

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FERMİ PROBLEMLERİ İLE ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLEME SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ

SümeYra PEKGÖZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇAKMAK GÜREL

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2023
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FERMİ PROBLEMLERİ İLE ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ

Sümeyra PEKGÖZ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇAKMAK GÜREL

Bu araştırmada, altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerin çevresine göre yakından uzağa doğru tasarlanan Fermi Problemleri (FP) aracılığı ile Matematiksel Modelleme (MM) süreçlerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışma, nitel yaklaşımla tasarlanmış olup durum çalışmasıdır. Araştırmanın örneklemini 2021-2022 eğitim öğretim yılında öğrenim gören bir ortaokulun 26'sı yedinci sınıf, 11'i altıncı sınıf olmak üzere toplamda 37 öğrenci oluşturmaktadır. Öğrencilerin istekleri doğrultusunda sınıf mevcuduna göre üç ila beş kişilik gruplar oluşturulmuştur. Böylece toplamda dokuz farklı grup bulunmaktadır. Bu çalışma 12 hafta /24 ders saatinde grup çalışması ve çözüm sunumu ile tamamlanmıştır. Veriler; öğrenci gruplarına ait çalışma kâğıtları, grup sunum videoları ve ses kayıtları yardımıyla toplanmıştır. Verilerin analizinde MM döngü basamaklarından “*Basitleştirme*” ve “*Matematikselleştirme*” basamakları dikkate alınarak, bu adımlarda ortaya çıkan değişken, model ve kullanılan stratejiler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre öğrenci grupları problemi basitleştirme basamağında deneyim ve bilgilerinden yola çıkarak çeşitli varsayımlarda bulunmuştur. FP'lere ilişkin altıncı ve yedinci sınıf öğrencileri farklı değişkenler belirlemişlerdir. Basitleştirme aşamasına yönelik değişken değerini belirleme stratejilerinde altıncı sınıfların en fazla dış kaynak kullanma, yedinci sınıfların ise dijital araçlar ve önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejilerini kullanma eğiliminde olduğu görülmüştür. Matematikselleştirme basamağına bakıldığında tüm öğrencilerin sözel veya aritmetik olarak ifade edilen matematiksel modeller geliştirdikleri görülmüştür. Model oluşturma stratejilerinde ise yedinci sınıfların her soruda farklı bir stratejiyi kullandıkları görülürken altıncı sınıfların konsantrasyon ölçümü stratejisini kullandığı belirlenmiştir. Öğrencilerin basitleştirme basamağında yedi farklı değişken değerini belirleme stratejisi, matematikselleştirme basamağında ise altı farklı model oluşturma stratejisi kullandığı belirlenmiştir. Ayrıca yakından uzağa doğru tasarlanan problemlerde kullanılan bağlamın öğrencilerin stratejilerini etkileyebileceği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda öğretmenlere ve araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.

2023, 122 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Değişken değerini belirleme stratejisi, Fermi problemleri, Matematiksel modelleme, Model oluşturma stratejileri

ABSTRACT

MSc Thesis

EXPLORING THE SECONDARY SCHOOL STUDENTS' MATHEMATICAL MODELLING PROCESSES WITH FERMI PROBLEMS

Sümeysra PEKGÖZ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mathematics and Science Education

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Zeynep ÇAKMAK GÜREL

In this research, it was aimed to examine the Mathematical Modeling (MM) processes of sixth and seventh grade students through Fermi Problems (FP) designed from near to far according to their environment. The study was designed with a qualitative approach and is a case study. The sample of the research consists of a total of 37 students, 26 of whom are seventh graders and 11 of whom are sixth graders, from a secondary school studying in the 2021-2022 academic year. In line with the requests of the students, groups of three to five people were formed according to the class size. Thus, there are nine different groups in total. This study was completed with group work and solution presentation in 12 weeks / 24 lesson hours. Data; The worksheets of the student groups were collected with the help of group presentation videos and audio recordings. In the analysis of the data, the "Simplification" and "Mathematicalization" steps of the MM cycle were taken into consideration, and the variables, models and strategies used in these steps were analyzed by the content analysis method. According to the findings, student groups made various assumptions based on their experience and knowledge in the step of simplifying the problem. Sixth and seventh grade students identified different variables regarding FPs. In the strategies for determining the variable value for the simplification stage, it was observed that sixth graders tend to use external resources the most, and seventh graders tend to use digital tools and strategies based on previous knowledge and experience. Looking at the mathematization step, it was seen that all students developed mathematical models expressed verbally or arithmetically. In modeling strategies, it was determined that seventh graders used a different strategy in each question, while sixth graders used the concentration measurement strategy. It was determined that the students used seven different variable value determination strategies in the simplification step and six different model building strategies in the mathematization step. In addition, it has been determined that the context used in problems designed from near to far may affect students' strategies. In line with these results, suggestions were made to teachers and researchers.

2023, 122 Pages

Keywords: Strategy for determining variable value, Fermi problems, Mathematical modeling, Model building strategy

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca verdiği desteği, rehberliği ve katkıları için kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇAKMAK GÜREL'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimde derslerine katılarak bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım kıymetli hocalarım, Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR'e, Prof. Dr. Muzaffer OKUR'a, Doç. Dr. Meryem ÖZTURAN SAĞIRLI'ya, Doç. Dr. Fatih BAŞ'a teşekkür ederim. Tez savunmamda yer alarak değerli bilgi ve önerileri ile bu çalışmaya katkıda bulunan Doç. Dr. Kübra POLAT'a teşekkür ederim.

Çalışmanın verilerini elde etmemde sağladıkları desteklerden dolayı değerli meslektaşlarıma ve öğrencilerime teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi yüksek lisans eğitimi sürecimde de desteklerini benden esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sümevra PEKGÖZ

Ağustos, 2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
2.1. Matematiksel Modelleme ile İlgili Çalışmalar	9
2.2. Fermi Problemleri ile İlgili Çalışmalar	11
2.3. Matematiksel Modellemede Fermi Problemlerine İlişkin Çalışmalar	13
3. KURAMSAL TEMELLER.....	19
3.1. Matematik Eğitiminde Fermi Problemleri	19
3.1.1. Fermi Problem tanımı	19
3.1.2. Fermi Probleminin özellikleri	20
3.1.3. Fermi Problem örnekleri	21
3.2. Matematik Eğitiminde Matematiksel Modelleme	22
3.3. Fermi Problemlerine Yönelik Model Oluşturma Stratejileri.....	31
3.4. Fermi Problemleri ve Değişken Değerini Belirleme Stratejileri	33
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	36
4.1. Araştırmanın Modeli	36
4.2. Araştırma Süreci.....	37
4.2.1. Pilot uygulama	37
4.2.2. Esas uygulama	39
4.3. Çalışma Grubu.....	40
4.4. Veri Toplama Araçları.....	41
4.4.1. Çalışma kağıtları.....	41
4.4.2. Ses kayıtları	44
4.4.3. Video kayıtları	45
4.5. Verilerin Analizi.....	45

4.6. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları.....	48
4.7. Araştırmacının Rolü	49
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	51
5.1. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Belirledikleri Değişkenler ve Değişken Belirleme Stratejilerine İlişkin Bulgular	51
5.1.1. FP 1: Yemekhane israfı	51
5.1.2. FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma	58
5.1.3. FP 3: Geri dönüşüm alanı	63
5.1.4. FP 4: Kömür miktarı.....	68
5.2. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Oluşturdıkları Matematiksel Modelleri ve Model Oluşturma Stratejilerine İlişkin Bulgular	73
5.2.1. FP 1: Yemekhane israfı	74
5.2.2. FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma	78
5.2.3. FP 3: Geri dönüşüm alanı	81
5.2.4. FP 4: Kömür miktarı.....	85
5.3. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemleri Yakından Uzağa Doğru Sınıflandırıldığında Matematiksel Modelleme Sürecindeki Stratejilerinin Değişimine İlişkin Bulgular	88
6. SONUÇ ve TARTIŞMA	92
6.1. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Basitleştirme Sürecinde Oluşturdıkları Değişkenler ve Değişken Belirleme Stratejilerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	92
6.2. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Matematikselleştirme Sürecinde Oluşturdıkları Matematiksel Modeller ve Matematiksel Model Oluşturma Stratejilerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	94
6.3. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemleri Öğrencilerin Çevresinden Uzaklaştıkça Değişken Değerini Belirleme ve Model oluşturma Stratejilerinin Değişimine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	96
7. ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR	102

EKLER.....	116
EK-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Çalışmalar	117
EK-2. MEB Araştırma İzni	118
EK-3. Çalışma Kağıdı	119
EK-4. Etik Kurul Kararı	121



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. MM süreci (NCTM, 1989, s. 138)	24
Şekil 3.2. MM süreci (Doerr, 1997, s.268)	24
Şekil 3.3. Blum ve Leiss'e Ait MM Döngüsü (Blum ve Leiss, 2007, s. 131)	26
Şekil 3.4. CCSSM'nin MM Döngüsü (CCSSI, 2010, s.72)	26
Şekil 4. 1. Araştırma deseni.....	36
Şekil 4. 2. Pilot uygulamada veri toplama sürecine ilişkin alıntı.....	38
Şekil 4. 3. Uygulama süreci akış diyagramı.....	39
Şekil 4. 4. FP1'e ait çalışma kağıdı örneği	44
Şekil 5. 1. G1'in günlük yemek israfına ait alıntısı.....	52
Şekil 5. 2. G1'in F1 için çözüm süreçlerinden bir kesit.....	53
Şekil 5. 3. G9 üyelerinin top akasya ağacı hakkında araştırma yaptıkları ana ait alıntı .	61
Şekil 5. 4. G3 üyelerinin sınıf zeminindeki fayansları ölçtükleri ana ait bir alıntı	64
Şekil 5. 5. G6'nın Parsel Sorgu sitesinden ilçe çöplüğünün alanını hesaplamaya çalıştıkları ana ait alıntı	67
Şekil 5. 6. G2'nin FP1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	75
Şekil 5. 7. G3'ün FP1'e ait çözümü	75
Şekil 5. 8. G9'un FP 1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	77
Şekil 5. 9. G4'ün FP1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	78
Şekil 5. 10. G3'ün FP2'ye ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	79
Şekil 5. 11. G9'un FP2'ye ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	81
Şekil 5. 12. G2'nin FP3'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	82
Şekil 5. 13. G4'ün FP 3'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	84
Şekil 5. 14. G1'in FP 4'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	86
Şekil 5. 15. G8'in FP 4'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı.....	88

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3. 1. Matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri	27
Tablo 3. 2. Borromeo Ferri tarafından uyarlanan modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri	28
Tablo 3. 3. Matematiksel Modellemeye ilişkin felsefi bakış açılarının sınıflandırılması	29
Tablo 4. 1. Esas uygulama için oluşturulan gruplar	41
Tablo 4. 2. Basitleştirme ve matematikselleştirme aşamalarına yönelik matematiksel modelleme alt yeterlikleri ve göstergeleri	46
Tablo 4. 3. Değişken değerini belirleme stratejileri	46
Tablo 4. 4. Matematiksel model oluşturma stratejileri	48
Tablo 5. 1. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	52
Tablo 5. 2. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	54
Tablo 5. 3. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	58
Tablo 5. 4. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	59
Tablo 5. 5. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 3'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	63
Tablo 5. 6. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 3'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	65
Tablo 5. 7. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	69
Tablo 5. 8. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri	70
Tablo 5. 9. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri	74
Tablo 5. 10. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri	76
Tablo 5. 11. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri	79
Tablo 5. 12. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri	80

Tablo 5. 13. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 3'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri.....	82
Tablo 5. 14. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 3'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri.....	83
Tablo 5. 15. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri.....	85
Tablo 5. 16. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri.....	86
Tablo 5. 17. 6. Sınıf öğrencilerinin FP1'den FP4'e doğru değişken sayısı, tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejileri	89
Tablo 5. 18. 7. Sınıf öğrencilerinin FP1'den FP4'e doğru değişken sayısı, tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejileri	90
Tablo 5. 19. 6. ve 7. Sınıf öğrencilerinin FP1'den FP 4'e doğru model oluşturma stratejileri.....	91

KISALTMALAR

Kısaltmalar

FP	Fermi Problemi
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MM	Matematiksel Modelleme
NCTM	Matematik Öğretmenleri Ulusal Konseyi



1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, çalışmanın amacı ve araştırma soruları, önemi, varsayımları, sınırlılıkları ve çalışma ile ilgili tanımlar verilmiştir.

Problem Durumu

Mevcut eğitim programında öğrencilerden, sorgulama ve eleştirel düşünme becerilerini kullanarak karşılaştıkları gerçek hayat problemleriyle başa çıkabilmeleri beklenmektedir (MEB, 2009; MEB, 2018). Bu nedenle öğrenciler tahmin etme, varsayımda bulunma ve eleştirel düşünme becerilerini işe koşarak gerçek hayat problemlerini çözmenin farklı yollarını sınıfta keşfetme fırsatına sahip olmalıdır (Taggart vd., 2007). Gerçek hayat durum ve problemlerini çözmede matematiksel modelleme becerisi önemli bir rol oynamaktadır (Lesh ve Doerr, 2003).

1960'lardan itibaren Matematiksel Modelleme (MM) matematik eğitiminde sürekli gelişen bir araştırma konusu olmuştur (Blum vd., 1995). Türkiye'de ise 2017 ortaokul matematik dersi öğretim programı ile temel beceriler arasında yer almıştır (MEB, 2017). Matematiksel bir model matematik ve gerçeklik arasında bir dizi bağlantı kuran anlamlı yapılar ve temsillerdir (Starfield vd., 1994). Matematiksel modelleme ise, gerçek hayat problemlerini çözmede matematiksel stratejileri kullanmanın etkili bir yoludur (Berry ve Houston, 1995). Haines ve Crouch (2007), matematiksel modellemeyi, gerçek dünya problemlerinin soyutlanması, matematikselleştirilmesi, çözülmesi ve çözümlerin değerlendirilmesini içeren döngüsel bir süreç olarak tanımlamışlardır. Bu süreç altı aşamayı içerir. Bunlar: gerçek dünya probleminin ifade edilmesi, modelin oluşturulması, modelin çözülmesi, çözümün yorumlanması, çözümün değerlendirilmesi ve döngünün tekrar edilmesi ile modelin iyileştirilmesi şeklindedir. Bu tanımdan hareketle matematiksel bir model oluşturma süreci literatürde döngüsel bir süreç olarak temsil edilir (Cai vd., 2014). MM sürecinin döngüsel bir temsili NCTM tarafından da ortaya konulmuştur (NCTM, 1989). Bu bağlamda başarılı bir modelleme için beş aşama belirlenmiştir. Bu aşamalar, (i)gerçek dünyadaki problem durumunun basitleştirilmiş ve tanımlanmış bir versiyonu, (ii) matematiksel model inşa etme, (iii) modeli çözme, (iv) modeli değerlendirme ve (v) modeli onaylama olarak belirtilmiştir (NCTM, 1989). Eğer

modeldeki sonuç mevcut sorunu yanıtlamazsa modelleyici matematiksel geri dönerek göreve tekrar başlamalıdır.

