün hangi saatinde gerçekleştiği
b) Koltuklarından ayrılan insanların hızı; İlk insan uçaktan ayrılmadan önce kemerleri çözmek için harcanan süre; Acil çıkış kapılarının genişliği
c) *t* sürede tahliye edilen insan sayısı; Acil inişin günün hangi saatinde gerçekleştiği; Acil çıkış kapılarının genişliği
d) Bütün yolcuları tahliye etmek için gereken süre; Uçağı terk eden yolcular arasındaki mesafe; Acil çıkış kapılarının genişliği
e) Uçaktaki insan sayısı; Acil iniş yapıldıktan sonra geçen süre; *t* sürede tahliye edilen insan sayısı

7) Aşağıda verilen durum üzerine düşününüz.

Bir feribot toplam alanı *A* olan bir güverteye sahiptir. Bu feribot güvertesinde kamyon ve otomobil taşımaktadır. Taşınacak her bir otomobil *C* miktarda alan kaplamakta, her bir kamyon ise *L* miktarda alan kaplamaktadır. Her bir otomobil *p* lira öderken her bir kamyon ise *q* lira ödemektedir. Feribotun sahibi en fazla gelir elde edebilmek için, güverteye kaç tane otomobil (*x*) ve kaç adet kamyon (*y*) almasının uygun olacağını bilmek istemektedir.

Aşağıdaki seçeneklerden hangisi kullanılan alana bağlı olarak gelir miktarını gösterir?

a) $yC + xL \leq A$ olmak koşuluyla $xp + yq$

b) $xC + yL \leq A$ olmak koşuluyla $xp + yq$

c) $xC + yL \leq A$ olmak koşuluyla $(x+y)(p+q)$

d) $xC + yL = A$ olmak koşuluyla $xp + yq$

e) $(x+y)(C+L) \leq A$ olmak koşuluyla $(x+y)(p+q)$

8) *Aşağıdaki seçeneklerden hangisi sabit durumdayken hızlanan bir otomobilin zamana (t) bağlı olarak hızını veren en yakın matematiksel ifadedir.*

a) $1-e^{-t}$ b) $(1-t)^2$ c) t

d) $t-t^2$ e) $\dfrac{1}{1+e^{-t}}$

9) *Aşağıdaki seçeneklerden hangisi uzun bir binanın tepesinden bırakılan bir cismin düştüğü mesafeyi zamana (t) bağlı olarak ifade eden en yakın matematiksel ifadedir?*

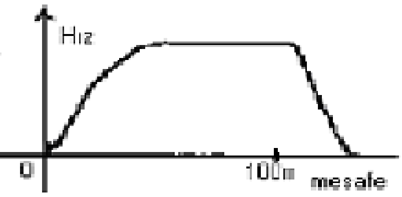
a) $e^{5t}-1$ *b)* $(1-5t)^2$ *c)* $5t$ *d)* $5t^2$ *e)* $\dfrac{1}{1+e^{5t}}$

10) Olimpiyatlarda, bir koşucu 100 metre yarışını kazanıyor, seyircileri selamlıyor ve durarak dev ekranda yarışın tekrarını izliyor.

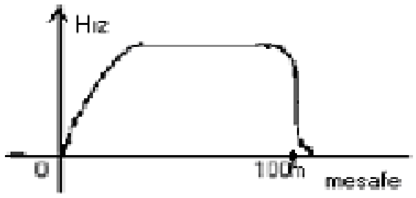
Yukarıdaki durum aşağıdaki gibi kısmen modellenmiştir:

Aşağıdaki grafiklerden hangisi koşulan mesafeye bağlı olarak yarışın başlangıcından koşucunun seyirciyi selamlaması ve yarışın dev ekranda tekrar gösterilmesine kadar olan süreçte koşucunun hızındaki değişimi en iyi gösterir?