Son yirmi yılda yapılan birçok çalışma öğrencilerin gerçek dünya problemlerini çözmede yaşadıkları zorlukları vurgulamaktadır (Galbraith ve Stillman, 2006; Peter-Koop, 2005). MM ile ilgili alanyazın (Blum ve Leiss, 2007; Borromeo Ferri, 2006) incelendiğinde, öğrencilerin MM sürecinde kullandıkları varsayım ve değişkenlerin neler olduğu, hangi modelleri ortaya koydukları, model oluşturmada hangi matematiksel kavram, kural ve genellemeleri kullandıkları ve modelin doğruluğunu test ederek günlük hayata nasıl yorumladıklarına ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde; öğrencilerin, matematiksel modelleme döngüsünün tüm aşamalarında (Galbraith ve Stillman, 2006) problem yaşadıkları görülmüştür. Bazı çalışmalarda (Blum ve Leiss, 2007; Blum ve Borromeo Ferri 2009; Borromeo-Ferri, 2010) özellikle gerçek dünyadan matematik dünyasına geçişte öğrencilerin sıkıntı yaşadıkları tespit edilmiştir. Tüm bu zorlukların giderilmesi için çeşitli çözüm yolları üretilmektedir.

Küçük yaşlarda matematiksel modellemenin öğretimi adına Fermi problemlerinin (FP) kullanımı alanyazında önemli bir yer tutmaktadır. Ärlebäck'e (2009) göre Fermi Problemleri, öğrencilerin basit hesaplamalarla çözüme başlamadan önce varsayımlarda bulunarak sistematik tahminlerde bulunmalarını gerektiren açık uçlu, rutin olmayan problemlerdir. Matematik eğitiminde Fermi problemlerinden temel olarak iki şekilde bahsedilmiştir: Tahmin ve modelleme (Ärlebäck ve Bergsten, 2010). FP, öğrencileri tahmin yapmaya yönlendirirken bir olguyu modelleme sürecini de teşvik eder (Albarracín ve Gorgorió, 2013; Robinson, 2008). Açık uçlu ve gerçek hayatla ilgili olduğundan dolayı FP'nin basitleştirmede ve model oluşturmada etkili olduğu yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir (Albarracín ve Gorgorió 2014; Ärlebäck ve Bergsten, 2010). Robinson (2008), bir Fermi problemini çözmek için öğrencilerin bir model sentezlemeleri, fiziksel ilkeleri incelemeleri, diğer kısıtlamaları belirlemeleri, modelin ne kadar basit olabileceğine karar vermeleri gerektiğini savunur. Kısaca bir Fermi probleminde tahmin edilecek durum basitleştirilip matematikselleştirilir (Gallart vd., 2017). Bu aşamalar ise NCTM (1989)'in belirttiği matematiksel modelleme döngüsünde yer alan basitleştirme, matematiksel model oluşturma, modeli çözme, modeli değerlendirme ve modeli onaylama aşamalarından ilk iki aşamaya karşılık gelmektedir.

Tüm bunlar Fermi problemlerinin özellikle MM sürecinin ilk iki aşamasının gelişimi adına önemli olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada da öncelikle Fermi problemlerinin uygulandığı 6. ve 7. sınıf ortamlarında ortaokul öğrencilerinin matematiksel modelleme süreci kapsamında basitleştirme ve matematikselleştirme becerilerinin derinlenmesine incelenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda öğrencilerin çevresine daha yakın olan fermi problemlerinden daha uzak olan fermi problemlerine doğru öğrencilerin modelleme becerilerinin değişiminin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Örneğin okul bahçesine sığabilecek insan sayısı ile ilçedeki stadyuma sığabilecek insan sayısının sorulduğu iki problemten okul bahçesini kapsayan problem öğrencilerin çevresine daha yakinken stadyum problemi öğrencilere daha uzak bir çevreyi içermektedir. Bu kapsamda yakınlık ve uzaklık açısından problemin bağlamı dikkate alınmaktadır. Buradan hareketle mevcut çalışmada öğrencilerin modelleme becerileri (basitleştirme ve matematikselleştirme özelinde) hem sınıf seviyesi hem de problem durumunun öğrencilerin çevresine yakınlığı açısından incelenmiştir. FP'ne dayalı MM, öğrencilerin matematiğe karşı yeni bir bakış açısı kazanmalarını ve problemin farklı bağlamlarda nasıl çözülebileceğini görmelerini sağlar (Albarracin ve Gorgorió, 2012). Yakından uzağa doğru tasarlanan fermi problemi bağlamlarında öğrencilerin modelleme becerilerini incelemek bu becerilere ilişkin daha ayrıntılı bilgi edinmemize olanak sağlayacaktır. Böylece bu çalışmanın matematiksel modelleme becerilerini geliştirmek isteyen öğretmenler için süreci yönetebilmek ve problemlerde kullanılabilecek stratejileri önceden bilmek adına önemli ipuçları sunacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Bu çalışmanın iki amacı vardır. Birincisi altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin Fermi problemleri ile MM süreci kapsamında yer alan basitleştirme ve matematikselleştirme becerilerinin derinlenmesine incelenmesidir. İkincisi ise öğrencilerin çevresine göre yakından uzağa doğru tasarlanan Fermi problemlerinin modelleme sürecindeki stratejilere etkisinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaçlar doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır.

1. Ortaokul 6. ve 7.sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken basitleştirme sürecinde oluşturdukları değişkenler ve kullandıkları stratejiler nelerdir?
 - a. Öğrencilerin belirledikleri değişkenler ve tahminler nelerdir?
 - b. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri nelerdir?
2. Ortaokul 6. ve 7.sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken matematikselleştirme sürecinde oluşturdukları modeller ve kullandıkları stratejiler nelerdir?
 - a. Öğrencilerin belirledikleri matematiksel modeller nelerdir?
 - b. Öğrencilerin matematiksel model oluşturma stratejileri nelerdir?
3. Fermi problemleri öğrencilerin çevresinden uzaklaştıkça değişken değerini belirleme ve model oluşturma stratejileri nasıl değişmektedir?
 - a. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri nasıl değişmektedir?
 - b. Öğrencilerin matematiksel model oluşturma stratejileri nasıl değişmektedir?

Çalışmanın Önemi

FP varsayımlardan yola çıkarak çözülen ve tek bir doğru sonucu bulunmayan, öğrencileri sorgulamaya, düşünmeye ve yaratıcılığa iten sorulardır. Ärlebäck'e (2009) göre FP öğretimde kullanım için kolaydır. Hazırlık süresi öğretmen adına ihtiyaç duyulan minimum düzeydedir ve etkinlik 20-30 dakikadan fazla zaman gerektirmez. Öğretmenlere sağladığı bu kolaylık ve öğrencilere kazandıracağı becerilerden dolayı Fermi problemlerinin araştırılması ve öğretime entegre edilmesi önemlidir.

FP'nin uygulanmasındaki amaç, öğrencilerin çok yönlü ve eleştirel düşünmesini sağlamaktır (Efthimiou ve Llewellyn, 2007; Sriraman ve Lesh, 2006; Sriraman ve Knott, 2009). MM'ye dayalı FP öğrencilere matematiğe karşı farklı bir bakış açısı kazandırır (Albarracin ve Gorgorió, 2012). Bu bağlamda, matematik dersine olan ilgiyi ve motivasyonu artırmak için bu problem türünün kullanılması yerinde olacaktır. Böylece, öğrencilerin matematiğin eğlenceli tarafını görebilecekleri ve yalnızca doğru sonuçlara ulaşmaktan ibaret olmadığının farkına varabilecekleri söylenebilir.

FP doğrudan günlük çevre ile ilgilidir: bir şehirdeki piyano akortçularının sayısı veya bardaktaki kum tanelerinin sayısı gibi. Ayrıca FP su tüketimi tahminlerini içeren, benzin

tüketimi, yiyecek israfı, üretilen çöp miktarı vb. konusunda artan bir farkındalık oluşturma potansiyeline sahiptir. Örneğin çevre ile ilgili ekolojik sorunlar yaşandığında eleştirel düşünceyi teşvik etmenin yanı sıra farklı hükümet ve kurumsal kaynaklar ile hesaplamaların doğruluğunu kontrol etmeyi sağlar (Sriraman ve Knott, 2009). Bu tarz gerçek durumların ders ortamına aktarılması gelecek nesillerin günlük yaşamda karşılaştıkları birçok durumu çözüme kavuşturabilmesi adına oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu sayede hem öğrencilerin geleceğe daha iyi hazırlanması sağlanmış olacak hem de “Matematik günlük hayatımızda ne işimize yarayacak?” soruları cevaplanmış olacaktır.

Literatürde MM sürecini belirlemeyi amaçlayan birçok çalışma mevcuttur (ör. Blum ve Leiss, 2007; Deniz ve Keşan, 2022; Duran, Doruk ve Kaplan, 2016; Haines ve Crouch, 2010; Matsuzaki, 2011). Ayrıca FP kullanarak MM yeterliklerini ortaya koyan çalışmaların da olduğu belirlenmiştir (ör. Albarracín ve Gorgorió, 2014; Ärlebäck, 2009; Efthimiou ve Llewellyn, 2007; Peter-Koop, 2004). MM çalışmalarının veri toplama sürecinde Fermi problemlerinin kullanılması, öğretmenlerin ve öğrencilerin FP ile ilgili bilgi sahibi olmalarını ve eğitim öğretim süreçlerinde nasıl kullanılacağına ilişkin fikir edinmelerini sağlayabilmesi açısından önem taşıdığı söylenebilir. Bu çalışma MM sürecinde FP’nin kullanımı konusunda detaylı bilgi sunarak yaygınlaştırılmasına hizmet edebilir.

Son zamanlarda matematiksel modelleme yeterliklerinin nasıl geliştirileceği sorusuna araştırmacılar tarafından yoğun ilgi gösterilmektedir. Bazı araştırmacılar FP’ye dayalı araştırmalarında problem bağlamının öğrencilerin modellemelerini etkilediğini görmüşlerdir (Albarracín ve Gorgorió, 2014). Bu çalışmanın da bağlam faktörünü yakından uzağa doğru dikkate almasının alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

MM Türkiye’de 2017 ortaokul matematik dersi öğretim programı ile temel beceriler arasında yer almıştır (MEB, 2017). Öğretim programında bulunan MM becerisinin ortaokul öğrencilerine kazandırılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın ortaokul öğrencileriyle gerçekleştirilmiş olması çalışmayı önemli kılmaktadır.

Çalışmada öğrencinin çevresine yakınlığı göz önüne alınarak hazırlanan FP’lerinde ortaokul 6 ve 7.sınıf öğrencilerinin MM süreçleri incelenmiştir. Literatürdeki bazı

çalışmalarda sınıf seviyeleri (Albarracin ve Gorgorio, 2012a; Albarracin ve Gorgorio, 2013; Ferrando ve Albarracin, 2019), bazı çalışmalarda ise problemlerin bağlamı (Albarracin ve Gorgorio; 2013b; Albarracin ve Arleback, 2022; Arıcan, 2022) gözönüne alınarak FP çözüm süreçleri incelenmiştir. Bu çalışmada hem sınıf seviyesi hem de bağlam birlikte incelenmesi farklılıkların veya benzerliklerin ortaya konulması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca sınıf seviyelerinin karşılaştırılması FP'nin hangi sınıf seviyesinde kullanılması gerektiği konusunda bir fikir sunabilir. Öte yandan yakından uzağa doğru tasarlanan problem bağlamlarından hangisi/hangilerinin kullanım için uygun olduğu görülebilir.

Mevcut programda Fermi problemlerine yer verilmemekte olup araştırma sonuçlarının matematik eğitime katkı sağlayacağı ve öğretim uygulaması için bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

Varsayımlar

Araştırmada;

1. 6. ve 7. Sınıf öğrencileri arasında FP çözümlerine dair herhangi bir bilgi alışverişı olmadığı,
2. Öğrencilerin FP'lere bilinçli ve samimi olarak cevap verdikleri,
3. Öğrencilerin uygulama süreci boyunca verilen FP durumlarına aynı düzeyde ilgi gösterdikleri,
4. Araştırmacının uygulama sürecinde hem araştırmacı hem de öğretmen rolünü tarafsız ve öğrenmenin doğasına uygun olarak gerçekleştirdiği varsayılmıştır.

Sınırlıklar

Bu araştırma;

1. Tüm ortaokul sınıf düzeylerini içermeyip 6. ve 7. sınıf ortaokul öğrencileri ile sınırlandırılmıştır.

2. Çalışmada kullanılan dört adet FP geliştirilirken öğrencilerin okul çevresine yakınlığı ve uzaklığı dikkate alınmıştır. Bu nedenle yakınlık ve uzaklık problemleri okul çevresi ile sınırlıdır.

Tanımlar

Basitleştirme: durumu etkileyen değişkenleri belirleyerek ve bu değişkenleri tahmin ederek verilen durumu matematiksel bir probleme dönüştürme anlamına gelmektedir.

Matematiksel model oluşturma: Değişkenler arasındaki ilişkileri eşitlik, oran orantı, denklem gibi matematiksel bir bağlam ile ifade etmektir. Matematiksel bağlam sunulurken metin, tablo, formül gibi farklı temsil biçimleri kullanılabilir.

Fermi Problemi: Mantıklı akıl yürütme ve tahminler ile tutarlı varsayımlar kullanarak gerçek değere oldukça yakın sonuçlar bulmayı gerektiren açık uçlu problemlerdir (Ärleback, 2009; Ärleback ve Bergsten, 2010; Ross ve Ross, 1986).

Matematiksel Model: Gerçek dünyanın matematiksel bir temsidir (Greefrath ve Vorhölter, 2016). Bu araştırmadaki FP durumları dikkate alındığında; matematiksel model, verilen bir durum ya da problemle ilgili iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin matematiksel bir temsili (Berry ve Houston, 1995) olarak tanımlanabilir.

Matematiksel Modelleme: Matematiksel model oluşturma süreci olarak tanımlanmakta olup; Blum ve Borromeo Ferri (2009)'ye göre, gerçek dünya ve matematik dünyası arasında çift yönlü dönüşüm sürecidir. Bir süreç olması sebebiyle alanyazında matematiksel modelleme süreci olarak da isimlendirilmektedir.

Matematiksel modelleme yeterliği: Maaß (2006)'e göre matematiksel modelleme yeterliği kişiyi harekete geçirecek duyuşsal yeterliklerle birlikte uygun ve amaca yönelik olarak matematiksel modelleme sürecini gerçekleştirmek için gerekli yetenek ve becerilerin tümüdür. Bu araştırmada Maaß (2006) tarafından uyarlanan matematiksel modelleme yeterlikleri (basitleştirme ve matematikselleştirme özelinde) temel alınmıştır.

Değişken belirleme stratejisi: Durumu etkileyen değişkenleri belirleme ve tahmin etmede yardımcı olan yol veya yöntemler olarak tanımlanabilir.

Model oluşturma stratejisi: Modelleme sürecinde matematiksel modelin oluşturulmasında yardımcı olan yol veya yöntemlerdir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde öncelikle eğitim literatüründe ulaşılan MM süreci üzerine yoğunlaşan MM ile ilgili çalışmalara, sonra FP ile ilgili çalışmalara ve son olarak da Matematiksel Modellemede Fermi Problemlerine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Matematiksel Modelleme ile İlgili Çalışmalar

Ulusal alanda araştırmaların büyük bir kısmının öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde yapıldığı görülmektedir (Aydın Güç, 2015; Bal ve Doğanay, 2014; Başkan Takaoğlu, 2015; Bukova Güzel, 2011; Çakmak, 2018; Çiltaş ve Işık, 2013; Doruk vd., 2016; Duran vd., 2016; Eraslan, 2012; Güler ve Temizyürek, 2015; Hıdıroğlu ve Bukova Güzel, 2015; İncikabı, 2020; Kertil, 2008; Keskin, 2008; Kol, 2014; Korkmaz, 2010; Özer ve Bukova Güzel, 2020; Tanju, 2020; Taşpınar Şener, 2017; Tekin Dede vd., 2017; Toy, 2019; Tuna vd., 2013; Ural ve Ülper, 2013; Ural, 2014; Yenmez, 2017). Ancak okul ortamlarına girip öğrencilerle tanıştırılması gereken matematiksel modelleme çalışmalarının öğrencilere yönelik de olmasının önemli olduğu düşünülmektedir. İlköğretim ve ortaöğretim öğrencileri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde ise öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinde problemler yaşadıkları görülmektedir (Albarracin ve Gorgorió, 2011; Baran Bulut ve Türker, 2022; Blum ve Leiss, 2007; Galbraith ve Stillman, 2001; Leiss ve Blum, 2010; Maaß, 2006; Sönmez, 2016; Şahin ve Ersan, 2016; Tutkun ve Kabar, 2018).

Matematik eğitiminde modelleme süreçlerinin döngüsel bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir (Blum ve Leiss, 2007; Borromeo Ferri, 2006; Doerr ve English, 2003; Galbraith ve Stillman, 2006; Kaiser ve Stender, 2013; Maaß, 2006). Galbraith ve Stillman (2001), modelleme döngüsünün farklı aşamalarında öğrencilerin sıklıkla gerçek yaşam durumuna, varsayımlarda bulunmaya ve modelleme durumunun içeriğine geri döndüğünü tespit etmiştir. Blum ve Leiss (2007), öğrencilerin tipik bir stratejisi olan “durumu anlamazsan, verilenleri bir şekilde kullan” şeklindeki düşüncelerinden yola çıkarak, gerçek hayat durumunu anlamadan süreçte ilerlediklerini tespit etmişlerdir. Benzer olarak Şahin ve Eraslan (2016) da öğrencilerin modelleme durumunu tam anlamıyla anlamadan matematiksel işlemlere geçtiklerini belirlemiştir.

Ancak öğrenciler modelleme döngüsünde sürece devam etseler de ilerlemede problemler yaşamaktadır (Blum ve Leiss, 2007). Leiss ve Blum (2010) bu durumu öğrencilerin yeterli bir durum modeli oluşturmalarının modelleme döngüsünde ilerlemelerinde etkili olduğu ve böylece durum modelini yeteri kadar basitleştirip, yapılandıramayan öğrencilerin modelleme döngüsünde ilerlemelerini de olumsuz yönde etkilediği şeklinde açıklamıştır. Blum ve Leiss (2007) dokuzuncu sınıf öğrencileri ile yaptığı çalışmada, hiçbir öğrencinin çözümünü geliştirmeye çalışmadığını ve herhangi bir sonuca ulaştıklarında süreci tamamladıklarını tespit etmiştir.

Maaß (2006), 7. sınıf öğrencileri ile matematiksel modellemeye yönelik 15 ay süren bir çalışmada grup çalışmaları, bireysel çalışmalar ve sınıf tartışmalarını içeren bir öğrenme ortamı tasarlamıştır. Verilerin toplanmasında modelleme etkinlikleri, testler, üstbilişsel modelleme yeterliklerini araştırmak için ise kavram haritaları ve görüşmeler kullanılmıştır. Bazı öğrencilerin yanlış varsayımlarda bulundukları, durumu yeteri kadar matematikselleştiremedikleri, hesaplamanın zor olduğu durumlarda modellemeyi sonuçsuz bıraktıkları belirlenmiştir.

Yedinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme etkinlikleri aracılığıyla finansal karar vermede matematikselleştirme becerilerini nasıl kullandıklarını araştırmak isteyen Sönmez (2016), matematik notu 80 ve üzeri olan altı öğrenci ile çalışma gerçekleştirmiştir. Katılımcıların üçerli gruplar halinde beş etkinlik üzerinde çalışmaları sağlanmıştır. Araştırmanın sonuçları öğrencilerin genellikle prosedür ve işlemleri doğru uygulamalarına rağmen kavramlar arasında ilişki kuramamaktan dolayı bazen hata yaptıklarını göstermiştir. Öğrencilerin büyük kısmı orantısal düşünme ile ilgili problemleri çözerken gerçek yaşam koşullarını dikkate almamışlardır. Gelecek araştırmalarda farklı başarı grupları ve yaş seviyelerini içeren çalışmaların uygulanarak karşılaştırmalar yapılması önerilmiştir.

Tutkun ve Kabar (2018) ortaokul öğrencilerinin modelleme sürecini inceledikleri çalışmalarında istenilen çözüme ulaştıktan sonra öğrencilerin elde etmiş oldukları matematiksel çıktıları gerçek yaşama göre yorumlamadıklarını ve sonuçlarının doğruluğunu kontrol etmediklerini belirlemişlerdir.

Baran vd. (2022) ortaokul öğrencilerinin üslû ifadeler konusunda modelleme yeterliklerini inceledikleri çalışmalarında genellikle modelleme basamaklarında başarılı olan öğrencilerin yorumlama ve doğrulama basamaklarında düşük performans gösterdiklerini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda öğrencilerin gerçek dünya ile matematik arasında bağlantı kurma ve gerçekliği sadeleştirip matematiksel olarak ifade etmede bazı zorluklar yaşamalarının matematiksel modelleme süreçlerindeki deneyim eksikliklerinden kaynaklandığı düşünüldükçe öğretim programındaki kazanımları içeren matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanımı ve uygulama çeşitliliğinin artırılmasına ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen kaynaklar ışığında öğrencilerin modelleme sürecinde problemler yaşadıkları belirlenmiştir. Bu konuya ilişkin Tutkun ve Kabar (2018) da araştırmacılara Türkiye'nin farklı gelişmişlik düzeyine sahip bölgelerinde ve farklı sınıf düzeylerinde öğrenim gören öğrencilerin modelleme süreçlerini inceleyen çalışmalar yapmaları konusunda önerilerde bulunmuşlardır. Bu çalışma da söz konusu alanla ilgili boşluğu doldurmaya yönelik katkıda bulunmayı hedeflemiştir.

2.2. Fermi Problemleri ile İlgili Çalışmalar

FP doğası gereği, tüketilen içme suyu, benzin veya atılan gıda maddelerinin miktarı gibi tahmin edilmesi farklı sosyal ilgi konuları ve ekolojik sorun türlerini kolayca problem içine dahil edebilmektedir (Sriraman ve Knott, 2009). Bu nedenle Fermi problemleri matematik ve diğer okul konuları arasında köprü kurarak bunları birbirine bağlayan disiplinler arası görevler olarak sunulabilir (Sriraman ve Lesh, 2006). Ärleback ve Albarracin (2019) Fermi problemlerinin kullanımına ve potansiyeline odaklanan bir literatür taraması gerçekleştirmiştir. İncelenen tüm makalelerde FP kullanımının tahmin becerisi, eleştirel düşünme becerisi, veri toplama ve analiz etme becerisi, motivasyon ve yaratıcılık üzerinde etkisi olduğu yönünde nitel ve nicel bulgulara rastlanmıştır. Örneğin;

Er (2022) 7. sınıf öğrencilerinin ölçüsel tahmin becerilerini geliştirmek için Fermi problemlerine dayalı bir eylem araştırması gerçekleştirmiştir. FP'lere dayalı öğretim uygulamalarının yedinci sınıf öğrencilerinin ölçüsel tahmin becerilerinin gelişimi üzerinde önemli ve olumlu bir etkisi olduğu görülmüştür.

Bani-Hamad ve Alzubaidi (2021) ortaöğretim öğrencilerinin fizik öğretimindeki eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde tersyüz etkinlikleri ve Fermi problemlerinin etkisini araştırmıştır. Bulgular, eleştirel düşünme becerileri testinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu (deney grubu lehine) göstermiştir. Bu sonuç, ters yüz edilmiş öğrenme teknikleriyle Fermi problem çözmenin ortaöğretim öğrencileri arasında eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Albarracin ve Ärlebäck (2022a) ise sınıf öğretmeni adaylarının Fermi problem çözümlerini Fermi Problemi Etkinlik Şablonu (FPAT) ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar, üretilen FPAT'lerin neredeyse yarısının prensipte sorunları çözdüğünü, ancak sadece üç çözümün pratik olarak uygulanabilirlik açısından yeterli ayrıntıyı sağladığı görülmüştür. Yine aynı yıl Albarracin ve Ärlebäck (2022b) Fermi Problem Çözme Şemaları (ERPF) ile bir FP'nin olası çözümlerini karakterize ettikleri bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bir FP çözümünde gerekçeli tahmin, deney, güvenilir kaynaklardan veri toplama ve bu verileri istatistiksel olarak işleme gibi dört temel faaliyete gereksinim olduğunu belirtmişlerdir.

Abay ve Filiz (2020) ilkokul 4.sınıf öğrencilerinde Fermi problemlerinin matematik dersi motivasyonuna etkisini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, geleneksel yöntemler ile matematik dersini yürüten kontrol grubunun matematiksel motivasyonunda değişme olmazken, deney grubunun matematiksel motivasyonunun yükseldiği görülmüştür. Bu nedenle fermi problemlerinin matematik derslerinde kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Okamoto (2022) Fermi probleminde yaratıcılığı ölçmek için bilgi teorisini uygulayan bir formül önermiş ve yapısal eşitlik modellemesi kullanarak incelemiştir. Araştırma sonunda Fermi problemindeki yaratıcılık ile psikolojideki yaratıcılık arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.

Sonuç olarak FP kullanımının motivasyon, tahmin becerisi, eleştirel düşünme becerisi, veri toplama ve analiz etme becerisi üzerindeki etkisi göz önüne alınarak matematiksel modelleme becerilerine katkısı açısından kullanımı merak edilmektedir.

2.3. Matematiksel Modellemede Fermi Problemlerine İlişkin Çalışmalar

Alanyazında MM çalışmalarındaki FP'lerinin kullanım amaçları incelendiğinde modellemeye yönelik müfredatı, matematiksel modellemeyi tanıtmayı, matematiksel modelleme sürecini, matematiksel modelleme becerilerini, matematiksel modelleme stratejilerini ve bağlamın etkisini konu alan çalışmalar olduğu görülmüştür. Aynı konu alanına sahip çalışmalar gruplandırılmış ve zaman sırasına göre toplamda otuz dört adet çalışma içeriği aşağıda sunulmuştur.

Eğitim müfredatını konu alan üç adet çalışmaya ulaşılmıştır. Beerli (2003) 7.sınıftan 9.sınıfa kadar olan eğitim kademesindeki öğrenciler için bir İsviçre öğretim materyali (ders kitabı) hazırlayarak matematikselleştirme, modelleme ve problem çözmeyle gerçeğe bağlamada aracı bir yol olarak Fermi problemlerini tematik bir şekilde kullanmıştır. Fermi problemlerini değerlendirmede etkili bir şekilde kullanmayı önermiştir. Ärlebäck ve Albarracın (2017) literatürde bulunan Fermi problemlerine ait üç tanımın gerçekçi veya uygulamalı modelleme, bağlamsal modelleme, eğitimsel modelleme (eğitici veya kavramsal), sosyo-eleştirel modelleme, epistemolojik veya teorik modelleme ve bilişsel modelleme ile nasıl uyumlu olduğunu ve potansiyel olarak neler sunmaları gerektiğini tartışmıştır. Bulgular, tanımların bazı benzerlikler paylaştığını, ancak araştırma literatüründe Fermi problemlerinin özelliklerinin ne olduğu konusunda bir fikir birliği olmadığını göstermiştir. Modelleme perspektifinden bakıldığında, ilk incelenen Fermi probleminin kavramsallaştırmasının bağlamsal modelleme ve eğitimsel modellemenin her iki koluyla doğrudan uyumlu olduğu bulunmuştur. Greefrath ve Frenken (2021) Fermi problemlerinin Alman 8.sınıf eğitim programının hangi kriterlerini sağladığını araştırmıştır. Çalışmada Fermi probleminin özel bir modelleme görevi olarak görülebileceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte FP'nin gerekli matematiksel büyüklükler açısından geniş bir zorluk yelpazesine sahip olup otantik durumları test problemlerine dahil etmede iyi bir yol olduğu belirtilmiştir. Bu noktada iki çalışmanın da FP'nin eğitim müfredatındaki kullanımını desteklediği görülmektedir.

MM'yi tanıtmayı konu alan yedi adet çalışmaya ulaşılmıştır. Peter Koop (2005) ilköğrencilerini matematiksel modellemeye teşvik etmek için Fermi problemlerini kullanmıştır. Peter-Koop (2009) ise üçüncü ve dördüncü sınıflarla yapılan sınıf içi bir

çalışmada FP kullanmıştır. Araştırma sonucunda, öğrencilerin problemleri birkaç farklı yolla çözdükleri, çözümlere ulaşmak için yeni matematiksel bilgiler geliştirdikleri ve uygulama öncesinde MM yapamazken uygulama sonrasında MM başarısında artış olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonunda öğrencilerin bir sorunun birden fazla çözüm yolu olabileceğini gördükleri belirtilmiştir. Ärleback (2009), lise öğrencilerine matematiksel modellemeyi tanıtmak için Schoenfeld'in ayrıştırma protokolü kodlama şemasından uyarlanan MAD (Modeling Activity Diagram) çerçevesi olarak bilinen analitik bir araç kullanmıştır. Fermi problemlerini çözmekle uğraşan üç öğrenci grubunun çalışmaları bu çerçeve kullanılarak analiz edilmiş ve tipik bir MM döngüsünde yer alan süreçlerin, grupların çözme süreçlerinde zengin bir şekilde temsil edildiği gözlemlenmiştir. Albarracín ve Gorgorio (2011) orta okul sınıflarında matematiksel modellemeyi tanıtmak için bir fırsat olarak Ulaşılamaz Büyüklüklerin Tahmin Problemlerini (PEMNA) kullanmıştır. Elde edilen verilerden ortaokul öğrencilerinin bu tür problemlerle yüzleşmek için yeterli matematiksel bilgiye sahip oldukları ve modelleme süreçlerini kullanarak çözmeye çalışabilecekleri sonucuna varmışlardır. Arleback (2011) CERME7 konferansında sunduğu çalışmada grupların FP çözme sürecini Didaktik Antropolojik Teori açısından incelemiştir. Süreç içerisinde öğrenci gruplarının hangi alt problemleri ele aldıkları araştırılmıştır. Ärleback (2011), Fermi problemleriyle çalışmanın sınıflarda modellemeyi tanıtmak için yararlı olabileceğini belirtmiştir. Benzer şekilde Pla-Castells ve Ferrando (2019) da ilkökul öğrencilerine modellemeyi tanıtmada Fermi problemlerini kullanmıştır. Ölçek küçültme-yükseltme tekniği kullanarak ilkökul 2.sınıf öğrencilerinin çok büyük gibi görünen problemlerin üstesinden geldikleri görülmüştür. Albarracín (2021) ilkökul 2.sınıf öğrencileri ile bir şehir ve bir kasabanın nüfus yoğunluklarını karşılaştırdıkları bir öğretim deneyi gerçekleştirmiştir. Tahminin, öğrencilerin gerçek dünya bilgilerini kullanarak matematiksel model oluşturmalarında kolaylaştırıcı rol üstlendiği görülmüştür. Altı çalışmanın da FP'nin MM'yi teşvik edici rolünü desteklediği görülmektedir.