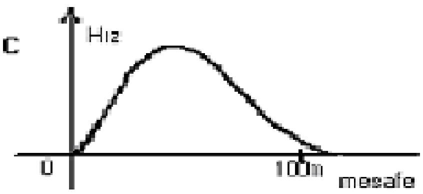
A



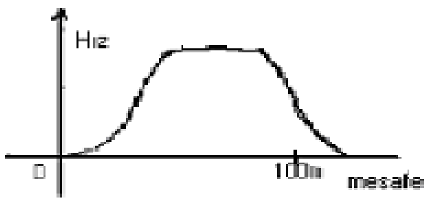
B



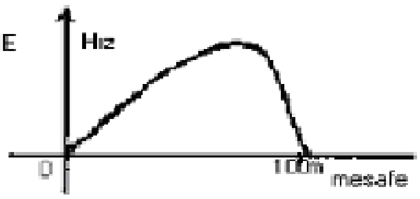
C



D



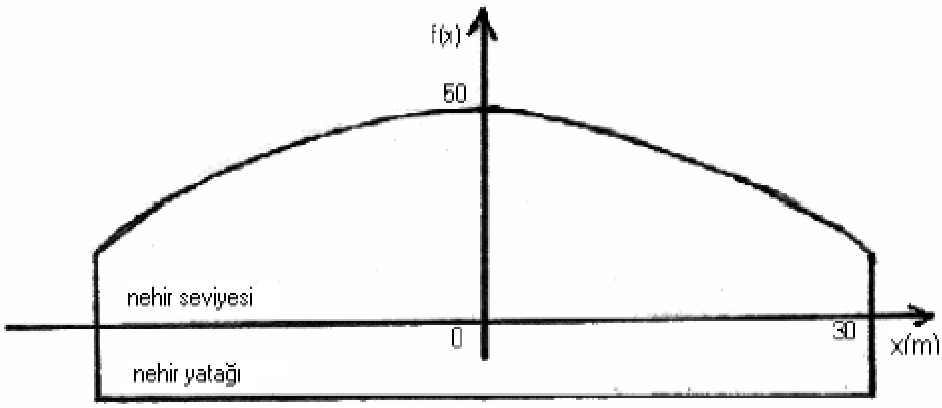
E



11) Geniş bir nehir üzerinde kurulu olan köprü, nehirde taşınacak yüklerin güvenli geçişi için yükseklik ve genişlik sınırlamasına neden olmuştur.

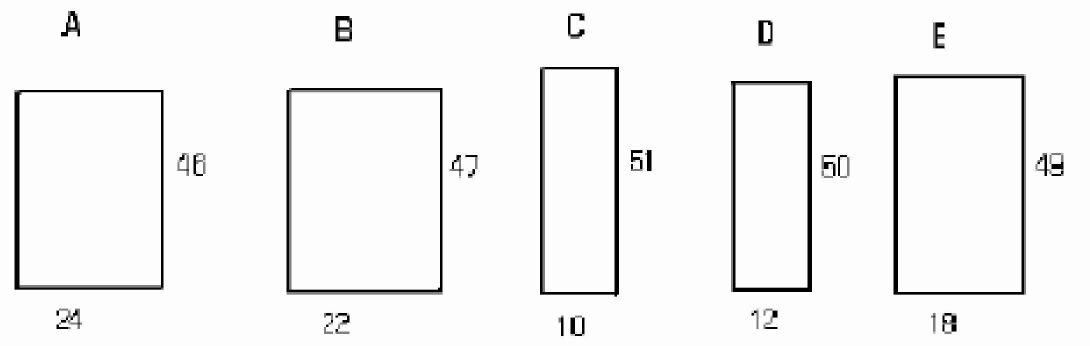
Yukarıdaki durum aşağıdaki gibi kısmen modellenmiştir:

Aşağıda gösterilen simetrik şekilde nehrin genişliği 60 metredir. Köprünün nehir seviyesinden yüksekliği f(x) fonksiyonuyla modellenmiş ve bu fonksiyonun aldığı bazı değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.



x	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f(x)	49.29	48.89	48.40	47.82	47.16	46.40	45.56	44.62	43.60

Aşağıda şekli ve boyutları verilen yüklerden hangisi köprünün altından geçebilir? (Not: Taşıma esnasında yükün tabanının nehir seviyesinden 2 metre aşağıda olduğunu varsayınız.)