MM sürecini konu alan dört adet çalışmaya ulaşılmıştır. Henze ve Fritzlar (2009), Fermi problemini gruplar halinde çözerken öğrencilerin çalışma süreçlerini incelemiştir. Araştırmacılar Fermi problemlerinin, öğrencilerin bakış açısına göre yararlı ve temel matematik becerilerini içeren, öğrencilerin çözüm sürecine katılımını teşvik ettiğini

ifade etmişlerdir. Ärlebäck ve Bergsten (2013) İsveç’te lise öğrencilerinin matematiksel modelleme sürecini FP ile incelemişlerdir. MM süreci 5 temel aşamadan oluşan bir süreçtir. Sonuç olarak Fermi problemlerinin matematiksel modelleme süreçlerini ortaya çıkardığı sonucuna ulaşmışlardır. Czoher (2016) matematiksel modelleyiciler tarafından gerçekleştirilen bilişsel süreçleri ve matematiksel etkinlikleri yeniden yapılandırmak için metodolojik bir araç olarak Modelleme Geçiş Diyagramlarını (MTD) kullanmıştır. Bulgular, bir Fermi problemini çözmek için gereken modelleme süreçlerinin üniversite öğrencileri için bile karmaşık olduğunu ve modelleme süreçlerini incelemek için mikro analiz kullanmanın önemini ve sınırlamalarını göstermiştir. Albarracin vd. (2019) mevcut modelleme döngülerinin yetersizliği nedeniyle Fermi problemleri çözmede oluşan alt problemleri modelleme aktivite diyagramları ile incelemiştir. Fermi problemlerini çözmenin karmaşık bir süreç olduğu görülmüştür. Modelleme aktivite diyagramının genişletilerek görselleştirilmesinin sürecin analizinin daha iyi anlaşılmasını sağladığı belirtilmiştir.

MM becerilerini konu alan sekiz adet çalışmaya ulaşılmıştır. Yanbıyık (2016), Abay ve Gökbulut (2017) sınıf öğretmeni adaylarının MM becerilerini doğruluk ve erişilebilirlik kriterleri açısından Fermi problemleri kullanarak ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla lisans 4. sınıf öğrencilerinden oluşan 6 öğretmen adayı ile çalışılmıştır. FP içeren problemlere verdikleri cevaplar sonrasında öğretmen adayları ile görüşmeler yapılmıştır. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının MM becerilerinin yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Gallart vd. (2017) daha önceden modelleme bilgisi olan ve olmayan iki farklı ortaokul öğrenci grubu ile çalışmışlardır. Çalışmada her iki grupta da FP kullanılmıştır. Araştırma sonucunda önceden modelleme bilgisi olanlar lehine önemli farklar olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra araştırmacılar modelleme çalışmalarında FP kullanımının modelleme becerilerini ortaya çıkarmada etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer bir çalışma da Ferrando vd. (2017) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha fazla geçmiş deneyime sahip öğrencilerin geçmiş deneyimi olmayan öğrencilere kıyasla kavramsal olarak daha ayrıntılı modeller geliştirdiklerini ve (aritmetik yaklaşımların aksine) daha fazla cebirsel yaklaşımlar kullandıklarını gözlemlemişlerdir. Hıdıroğlu ve Özkan (2017) da 6. sınıf öğrencilerinin matematiksel modellemede oluşturdukları gerçek yaşam problem durumlarını incelemeye Fermi problemlerini kullanmışlardır. Araştırmada “Saman balyalarının yüksekliğini tahmin

ediniz, Okulunuzda yaklaşık kaç öğrenci vardır?, Bir haftada ortalama kaç litre su tüketiyorsunuz?, Okul bahçesine kaç araç park edebilir?” soruları sorulmuştur. Sonuçta öğrenci modellerinde gereksiz çizimlere yer verildiği ve nitelikli modeller oluşturamadıkları görülmüştür. Bu durumun nedenlerinden birinin öğrencilerin ağırlık ve uzunluk kavramlarını karıştırarak hatalı tahminlerde bulunmaları olduğu belirtilmiştir. Haberzettl vd. (2018), Fermi problemlerinin çocukların modelleme becerilerini geliştirmeye ne ölçüde yardımcı olabileceği üzerinde çalışmıştır. Sınıfta modelleme görevlerinin uygulanmasına ilişkin bir içgörü sağlayan bir dizi dersi belgelemiştir. Pla-Castells vd. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada, bir grup öğretmen adayının bir Fermi problemini çözerken yaptıkları hataların, çözümlerinin zamansal analizinin temsiliyle birleştirilmesinin, matematiksel modellemeye ilişkin kavramsal yanılgıları hakkında nasıl daha derinlemesine bilgi sunabileceğini belirtmiştir. Brunet-Biarnes ve Albarracín'in (2022) çalışması, öğrencilerin bir Fermi problemini gruplar halinde çözmek için nasıl matematiksel bir model geliştirdiklerini keşfetmek üzerine odaklanmıştır. Sonuçlar, çeşitli faktörlerin grup çalışmasını etkileyebileceğini, model geliştirmenin bir öğrencinin ilk modeli tanıtmaya dayandığını ve diğer grup üyeleriyle sosyal etkileşim yoluyla sağlam bir strateji geliştirilebileceğini göstermiştir.

MM stratejilerini ve bağlamın etkisini konu alan on iki adet çalışmaya ulaşılmıştır. Peter-Koop (2004) üçüncü ve dördüncü sınıftaki öğrencilerin Fermi problemlerini kullanarak problem çözme stratejilerini araştırmıştır. Fermi sorunlarının öğrenciler tarafından mantıklı ve anlamlı bir şekilde çözüldüğü görülmüştür. Ayrıca, çalışma literatürde önerildiği gibi tek bir modelleme döngüsünün aksine çok döngülü modelleme süreçlerini ortaya koymasıyla da dikkat çekmektedir. Albarracín ve Gorgorió (2012) 12-16 yaş arası öğrencilerle gerçekleştirdikleri çalışmada genel anlamda ortaokulda modellemeyi tanıtmaya olanaklarını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Özelde ise bir FP türü olan büyük tahmin problemlerine dair öğrencilerin strateji türlerini ve bu stratejilerin çözüm başarısını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bulgularda stratejisiz, kapsamlı sayım, dış kaynak, azaltılmış oran, referans noktası, gerçek durum ve orantı olmak üzere altı çeşit strateji sınıflandırılmıştır. Bu stratejilerin bir kısmı sorunu çözmezken bir kısmı ya kağıt üzerinde pratik olmayan bir çözüm sunmuş ya da uygulanabilir bir çözüm sunmuştur. FP'nin MM'yi tanıtmak için

kullanılabileceği fikrini desteklemişlerdir. Albarracín ve Gorgorió (2013a) ulaşılamayan büyüklük tahmin problemlerini (PEMNA) Fermi problemlerinin bir alt kümesi olduğunu doğrulamışlardır. 12 ile 16 yaş arası öğrencilerle yürütülen çalışmada toplanan verilerden hareketle öğrencilerin önerdikleri farklı çözüm stratejilerini karakterize etmiş ve bu stratejilerin sorunları başarılı bir şekilde çözme potansiyelini tartışmışlardır. Albarracín ve Gorgorió (2013b) öğrencilerin farklı bağlamlarda formüle edilmiş benzer problemlere uyarlamak için modellere uyguladıkları değişiklikleri göstermiştir. Yeni zorluklar oluşturan problemlerle çalışırken, öğrenciler yeni ve daha karmaşık modeller oluşturarak modellerini temsil edilen gerçekliğe uyarlamışlardır. Albarracín ve Gorgorió (2013c) büyük miktar tahminlerini gerektiren ancak farklı bağlamları içeren fermi problemlerini kullanarak modelleme sürecini ve bağlamın etkisini incelemiştir. Farklı bağlamların öğrencilerin farklı çözüm stratejileri kullanmasına neden olduğu görülmüştür. Bu tür problemlerin sınıfta modellemeyi tanıtmak için kullanılabileceği ifade edilmiştir. Bu çalışmayı ilerleten Albarracín ve Gorgorió (2014), öğrencilerin normalde kullanmadığı bazı çözüm stratejilerinin matematik sınıf etkinlikleri olarak geçerli kabul edilmeyeceğini göstermiştir. Örnek bir strateji, aşırı çaba ve/veya zaman gerektiren nesnelerin kapsamlı bir şekilde yeniden sayılması veya sorunu tamamen çözme ihtiyacını ortadan kaldıracak dış kaynaklardan girdi alınmasıdır. Buna rağmen öğrenci stratejilerinin %47'sinin matematiksel modellere dayalı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Fermi problemlerinin, problem çözme sürecinde kullanılan stratejileri ortaya çıkarmada etkili olduğunu belirtmişlerdir. Albarracín ve Gorgorió (2018) 16 yaşındaki bir grup öğrencinin büyük miktarları tahmin etmeyi gerektiren, düzlemde dağıtılan nesnelerin (insanlar, ağaçlar...) tahminine dayalı bir dizi FP'ni nasıl çözdüklerini incelemiştir. Öğrencilerin, daha fazla problem durumuna uyarlanabilen stratejileri benimsemek için ilk bireysel şemalarının en zayıf stratejilerini aşamalı olarak terk ettikleri görülmüştür. Albarracín ve Gorgorió (2019), ortaokul öğrencilerinin (11-12 yaş) Fermi problemlerini çözmek için kullandıkları modellerin inşası üzerinde çalışmışlardır. Bu araştırmada, bir Fermi problemini çözmek için çeşitli stratejiler ve model oluşturma yolları olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu stratejilerden bazıları, orijinal sorunu daha küçük bir soruna indirgemek ve nihai sonucu elde etmek için orantı kullanmak, bir temel birimin veya nüfus yoğunluğu gibi konsantrasyon ölçülerinin kullanılmasıdır. Segura ve Ferrando (2021) 224 öğretmen

adayının Fermi problemlerini çözerken yaptıkları hataları matematiksel modelleme basamaklarına göre analiz etmiştir. Sonuçlar özellikle basitleştirme/yapılandırma ve matematikselleştirme süreciyle ilgili kavramsal hatalar yapıldığını göstermiştir. Ayrıca problem bağlamının özellikleri ile hata kategorileri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Ferrando ve Albarracín (2021) İlkokul, ortaokul ve lise öğrencilerinin matematiksel model geliştirmede kullandıkları stratejilerin analizi üzerinde çalışmıştır. Özellikle küçük yaş grubundaki öğrencilerin iki boyutlu matematiksel içerikler ile ilgili zorluk yaşamalarına rağmen problemi basitleştirerek üstesinden geldikleri görülmüştür. Albarracín, Ferrando ve Gorgorió (2021) bir yüzey üzerinde çok sayıda eleman tahmin ederken öğrencilerin stratejilerini belirlemede bağlamın rolünü araştırmışlardır. Yakın bağlamdan uzak bağlama doğru sorulan Fermi problemlerinin hepsi nesne sayısının tahminine dayanmıştır. Kullanılan stratejilerin ölçüm ve orantılılık kavramlarıyla yakından ilişkili olduğu görülmüştür. Arıcan (2022) 6. sınıf öğrencilerinin Fermi problemlerine geliştirdikleri modelleri, problem bağlamının günlük yaşamlarına yakınlığını dikkate alarak incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, öğrencilerin yaşamlarına daha yakın bir bağlamda sorulan Fermi problemleri ile günlük yaşamdan edindikleri bilgiler arasında daha fazla bağlantı kurarak daha ayrıntılı çözümler geliştirdikleri görülmüştür. Problemlerin bağlam sırasının altıncı sınıf öğrencilerinin çözüm yollarında gözlemlenebilir bir farklılığa yol açmadığı görülmüştür.

Alanyazında yapılan bu çalışmalar değerlendirildiğinde, öğrencilerin genel olarak modelleme döngüsünün tüm aşamalarında problemler yaşadıkları ve Fermi problemleriyle yapılan matematiksel modelleme çalışmalarının zamanla arttığı görülmektedir. Farklı bağlam ve sınıf düzeylerinde farklı durum ve sonuçların elde edildiği görülmektedir. Sonuç olarak matematiksel modellemede fermi problemlerinin kullanımında bağlam ve sınıf seviyesinin önemi görülmüş, daha ayrıntılı bilgi elde etmek için hem bağlamsal hem de sınıf seviyesi açısından bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Matematik Eğitiminde Fermi Problemleri

3.1.1. Fermi Problem tanımı

FP terimi, ilk kez 1938 yılında Nobel ödüllü Fizikçi Enrico Fermi (1901-1954) tarafından ortaya atıldı (Ärlebäck ve Bergsten, 2010). Şimdilerde klasik olan “Chicago’da kaç tane piyano tuneri var?” sorusunu öğrencilerine sordu. Birkaç makul varsayım ve tahmin (1. Popülasyon kestirimi, 2. Hane halkı sayısının kestirimi, 3. Piyanosu olan hane halkı sayısının kestirimi, 4. Bu insanların hangi sıklıkla piyanolarını akor ettirdikleri, 5. Bir piyanonun akor edilmesi için geçen süre, 6. Bir akortçunun bir haftada kaç saat çalıştığının tespiti) kullanarak şaşırtıcı derecede doğru ve kabul edilebilir bir cevap verdi. Fermi’ye göre, bir insan sadece mantıklı akıl yürütme ve tahminler kullanarak gerçek değere oldukça yakın sonuçlar bulabilirdi. Bu tarz problemlere daha sonra Fermi problemleri adı verilmiştir (Ärlebäck ve Bergsten, 2010).

Eğitim literatüründe Fermi probleminin tanımında araştırmacıların farklı noktalara vurgu yaptığı görülmektedir. Ross ve Ross’a (1986) göre Fermi probleminin özünde, iyi bilgilendirilmiş bir kişinin bir dizi tahmin ile (yaklaşık olarak) çözüme ulaşacağı düşüncesi vardır (s. 175). Bu problemler, başlangıç koşulları ve varsayımları belirlemek, oluşabilecek değişken ve niceliklere dair tahminler yapmada pedagojik amaçlı kullanılan tahmin problemleridir (Sriraman ve Lesh, 2006). Taplin (2007) ise Fermi problemlerini şu şekilde açıklar: “Yeterli bilginin verilmediği ve öğrencileri daha yaratıcı olmaya teşvik eden problem türüdür. İnsanlar Fermi problemlerini gördüklerinde ilk olarak çözüm için daha fazla bilgiye ihtiyaçları olduğunu düşünürler. Aslında ortak fikir ve deneyimler kabul edilebilir çözümleri mümkün kılarsa da bu problemlerin çözümü öğrencilerin sahip olduğu bilgilerin ve deneyimlerin toplamına dayanır. Bu problemler yıldırıcı değildir ve işbirlikçi bir ortamda çözülebilir” (Hıdıroğlu, 2012, s.44). Ärlebäck (2009)’a göre FP, öğrencilerin basit hesaplamalarla çözüme başlamadan önce varsayımlarda bulunarak sistematik tahminlerde bulunmalarını gerektiren açık uçlu, rutin olmayan problemlerdir. Başka bir ifadeyle Fermi problemleri alt problemlere ayrılarak tahmin yapmayı gerektiren problemlerdir (Albarracin ve Gorgorio, 2014). Ayrıca öğrencilerin MM döngüsü boyunca çalışmaları

için mükemmel araçlardır (Ärleback ve Bergsten, 2013; Borromeo Ferri, 2018; Peter-Koop, 2004).

3.1.2. Fermi Probleminin özellikleri

Fermi problemlerinin birkaç ayırt edici özelliği vardır. Bunlar:

- a) farklı eğitim seviyelerine sahip kişiler tarafından erişilebilir
- b) artan karmaşıklık seviyelerine izin verir
- c) gerçekçi oldukları için doğrudan günlük çevre ile ilgilidir
- d) açık uçludur, bu yüzden modelcinin sadeleştirme ve yapılandırmaya dahil olması gerekir
- e) modelleyicinin, tanımlanan durumlar için makul tahminler yapmasını gerektirir
- f) tartışmayı teşvik eder çünkü modelleyicinin tahminlerini ve varsayımlarını doğrulayacak gerekçelendirmeler yapması beklenir (Ärleback, 2011; Czocher, 2016).

Ärleback ve Bergsten (2013) ise Fermi problemlerinin dört önemli özelliğine vurgu yapar:

- her öğrenci tarafından ele alınabilir ve farklı şekillerde çözülebilir. Karmaşıklık seviyeleri, problem öncesi herhangi bir özel matematik bilgisi gerektirmez
- gerçek dünya bağlantıları vardır
- problemle ilgili gerekli bilgi ve ilişkiler belirtilerek yapılanması açıklanır
- sayısal veriler bulunmaz, yani makul tahminler yapmak için sadece alakalı miktarlara ihtiyaç vardır.

Ross ve Ross'a (1986) göre bir Fermi probleminin ayırt edici özelliği, depolanan bilgilere tamamen güvenmektir. Fermi problemlerine atfedilen diğer bir özellik kesin cevap olmadığı için bu tür problemlerin bir tahminle cevaplanması gerekliliği olarak görülmektedir (Sowder, 1992). FP çözülürken öncelikle verilerin ve değişkenlerin

kullanımının saptanması için problem iyi anlaşılmalıdır. Çözüm için ilgili bazı fiziksel miktar ve bilimsel bilgilerin tahmininde içgörü ve varsayımlar kullanılır (Edge ve Dirks, 1983).

3.1.3. Fermi Problem örnekleri

Fermi problemlerine dair alan yazında kullanılan bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

- Okulunuzda bir ay içinde kaç adet kağıt kullanır? (Peter-Koop, 2005, s.457).
- 3 kilometrelik bir alanda bulunan trafikte kaç adet araç bulunur? (Peter-Koop, 2005, s.457).
- Piyano Akortçuları Problemi: New York'ta kaç tane piyano akortçusu var? (Schoenfeld, 1982)
- Hücre Problemi: Ortalama bir yetişkin insan vücudunda kaç hücre olduğunu tahmin edin (Schoenfeld, 1982).
- Empire State Binası Problemi: Empire State binasında sokak seviyesinde bir danışma masası var. Personele en sık sorulan iki soru şunlardır:
 - (i) Turist asansörü en üst kattaki gözlemine ne kadar sürede çıkar?
 - (ii) Bunun yerine merdivenleri yürümeye karar veren biri ne kadar sürede çıkar?

Göreviniz akıl yürütmenizi temel aldığınız varsayımlar da dahil olmak üzere bilgi masasındaki personele sunarak yardımcı olmaktır (Ärlebäck, 2009).

- 20 Kasım 2011'de, Teksas'ta Austin'in batı tarafında yaşayan 42 yaşındaki Willie Harris, evinde çıkan yangından kaçmak için ikinci katın penceresinden atlaması sonucu aldığı yaralar nedeniyle öldü. Darbe hızı neydi? (Czocher, 2016).
- Dünyanın kara alanı gezegendeki her insan için eşit olarak bölünseydi, yaklaşık ne kadar alırdınız? (Redish, 2002).
- Bir bilgisayar için bir disket, diskin küçük bölgelerini mıknatıslayarak bilgi depolar. Tipik bir disket için, tek bir bilgi bitine karşılık gelen disk alanını tahmin

edin. (Unutmayın: Bir diskin depolama kapasitesi, 1 bayt = 8 bit olmak üzere bayt cinsinden belirtilir.) (Redish, 2002).

- Dünyanın Başlangıç Meridyeni boyunca düz bir çizgi çizmek için kaç kurşun kalem gerekir? (Redish, 2002).
- Okuldaki pazar kahvaltısı için kaç tane simit almak gerekir? (Haberzettl vd., 2018).

3.2. Matematik Eğitiminde Matematiksel Modelleme

Öğrencilerin gerçek dünya problemlerine etkili çözümler geliştirebilecekleri matematiği günlük hayatlarına dahil etmeleri gerekmektedir (Gutierrez ve Gallegos, 2019). Bu durumun aksine öğrenciler okul matematiği ile gerçek dünyadaki matematiğin önemli ölçüde farklı uygulandığına inanmaktadırlar. Matematik derslerinde kullanılan problemlerin tek bir çözümü olduğunu ve bu çözüme de yalnız bir yolla ulaşılabildiğini düşünmektedirler (Altun ve Arslan, 2006). Çözüm süreci veya farklı çözüm yollarını aramaktan ziyade cevaba odaklanılmaktadır. Matematik dersinin amacının ödevleri tamamlamak, öğretmenin komutlarını dinlemek ve çeşitli problemlere hızlıca cevap bulmak olduğu düşünülmektedir (Silver ve Smith, 1996).

Eğitimciler matematiksel modellemeyi öğrencilerin matematiği yaşamla bütünleştirmesinde bir öğretim stratejisi olarak görürler (Gutiérrez ve Gallegos, 2019). Bu durumun en temel iki nedeni matematiksel modellemenin gerçek dünya problemlerini çözme becerisini geliştirmesi ve sağladığı motivasyondur (Czocher, 2016). Diğer bir sebep ise matematiksel modellemenin gerçek yaşam ya da gerçek problem durumunu matematiksel yöntemler kullanarak belirlemesidir (Erbaş vd., 2014). Matematikte modellemeyi kullanma amaçlarından biri de duruma uygun bir temsil olan model oluşturulmasıdır (Berry ve Houston, 1995).

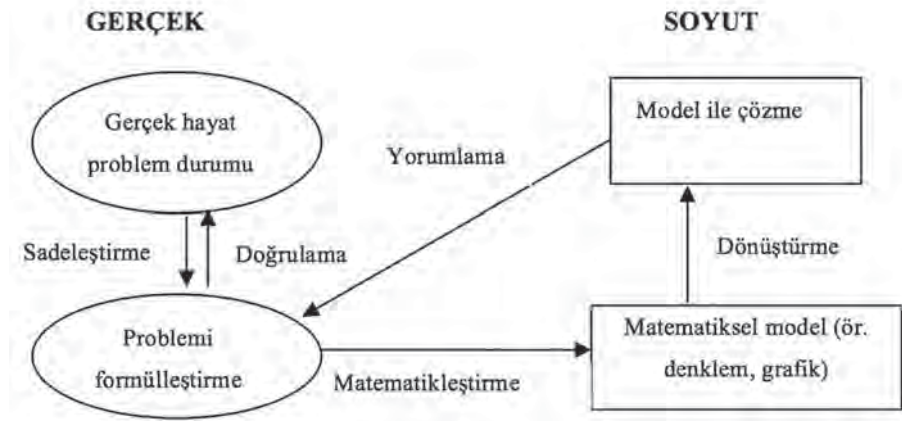
Bir model zihindeki karmaşık yapı ve matematiksel sistemlerin analiz edilmesiyle oluşan kavramsal yapıların birleşimidir (Lesh ve Sriraman, 2005). Bir başka ifadeyle model, hem iç kavramsal sistemleri hem de dış karmaşık sistemleri açıklamak için kullanılan temsil sistemleridir (Lesh ve Doerr, 2003). Bu kavramsal sistemler sözlü

veya yazılı dil, grafikler, somut modeller ve metaforlar gibi çeşitli araçları temsil edebilir (Lesh ve Sriraman, 2005). Öte yandan Lehrer ve Schuab (2003) modeli daha önce bildiğimiz sistemler ile alışık olmadığımız bir sistem arasındaki bağlantı olarak tanımlamaktadırlar.

Haines ve Crouch (2007) matematiksel modellemeyi, gerçek dünya problemlerinin soyutlanması, matematikselleştirilmesi, çözülmesi ve çözümlerin değerlendirilmesini içeren döngüsel ve yinelenen bir süreç olarak tanımlamışlardır. Matematiksel modelleme, öğrencilerin alışık olmadığı durumlarla başa çıkmalarına yardımcı olan ve gerçek hayat problemlerine yol göstererek onları hazırlayan etkili bir araçtır (English, 2006; Lesh ve Doerr, 2003). Matematiksel modelleme sürecinde gerçek yaşamdan, pür matematiğin dışından doğan bir konu alınır ve bu konu matematiksel olarak ifade edilir. Böylece matematiksel teknikler konuya ışık tutmak için kullanılır (Blum ve Niss, 1989, s.40). Matematiksel modelleme problemleri, öğrencilerin bir durumu açıklamalarını ve anlamlandırabildikleri şekilde matematikselleştirebilmelerini, problemdeki bilgileri yorumlamalarını, ilgili verileri seçmelerini, yeni verilere giden işlemleri tamamlamalarını ve anlamlı gösterim şekillerini oluşturmalarını gerektirmektedir (Lesh ve Doerr, 2003).

MM varsayımları değerlendirme ve sonuçlarla ilgili tahmin yapma gibi hesaplama ve tündengelimden çok daha fazlasını ifade eder (Schoenfeld, 1992). MM süreci yaygın görüşe göre döngüsel bir süreç olarak temsil edilir (Cai vd., 2014). Geçmişten günümüze döngüsel matematiksel modellemenin süreç yapısı ile ilgili birçok tanımlama yapılmıştır (Blum ve Leiss, 2007).

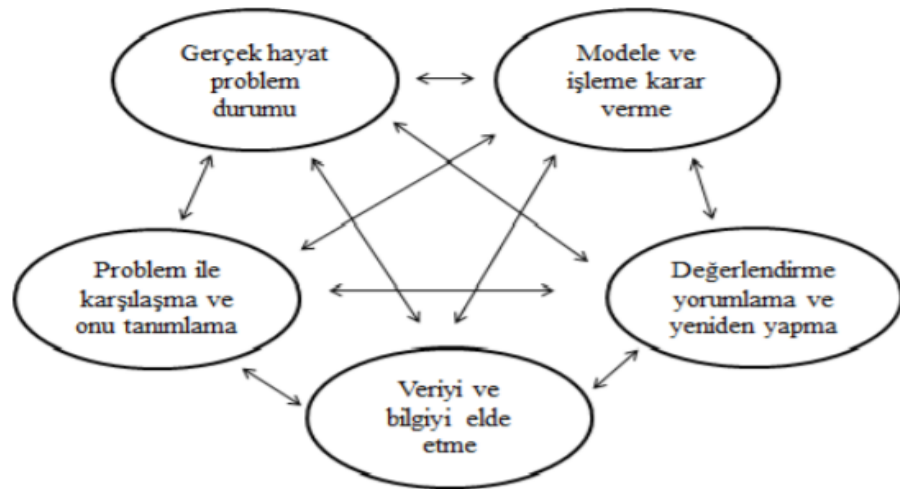
MM döngüsel bir süreç olarak tanımlanır (NCTM, 1989). NCTM tarafından verilen döngü Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. MM süreci (NCTM, 1989, s. 138)

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi MM süreci gerçek hayatta karşılaşılan bir problemle başlar. Bu sorun durumu sorunu daha anlaşılır kılmak için daha basit parçalara bölünebilir. Problem formülasyonu uygun matematiksel ifadelerle modellenir. Bu modelleme süreci problem durumunu daha iyi anlamayı ve benzer problem durumlarına genelleştirebilmeyi sağlar. Oluşturulan model yorumlanarak sorunun çözülmesine yardımcı olup olmadığı analiz edilir. Eğer model gerçek hayat problemini çözüyorsa çözüm ve süreç doğrulanır. Model sorunu çözmeye hizmet etmezse tüm süreç uygun bir model oluşturmak için yenilenir.

Doerr (1997) ise, matematiksel modelleme ile gerçek hayat problemlerini çözme sürecini Şekil 3.2’deki gibi özetlemiştir:



Şekil 3.2. MM süreci (Doerr, 1997, s.268)

Şekil 3.2’de Doerr’a (1997) göre bu aşamaların herhangi bir sırada oluşması gerekmez. Her aşamada öğrenciler eleştiri yapıp kendi modellerini oluşturabilirler. İhtiyaç halinde problem durumuna geri dönerler.

Berry ve Houston (1995) ve Ferri (2007), modelleme sürecinin aşamalarını şu şekilde sıralamışlardır:

1. Problemi anlama: Söz konusu gerçek yaşam problemleri tanımlanır ve gerekli veriler toplanarak problem incelenir. Gerçek yaşam durumuna yönelik deneyimlerin ortaya çıkması ve bu durumların irdelenmesi için problemin anlaşılması gerekmektedir.

2. Değişkenleri seçme ve varsayımları kurma: Gerçek yaşamdan hareketle problem durumu için değişkenler ve varsayımlar belirlenir. Değişkenler tanımlanır.