EK – 3

Problem Sürecinin Değerlendirilmesindeki Aşamalar ve Açıklamaları

Kodlama	Modelleme Becerilerinin İsimleri ve Açıklamalar
A1	*Verilenleri belirleme ve sadeleştirme (making simplifying assumptions)* Bir problem çözme sürecinde göz önüne alınabilecek bütün varsayımlardan çözüm sürecinde göz önünde bulundurulacak olan en önemlilerini belirleme ve çözüm sürecine katkıda bulunmayacak olan varsayımları göz ardı etme. Problem durumunu sadeleştirerek (şema vs. kullanarak) daha anlaşılır hale getirme
A2	*Hedefi belirginleştirme (clarifying the goal)* Bir problem durumu için düşünülebilecek birçok varsayımdan problem durumunun çözümü hedeflenen kısmı ile ilgili olan varsayımı seçerek hedefi belirginleştirme.
A3	*Problemi formülleştirme* Bir probleme çözüm üretmek için problemi alt problemlere ayırma veya probleme farklı açılardan yaklaşım getirilebilecek şekilde problemle ilgili farklı alt problemler oluşturma
B1	*Değişkenleri, parametreleri ve sabitleri belirleme* Bir gerçek hayat durumunun matematiksel modelini çıkarmak veya bu probleme bir çözüm bulmak için göz önüne alınması gereken değişkenleri, sabitleri ve parametreleri belirleme
B2	*Matematiksel ifadeleri formülleştirme* Problem durumu içerisinde sözel olarak belirtilen matematiksel ifadelerin cebirsel olarak ifade edilmesi ve cebirsel hesaplamaların yapılması.Örneğin "her birinde n tane ürün olan m müşteri için …..'' ifadesinde toplam ürün sayısını veren nxm cebirsel ifadesini yazma ve sonucu bulma
B3	*Bir matematiksel model seçme ve uygulama* Değişkenler, parametreler ve sabitler belirlendikten sonra üzerinde çalışılan problem durumunu ifade edebilecek en uygun matematiksel ifadeyi, fonksiyonu seçme ve bu ifade ile problemin çözümüne ulaşma
C	*Çözümü açıklamada sözel ifadeleri kullanma* Problem durumunu anlama ve çözüm sürecinde matematiksel ifadelerin yanı sıra sözel açıklamalardan yararlanma
D	*Çözümü açıklamak için grafik ve diagram gösterimlerinden yararlanma* Problemin çözümünde grafik ve diagram gösterimlerden yararlanma
E	*Gerçek hayat durumu ile karşılaştırarak kontrol etme* Bulunan çözümün doğruluğunu, yanlışlığını ya da en uygun olup olmadığını gerçek hayat durumu üzerinde test etme ve bunun sonucunda çözüm sürecini tekrar gözden geçirme.

EK – 4

Aşamaları Değerlendirme Formatı

		A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C	D	E
Problem 1	Yok									
	Doğru									
	Eksik									

EK – 5

Problemlerin Teorik ve Uygulamalı Çözümlerinin Karşılaştırmalı Genel Değerlendirme Formatı

	Teorik Çözüm			Uygulamalı Çözüm		
	Doğru (% x)	Kısmen Doğru (% x)	Yanlış (% x)	Doğru (% x)	Kısmen Doğru (% x)	Yanlış (% x)
Grup 1						
Grup 2						
Grup 3						
Grup 4						
Grup 5						