3. Matematikselleştirme: Gerçek yaşamı matematiğe dönüştürmeyi gerektirir. Varsayımlar, ön bilgiler ve matematiksel beceriler doğrultusunda gerçek yaşam durumunu temsil edecek grafik, denklem, eşitsizlik gibi yapılar oluşturularak matematiksel formüller elde edilir.

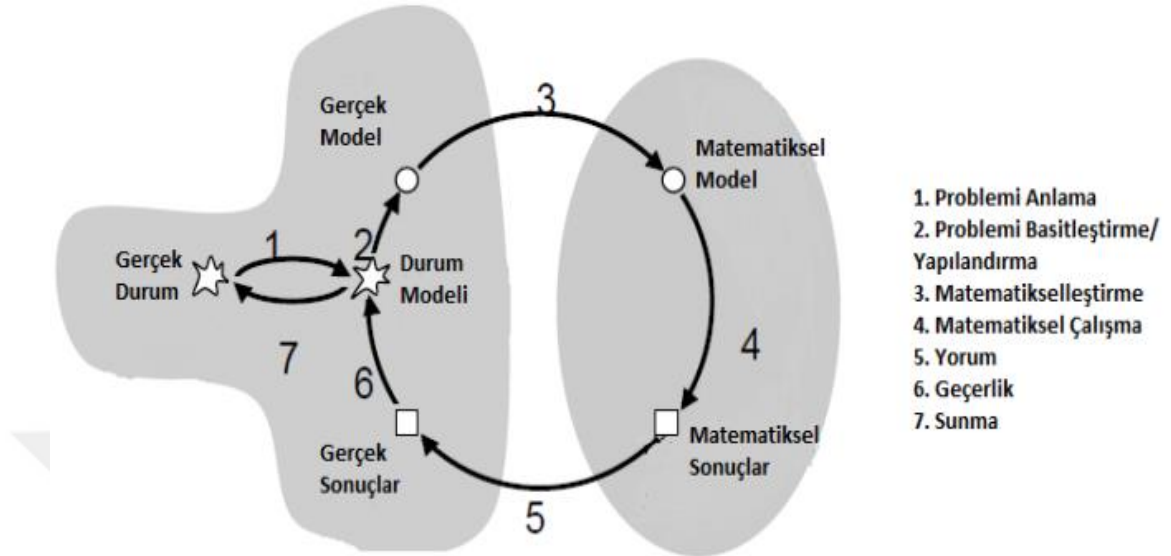
4. Matematiksel çözümü gerçekleştirme: Oluşturulan matematiksel modeller aracılığıyla problemin çözümü gerçekleştirilir.

5. Çözümleri yorumlama: Problemin çözümünde elde edilen matematiksel sonuçlar analiz edilerek çözüm kelimeler yoluyla ifade edilir.

6. Modeli doğrulama: Modelin doğrulanması için ihtiyaç duyulan verilere karar verilir. Bu veriler kullanılarak modelin durum için uygun olup olmadığı test edilir. Model ve modelin çözülmesiyle elde edilen sonuçlar sorgulanır.

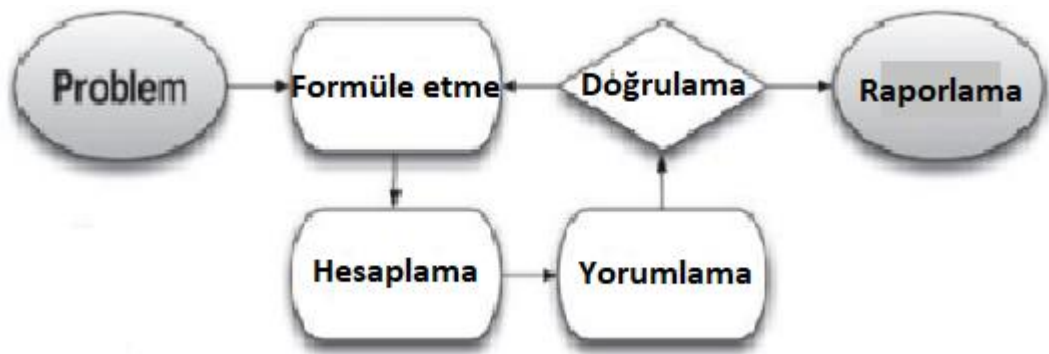
Blum ve Leiss (2007) MM sürecindeki aşamaları Şekil 3.3’te görüldüğü gibi yeniden yorumlamıştır. MM döngüsünün ilk adımında öğrenciler gerçek dünyada meydana gelen sorunu anlamaya ihtiyaç duyar. Daha sonra modeli oluştururlar. Bu modele durum modeli denir. Bir sonraki adımda basitleştirir ve yapılandırır. Bu model muhtemelen iç ve dış bileşenlere sahiptir. Modelleyici, matematiksel hesaplamalara dayanan gerçek matematiksel modeli gösterir. Sonuçlar daha sonra modele göre kontrol edildiğinden

doğruluğundan emin olunmalıdır. Son olarak araştırmacı modelini ortaya koyar ve başkalarıyla paylaşır (Czocher, 2017).



Şekil 3.3. Blum ve Leiss'e ait MM döngüsü (Blum ve Leiss, 2007, s. 131)

Şekil 3.3'tekine ek olarak modelleme, Matematik için Ortak Temel Devlet Standartları'na göre bir K-12 matematiksel uygulama gereksinimidir (CCSSI, 2010). MM aynı zamanda CCSSM tarafından ampirik durumları analiz etmek için uygun matematik ve istatistiğin seçilme ve uygulanma süreci olarak açıklanmaktadır (CCSSI, 2010, s.72). CCSSM'nin modelleme süreci Şekil 3.4'te görüldüğü gibi altı aşamadan oluşur.



Şekil 3.4. CCSSM'nin MM döngüsü (CCSSI, 2010, s.72)

Şekil 3.4'teki diyagramın ilk aşaması değişkenleri tanımlamayı ve problemin özelliklerini seçmeyi içerir. İkinci aşamada model oluşturulur. Üçüncü aşamada

modeller incelenir ve gerekli hesaplamalar yapılır. Dördüncü aşamada sonuç hesaplamaların yorumlanmasıdır. Beşinci aşamada ise durum değerlendirmesi yapılır, gerekirse sonuç ve modeller güncellenir. Son aşamada ise tüm süreç raporlanır. Matematiksel bir uygulama olarak modelleme, modelleme problemlerinin gerektirdiği yeterlikleri anlayarak desteklenir. Öyleyse bu yeterlikleri ayrıntılı olarak incelemek MM'yi anlamak için önemlidir. Anhalt ve Cortez'in (2015) bu yeterlikleri Tablo 3.1'de daha detaylı açıklanmıştır.

Tablo 3. 1. Matematiksel modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri

Modelleme Yeterlikleri	Alt Yeterlikleri
1.Durumu veya problemi analiz etme	- Dış bağlamdan alınan problem tanımlanır (genellikle günlük hayat bağlamı) - Gerekirse arka plan araştırması yapılır - Durum veya problem anlamlandırılır
2. Bir model geliştirme ve formüle etme	- Verilen tüm bilgiler belirlenir - Hangi varsayımların gerekli olduğu belirlenir - Varsayımlarla birlikte verilen bilgiler yorumlanır - Verilen bilgilere ve öğrenci deneyimlerine uygun matematik kullanılır
3. Modelin çözümünü hesaplama	- Modeldeki matematiksel problem çözülür - Analiz edilir ve modeldeki işlemler gerçekleştirilir - Doğruluğu kontrol edilir
5.Çözümü yorumlama ve sonuçları çizme	- Matematiksel çözüm orijinal durum açısından yorumlanır - Orijinal durumla ilgili çözümleri gösteren sonuçlar çıkarılır
6.Sonuçları doğrulama	- İlk çözümünden elde edilenlere göre varsayımlar revize edilir ve yeni veya değiştirilmiş çözülebilecek bir matematiksel probleme dönüşür - Matematiksel cevabın orijinal durum açısından mantıklı olup olmadığı düşünülür (örneğin, cevap geçerli bir değer aralığında mı?). - Sonuçlar gerekli doğrulukla ilgili olarak tatmin ediciyse çözüm bildirilir. Eğer sonuçlar tatmin edici değil veya iyileştirilmesi gerekiyorsa 2.aşamaya geri dönülür
7.Yeni veya değiştirilmiş bir model geliştirme ve formüle etme	- Gerçek modeldeki matematik türleri bir öncekinden farklı olabilir - Hesaplama, yorumlama ve doğrulama adımlarından tekrar geçilir
8.Çözümü raporlama	Sonuçlar ve arkasındaki mantık paylaşılır

Tablo 3.1'in temsil ettiği modelleme öğelerini anlamak modelleme sürecini anlama açısından önemlidir. Durumu veya verilen sorunu analiz etme ilk adım olarak

açıklanmaktadır. Bu aşamada problem durumu netleştirilmelidir. Bu aşamadan sonra problemin çözümü ile ilgili tüm bilgilerin belirlenmesi gerekmektedir. Hangi varsayım ve tahminlerin yapılacağına karar verilmelidir. Üçüncü aşamada ise bir önceki aşamada oluşturulan modelin uygulanacak olanla aynı olması beklenmektedir, bu sayede sorun çözülecektir. Sonraki aşamada bu çözüm yorumlanır. Böylece probleme uygun bir çözümün olup olmadığı değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucunda modeldeki çözümün uygunluğu için doğrulama yapılır veya yeni bir model oluşturulur ve süreç tekrarlanır.

Tablo 3.2’de ise Borromeo Ferri (2006) tarafından uyarlanan modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri verilmiştir.

Tablo 3. 2. Borromeo Ferri tarafından uyarlanan modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri

Modelleme yeterlikleri	Modelleme alt yeterlikleri
Basitleştirme	1.Modelleme durumuna yönelik varsayımlarda bulunarak durumu sadeleştirme 2.Durumu etkileyen nicelikleri belirleme ve isimlendirme 3.Değişkenler arası ilişkileri oluşturma 4.Mevcut bilgiyi bulma
Matematikseleştirme	1.İlgili nicelikleri ve aralarındaki ilişkileri matematikselleştirme 2.Gerektiğinde ilgili nicelikleri ve aralarındaki ilişkileri sadeleştirme, nicelik sayısını ve karmaşıklığı azaltma 3.Uygun matematiksel gösterimleri seçme ve durumları grafiksel olarak ifade etme
Matematiksel Çalışma	1.Problemi parçalara ayırma, benzer problemlerle bağlantı kurma, problemi farklı şekilde ifade etme, problemi başka bir şekilde tekrar ifade etme, nicelikleri veya uygun verileri çeşitlendirme gibi buluşsal stratejiler kullanma 2.Problemi çözmek için matematik bilgisi kullanma
Yorumlama	1.Matematiksel sonuçları matematik dışı bağlamlara yorumlama 2.Özel bir durum için yapılan çözümleri genelleme 3.Uygun matematik dili kullanarak problemin çözümünü incelemek ve/veya çözümler hakkında iletişim kurma

Tablo 3.2. Borromeo Ferri tarafından uyarlanan modelleme yeterlikleri ve alt yeterlikleri (devamı)

Doğrulama	1.Çözümlere yönelik yansımalar ve eleştirel kontroller yapma
	2.Çözümler durum ile uyuşmazsa, modelin bazı kısımları veya matematiksel modelleme sürecini gözden geçirme
	3.Modelleme durumunu çözümlerin diğer yollarını düşünme veya sonucun farklı bir şekilde geliştirilip geliştirilemeyeceğini düşünme
	4.Genel olarak modeli sorgulama

Tablo 3.2'ye göre matematiksel modelleme sürecinde öncelikle problemin anlaşılması ve basitleştirilmesi gerekir. Sonrasında gerçek modelden matematiksel modele geçilerek durum matematikselleştirilir. Bu aşamada matematiksel bir çalışma gerçekleştirilir. Sonuçlar gerçeğe yorumlanıp doğrulama yapılarak süreç sonlandırılır. Şayet sonuçlar gerçeğe uyuşmazsa süreç gözden geçirilir.

Matematik eğitiminde modellemeye yönelik farklı bakış açılarıyla farklı yaklaşımlar önerilmiştir (Blomhøj, 2009; Kaiser ve Sriraman, 2006). Bu konudaki farklı bakış açılarını netleştirmek için benzerlik ve farklılıklar detaylandırılmıştır (Erbaş vd., 2014). Matematiksel modellemede matematiği amaç olarak veya araç olarak gören iki ana bakış açısı vardır (Erbaş vd., 2014). Kaiser ve Sriraman (2006) ve Blomhøj (2009) tarafından yapılan sınıflandırma uyarlanarak altı başlıkta toplanmıştır. Bunlar; gerçekçi veya uygulamalı modelleme, bağlamsal modelleme, eğitimsel modelleme, epistemolojik modelleme, sosyo eleştirel modelleme ve bilişsel modellemedir. Söz konusu yaklaşımların her biri matematiksel modellemenin farklı bir yönünü vurgulamaktadır. Bu bağlamda matematiksel modellemeye ilişkin ortaya çıkan felsefi bakış açıları, bu bakış açılarının amaçları, bu amaçlara yönelik araştırma soruları ve bakış açılarının matematiksel modelleme döngüsündeki işlevi Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Matematiksel modellemeye ilişkin felsefi bakış açılarının sınıflandırılması

Bakış açıları	Amaç	Araştırma sorusu	Modelleme döngüsündeki işlevi
Gerçekçi veya uygulamalı modelleme	Faydacılık felsefesi kapsamında gerçek yaşam problemlerini çözmek ve gerçek dünyayı anlamak amaçlanır.	Gerçek yaşam problemlerini modellemede ne tür şartlar gereklidir?	Gerçek yaşam durumunu analiz etmek amacıyla modelleme döngüsü kullanılır.

Tablo 3.3. Matematiksel modellemeye ilişkin felsefi bakış açılarının sınıflandırılması (devamı)

Bağlamsal modelleme	Konu ile ilgili psikolojik yönlerin ortaya çıkarılması amaçlanır	Öğrencilerin anlamlı modelleme aktiviteleri için bu aktivitelerin içeriği nasıl olmalıdır?	Modelleme sürecinden ziyade model oluşturma aktivitelerinin geliştirilmesine odaklanır.
Eğitimsel modelleme	Matematik öğrenmede modellemeyi bir araç olarak kullanmak amaçlanır.	Öğrenciler kavram öğreniminde hangi zorlukları yaşar? Öğretim süreci matematiksel modelleme ile nasıl desteklenebilir?	Modelleme konularını analiz etme ve tekrar yapılandırma kullanılır.
Sosyo-eleştirel modelleme	Dünyaya eleştirel bakmak, anlayarak yansıtmak amaçlanır.	Gerçek dünyayı anlamada matematiksel modellemenin etkisi nedir?	Modelleme sürecindeki yansımaları yapılandırmada kullanılır.
Epistemolojik modelleme	Modelleme ile matematiğin yapılandırılması amaçlanır.	Kavramsal öğrenme için matematik tekrar nasıl yapılandırılabilir? Teori gelişimi nasıl desteklenebilir?	Yalnız matematikselleştirme basamağında modelleme döngüsü kullanılır.
Bilişsel modelleme	Modelleme sürecinde ortaya çıkan bilişsel sürecin analizi ve süreci anlama amaçlanır. Başka bir ifadeyle, zihinsel modeller aracılığıyla matematiksel düşünme sürecini desteklemektir.	Modelleme sürecinde vurgulanması gereken bilişsel yeterlikler nelerdir? bilişsel yapı türlerine göre bireylerin modelleme yeterlikleri nasıl eşleşmektedir?	Durumu modellemede ihtiyaç duyulan bilişsel yetenekleri tanımlamak ve modelleme sürecini yapılandırmak için kullanılır

Tablo 3.3'te sunulan yaklaşımlar alanyazında şu şekilde açıklanmaktadır (Aztekin ve Şener, 2015; Blomhøj, 2009; Erbaş vd., 2014; Kaiser ve Sriraman, 2006):

Gerçekçi bakış açısı gerçek yaşam problemlerini çözmeyi amaçlar. Ayrıca MM sürecini anlama üzerine odaklanır. Bu yaklaşımda, öğrencilere mühendislik ve diğer bilim dallarından problem durumları sunularak öğrendikleri matematiksel bilgileri farklı alanlarda uygulamaları beklenmektedir. Öte yandan bağlamsal modelleme belirli bir konu üzerinde çalışmayı amaçlar. Bu doğrultuda öğrencilerin matematiksel kavramları gerçek hayatta deneyimleyerek daha anlamlı öğrenebilecekleri düşünülmektedir. Bu yaklaşım, modelleme sürecinden çok model oluşturma aktivitelerini temel almaktadır. Bir diğer modelleme perspektifi eğitimsel modellemedir. Gerçekçi ve bağlamsal modelleme yaklaşımlarının özelliklerini taşıyan karma bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım,

matematiksel modellemenin matematik eğitimine nasıl entegre edileceğine yoğunlaşmaktadır. Eğitimsel modelleme iki kısımda ele alınmaktadır. Bunlar; öğrenme sürecini yapılandırıp süreci desteklemeyi temel alan öğretici modelleme; kavram öğretim ve gelişiminde modellemeyi kullanan kavramsal modellemedir. Sosyo-eleştirel modelleme yaklaşımında öğrencilerin matematik aracılığıyla yaşadıkları kültür ve topluma karşı eleştirel bir bakış açısı kazanmaları amaçlanmaktadır. Matematğin sosyo-kültürel ve etno-matematik boyutlarına yoğunlaşmaktadır. Epistemolojik veya teorik modelleme yaklaşımı, matematiksel kavramlar arasındaki ilişkileri ve bir teorinin incelenmesini temel alan yaklaşımdır. Matematiksel olmayan durumların belli araçlar ile matematikselleştirilmesi ön plandadır. Böylelikle matematikselleştirme ve modelleme, teori gelişiminin bir parçası kabul edilmektedir. Son olarak, bilişsel modelleme yaklaşımı öğrencilerin modelleme sürecindeki bilişsel ve metabilşsel düşünme süreçlerinin incelenmesine dayanmaktadır. Modelleme etkinliklerinin öğrencilerin modelleme süreçlerini ortaya çıkardığı düşünülmektedir. Böylece bu süreçte öğrencilerin sahip oldukları bilişsel yapıya göre hangi bilişsel yeterlik türlerine sahip olduğu sorusuna cevap aranmaktadır.

Bu çalışmada problem bağlamının öğrencilerin günlük yaşamlarına yakınlığı dikkate alınarak Fermi problemlerindeki modelleme süreçleri incelenmektedir. Öğrenciler günlük yaşamları ile ilgili problem durumlarını çözdüler. Dolayısıyla bu çalışmanın bağlamsal modelleme bakış açısıyla yürütüldüğü söylenebilir. Tablo 3.6’da sunulan açıklamalarda görüldüğü üzere, bu çalışmanın MM bakış açısı diğer bakış açılarından açıkça ayırt edilebilir.

3.3. Fermi Problemlerine Yönelik Model Oluşturma Stratejileri

Öğrencilerin fermi problemlerine yönelik model oluşturma stratejilerinin incelendiği bazı çalışmalarda, *kapsamlı sayma (exhaustive count)*, *dış kaynak (external source)*, *indirgeme ve orantı kullanımı (Reduction and use of proportion)*, *konsantrasyon ölçümü (Concentration measures)*, *referans noktası (Reference point)* ve *ızgara dağılımı (Grid distribution)* stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir (Albarracín ve Gorgorió, 2014; Albarracín ve Gorgorió, 2019; Albarracín vd., 2021). İlkokul seviyesindeki öğrencilerin en fazla kapsamlı sayma stratejisini kullandıkları, daha üst sınıf seviyelerine çıkıldıkça

konsantrasyon ölçümü ve referans noktası stratejilerinin kullanıldığı belirlenmiştir (Ferrando ve Albarracín, 2019). Başka bir çalışmada deneyimli modelleyicilerin okul alanını hesaplama gibi daha yakın modelleme görevlerinde konsantrasyon ölçümü kullandıkları, deneyimsiz modelleyicilerin ise bu stratejiyi daha az tercih ettikleri belirlenmiştir. Ancak şehirde bulunan bir park gibi öğrencilere daha uzak olan alanları tahmin etmede deneyimli ve deneyimsiz modelleyicilerin benzer stratejileri kullandıkları görülmüştür (Gallart vd., 2017). Albarracín vd. (2021) ise modelleme görevlerinin bağlamının öğrencilerin modelleme stratejilerini etkilediğini belirtmiştir. Bunun yanı sıra modelleme stratejileri kullanılırken öğrencilerin “Google Maps” gibi dijital araçlara, deneysel ölçümlere ya da yüzeyin daha basit geometrik şekillere indirgenmesi ve sonrasında bilinen formüllerin uygulandığı tespit edilmiştir. Daha özel olarak bir alanın hesaplandığı modelleme görevlerinde, bazı öğrencilerin yüzey alanı hesaplarken yüzeydeki karoları saydıkları bazı öğrencilerin ise mezura ile ölçüm yaptıkları belirlenmiştir (Gallart vd., 2017).

Gallart vd., (2017) daha kapsamlı yürütülen başka bir çalışmada 16 yaş öğrencilerinde fermi problemlerinin çözüm sürecini üç aşamada incelemişlerdir. İlk aşama öğrencilerin matematiksel modelde kullandıkları stratejilerin kavramsal bir analizini içermektedir. Örneğin; *ızgara dağılımı*, *konsantrasyon ölçümü*, *referans noktası* gibi. İkinci aşama prosedürle ilgili olup öğrencilerin verileri nasıl elde ettikleri ile ilgili işlemsel bir süreçtir. Veri toplama ile ilgili işlemlerde en çok kullanılan yöntemler yüzey alanlarının hesaplanması ve tahminlerdir. İlki, ölçüm temelli (deneysel yerinde ölçümler veya Google haritaları gibi dijital araçlarla) ve bazı durumlarda yüzeyin daha basit geometrik şekillere parçalanması ve bilinen formüllerin uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir. İkincisi bir karonun yüzey alanının tahmini hesaplamasını veya daha geniş bir alanda kullanılmayan yüzeyin oranını bulma şeklindedir. Son aşama ise bunları ifade ederken kullandıkları dil ile ilgili analizdir. Bunlar grafik kullanımı, aritmetik dil, cebirsel dil gibi. Bu çalışmada modelleme deneyimine sahip olan öğrencilerin daha titiz ölçüm prosedürlerini uyguladıkları ve genelleme yaptıkları görülmektedir.

3.4. Fermi Problemleri ve Değişken Değerini Belirleme Stratejileri

Fermi problemlerinde kesin cevap olmadığı için bu tür problemlerin çözümünde değişken belirleme ve bu değişkenlerin değerini tahmin etme önemli bir basamaktır. Değişken değerini belirlemede bazı tahmin stratejilerinin ortaya çıktığı görülmüştür (Sowder, 1992). Fermi probleminin bu özelliği göz önüne alındığında tahmin stratejilerini incelemeyi gerekli kıldığı düşünülmektedir. Tahmin stratejileri belirli bir ölçme aracı kullanmadan gerçeğe yakın sonuçlara ulaşmada kullanılan özel yollar olarak tanımlanmaktadır (Van De Walle vd., 2014). Tahmin stratejileri işlemsel tahmin stratejileri ve ölçmede tahmin stratejileri olmak üzere iki başlığa ayrılabilir (Çilingir ve Türnüklü, 2009). Bu çalışmada ölçmeye dayalı tahmine odaklanıldığından ölçmede tahmin için kullanılan stratejiler üzerinde durulacaktır. Literatürde ölçmede tahmin için kullanılan stratejiler tanımlanmıştır (Hildreth, 1983; Tekinkır, 2008; Van de Walle vd., 2014). Bu stratejiler; gözünde canlandırma, var olan bilgi ve tecrübelerle dayalı tahminde bulunma, önceki bilgiyi kullanma, parçadan bütüne ulaşma, karşılaştırma, birim tekrarlama, referansla karşılaştırma, parçalama, sıkıştırma, alt birimdeki ipuçlarını kullanma ve rasgele tahmin stratejileri olarak adlandırılmaktadır (Çilingir ve Türnüklü, 2009; Hildreth, 1983; Joram vd., 2005; Van de Walle vd., 2014). Bu stratejilerin alanyazında farklı isimlerle adlandırılması söz konusudur. Bu çalışmada tanımlanan stratejiler yöntem kısmında detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Öğretim programında ortaokul kademesinde 5. sınıf seviyesinden itibaren tahmin stratejilerinin kullanımı vurgulanmıştır. Ortaokul düzeyindeki kazanımlar, öğrencilerin tahmin becerilerinin ve tahmin stratejilerinin kullanımına ve geliştirilmesine yöneliktir. Bu sebeple öğrencilerin sıklıkla tahmin yapmaya yönlendirilmeleri gerektiği vurgulanmaktadır (MEB, 2018).

Tahmin stratejilerine ilişkin çalışmalar incelendiğinde hesaplama dayalı tahmin stratejileri üzerinde durulduğu görülmektedir (Ayvalı, 2013; Boz ve Bulut, 2017; Hanson ve Hogan, 2000; Levine, 1982; Özcan, 2015; Reys vd., 1991; Sowder, 1992; Sulak, 2008; Yazgan, Bintaş ve Altun, 2002). Kılıç ve Olkun (2013) beşinci sınıf öğrencilerinin günlük yaşam problemlerinde ölçümsel tahmin performanslarını ve kullandıkları stratejileri incelemiştir. Öğrencilerin ilk olarak rasgele tahmin stratejisini kullandıkları görülmüştür. Daha sonra karşılaştırma ve önceki bilgiyi kullanma

stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir. Başarı düzeyi ile strateji kullanımı arasındaki ilişki incelendiğinde ise başarı düzeyi düşük olan öğrencilerin rasgele tahmini daha çok tercih ettikleri, orta ve yüksek başarı düzeyindeki öğrencilerin ise daha çok parçalama, karşılaştırma, birim tekrarlama, önceki bilgiyi kullanma ve bunları bir arada kullandıkları tespit edilmiştir. Taylor vd. (2001) ise üçüncü ve dördüncü sınıf seviyesindeki 110 öğrencinin ölçmede tahmin kullanımlarını ve hassaslığını görüşmeler aracılığıyla incelemişlerdir. Öğrencilerin çoğunluğunun ölçmede tahmin stratejilerini uzunlukları tahmin ederken kullandıkları gözlenmiştir. Çok az öğrencinin hacim ve ağırlık tahminlerinde strateji kullandığı tespit edilmiştir. Öğrenciler matematik dersinden ziyade fen dersinde ölçmede tahmin stratejilerini kullandıklarını belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda öğrencilerin mevcut tahmin becerilerinin kaba tahminlerini etkilediği belirlenmiştir. Hildreth (1983), beşinci ve yedinci sınıf öğrencileri ve lisans birinci sınıf öğrencileri ile ölçümsel tahminde kullanılan stratejiler üzerine çalışmıştır. Uzunluk ve alanla ilgili farklı stratejiler tanımlayarak tahmin becerisi ile strateji kullanımı arasında pozitif bir ilişki bulmuştur. Öte yandan strateji kullanımı ve tahmin becerisi ile matematik başarısı arasında kısmen bir ilişki bulunmuştur. Lisans öğrencilerinin strateji kullanımı ve tahmin becerisi ile matematik başarısı arasında ilişki bulunmuşken beşinci ve yedinci sınıf öğrencileri için bulunamamıştır. Crities (1992) üçüncü, beşinci ve yedinci sınıf düzeyinden oluşan 401 öğrenciye tahmin beceri testi uygulamıştır. Her sınıf seviyesinden test puanları en düşük ve en yüksek olan 36 öğrenci ile kullandıkları stratejilere ilişkin görüşmeler yapmıştır. Araştırmanın sonucunda beşinci ve yedinci sınıf öğrencilerinin üçüncü sınıf öğrencilerine kıyasla daha başarılı tahminlerde bulundukları belirlenmiştir. En çok kullanılan stratejilerin var olan bilgi ve tecrübelerle dayanarak tahmin yapma, analiz, karşılaştırma ve gözünde canlandırma olduğu görülmüştür. Öğrencilerin tahmindeki başarısızlıklarının sebepleri sayı duyularındaki eksiklikler, büyük sayılarla işlem yapmada zorlanma ya da gelişmemiş hesapsal tahmin becerisi olarak gösterilmiştir. Tekinkır (2008) altıncı-sekizinci sınıf öğrencilerinin tahmin stratejilerini ve tahmin becerisi ile matematik başarısı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Öğrencilerin işlemsel ve ölçümsel tahmin için kullandıkları 12 tane tahmin stratejisi tanımlanmıştır. Bu stratejiler; yuvarlama, dağılma, düzenleme, gruplandırma, ilk ve son basamakları kullanma, zihinden işlem, gözünde canlandırma, var olan bilgi ve tecrübelerle dayanarak

tahmin yapma, karşılaştırma, parçadan bütüne ulaşma, deney yoluyla tahminde bulunma ve rastgele tahminde bulunma olarak isimlendirilmiştir.

Öğrencilerin tahmin becerilerinin eğitimle geliştirilebildiği bilinmektedir (Crites, 1992). Heinrich (1998) altıncı-sekizinci sınıf öğrencilerine yönelik dört haftalık bir eğitim ile hesaplamalı tahmin becerilerinin gelişimini incelemiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin tahmin stratejilerinde ilerleme katedildiği belirlenmiştir. Öğrencilere verilecek eğitim ile tahmin stratejilerinin geliştirilebileceği fikri Crites (1992) ve Yazgan vd. (2002)'ın çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Bulut vd. (2017) tahmin çeşitlerinin ve stratejilerin isimlendirilmesindeki tutarsızlıklara dikkat çekmişlerdir. Alanyazındaki stratejiler incelendiğinde tanımlanan bazı stratejilerin benzerliği görülmektedir. Örneğin hem önceki bilgiyi kullanma hem de var olan bilgi ve tecrübelerle dayalı tahmin stratejilerinde öğrenciler var olan bilgileri ile cevap bulmaya çalışmaktadırlar (Boyraz, 2017). Buna rağmen söz konusu stratejiler farklı kaynaklarda farklı isimlendirilmektedir. Benzer olarak karşılaştırma stratejisinin sıkıştırma, referansla karşılaştırma ve birim tekrarlama stratejilerini kapsadığı görülmektedir. Rastgele tahminde ise öğrencilerin herhangi bir yönteminin olmamasının strateji tanımına uymadığı görülmektedir. Ölçümsel tahminle ilgili stratejilerin farklı isimlerde kullanılması ya da rastgele tahminin bazı kaynaklarda strateji kabul edilirken (Köse, 2013; Tekinkır, 2008), bazılarında kabul görmemesi karışıklığa neden olabilmektedir (Boyraz, 2017).

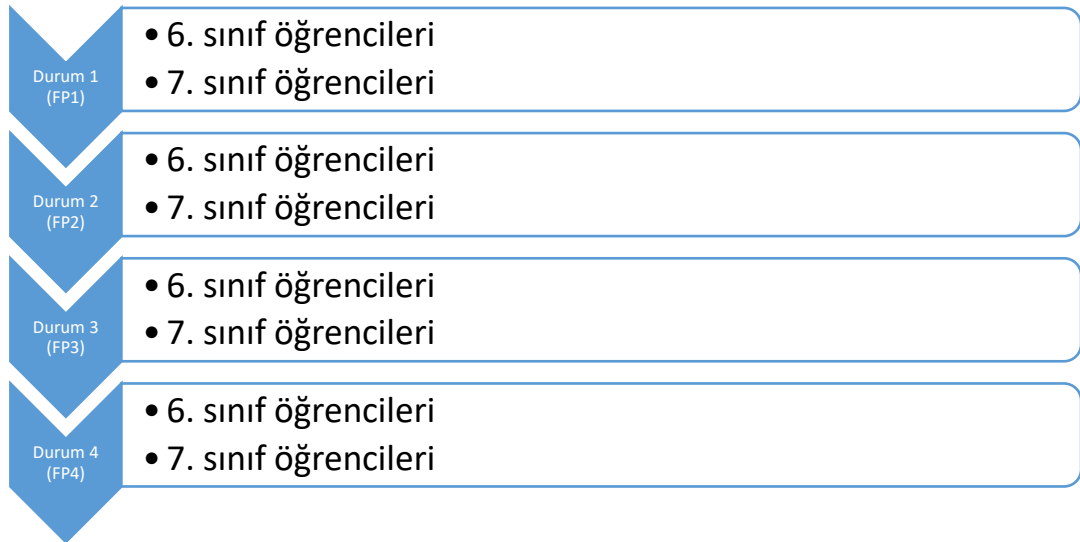
Değişken değerini belirlemede kullanılan stratejiler tahmin stratejilerinden daha fazlasını içermekte olup bu çalışmada öğrenciler tarafından kullanılan tüm stratejilerin açığa çıkarılması amaçlanmıştır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde, araştırmanın modeli, çalışma grubu, araştırmada kullanılan veri toplama araçları, uygulama aşaması (Pilot Uygulama ve Esas Uygulama), verilerin analiz yöntemleri, geçerlik ve güvenirlik çalışmaları açıklanmıştır.

4.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Nitel araştırmalarda durum çalışması desenleri tek ve çoklu durum olmak üzere ikiye ayrılırken, her bir durum da kendi içinde yine ikiye ayrılmaktadır (Yin, 2003). Bunlar; bütüncül ve iç içe geçmiş tek durum deseni ve bütüncül ve iç içe geçmiş çoklu durum deseni şeklindedir. Bu çalışmada iç içe geçmiş çoklu durum deseni kullanılmıştır. Yin (2003)'e göre bu desende birden fazla durum ele alınırken, her bir durum da kendi içinde alt gruplara ayrılarak çalışılmaktadır. Böylece durumların karşılaştırmalı olarak tanımlanması mümkündür (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu çalışmada yakın bağlamdan uzağa doğru tanımlanan dört adet Fermi problemi durumları, her bir problem içinde yer alan sınıf düzeyleri ise alt grupları göstermektedir. Araştırma deseni Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Araştırma deseni

Şekil 4.1’de sunulduğu üzere birinci durumdan dördüncü duruma doğru öğrenci çevresine göre yakından uzağa doğru verilen dört adet Fermi problemi temel alınmıştır. Öğrencilerin okul yaşantılarının bir parçası olan birinci Fermi problemi öğrencilere en yakın problem şeklinde nitelendirilmiştir. İkinci problem öğrencilerin yakın çevrelerinde bulunan bir yerleşke ile ilgili iken, üçüncü problem öğrencilere ikinci problemden daha uzak olan bir yerleşke ile ilgilidir. Dördüncü problem ise tüm ilçeyi kapsayan bir Fermi problemidir. Tüm sorular öğrencilerin kendi bulundukları çevreden olması nedeniyle otantik problemler olarak nitelendirilmiştir. Fakat problemler öğrencilerin çevresine yakınlığına göre farklı durumlarda sınıflandırılmıştır. Böylece Fermi problemi 1’den 4’e doğru bir karşılaştırma yapılması hedeflenmiştir. Bu dört durum altında 6. ve 7. sınıf öğrencileri her bir alt grubu oluşturmuş ve yine aralarındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır.

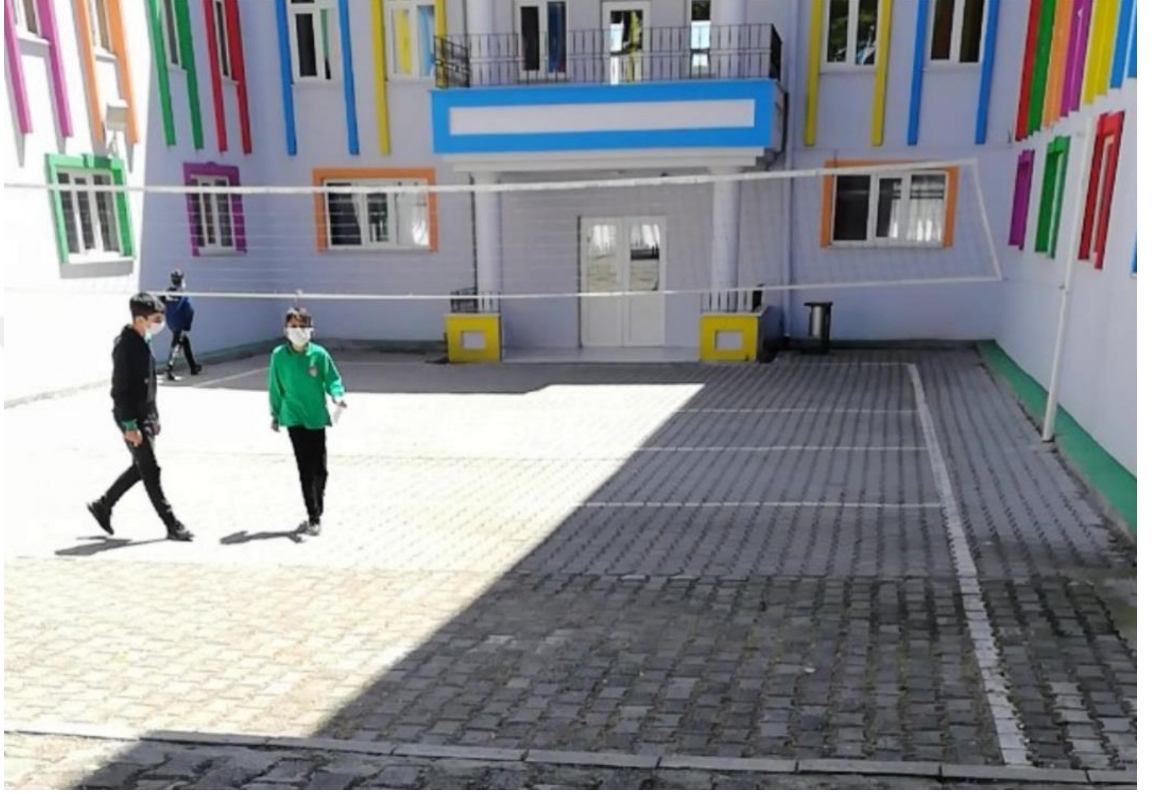
4.2. Araştırma Süreci

Araştırma süreci pilot uygulama ve esas uygulama olmak üzere iki başlık altında incelenecektir.

4.2.1. Pilot uygulama

Pilot çalışma, esas uygulamadan bir önceki eğitim öğretim yılının bahar döneminde aynı okulun, altıncı sınıf şubesinde öğrenim gören 10 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Uygulama bir haftada 4 ders saatinde tamamlanmıştır. Çalışmaya başlamadan önce, ilk olarak gruplar belirlenmiştir. Grup üyeleri tarafından, içlerinden bir kişi grup sözcüsü olarak seçilmiştir. Uygulamaya başlarken, öğrencilere rahat olmaları, uygulamanın sözlü ya da yazılı bir sınav olmadığı sadece matematik dersi adına keyifli ve verimli bir ders uygulaması olduğu, aynı zamanda da burada öğrenmiş oldukları becerilerin matematik başarılarına katkı sağlayacağı öğrencilere ifade edilmiştir. Daha sonra Okul yıl sonu mezuniyet konseri için kaç kişilik bilet satabiliriz? (Gallart vd., 2017) problemi tahtaya yazılarak öğrencilerle birlikte tartışılmıştır. Mezuniyet Konseri FP pilot uygulamasında; öğrencilerin verilen problem durumu ile ilgili gerekli gözlem, ölçüm ve araştırma yapmalarına olanak sağlanmıştır. Öğrenciler araştırma yaparken teknolojik araç olarak akıllı tahtadan faydalanmışlardır. Uygulamaların bir kısmı problem

durumunda adı geçen okul bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler okul bahçesine inmeden önce bahçede neleri hesaplamaları gerektiği veya hangi verilere ihtiyaç duyduklarını sınıfta grup arkadaşlarıyla tartışmışlar ve daha sonra okul bahçesine inerek veri toplamışlardır. Veri toplama sürecine ilişkin alıntı Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4. 2. Pilot uygulamada veri toplama sürecine ilişkin alıntı

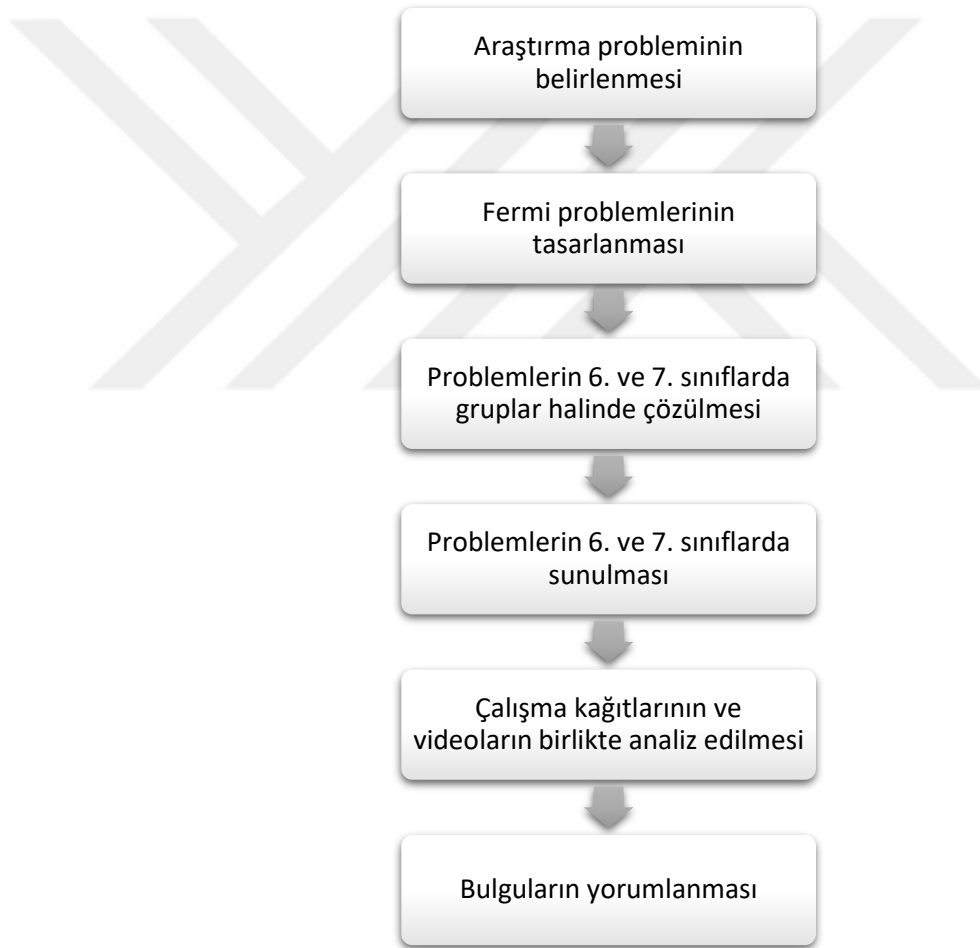
Pilot uygulamadan sonra buradan elde edilen verilerle esas uygulamanın bazı süreçleri şu şekilde revize edilmiştir.

- Araştırmacı hem akademik başarı düzeyleri yüksek olan öğrencilerin bir araya gelmelerine hem de gruplarda öğrencilerin homojenize olmalarına engel olmak adına yönlendirmede bulunmuştur. Bunun ardından, bu şekilde oluşturulan gruplarda isteksizlik/çatışma yaşanması ve grup dinamizminde görülen yetersizlikler nedeniyle bu alandaki bir bilim uzmanının görüşüne başvurulmuştur. Bilim uzmanıyla alınan kararlar birlikte esas uygulamada grup seçiminin tamamen öğrencilere bırakılmasına karar verilmiştir.

- Uygulama esnasında uygulayıcı, öğrencilere her grubun kendi içlerinde tartışma ve fikir alışverişi yapabileceklerini belirtmiş fakat bazı öğrenciler çalışma kâğıtlarına grup çalışmalarının ürünlerini yazmak yerine daha çok kendi fikir ve çözüm yollarını beyan etmeyi tercih etmişlerdir. Bu durumda öğrenciler ortak bir çözüm ortaya koyamamışlardır. Bundan dolayı esas uygulamada grup çalışmasının önemi vurgulanmıştır.

4.2.2. Esas uygulama

Araştırmanın uygulanma süreci akış diyagramı Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4. 3. Uygulama süreci akış diyagramı

Pilot uygulama sonrası yapılması planlanan FP uygulamaları, Covid- 19 pandemisi etkisinde 25 Ekim 2021 ve 21 Ocak 2022 tarihleri arasında yüz yüze ve sosyal mesafe kuralları kapsamında tamamlanmıştır. Yapılan bu çalışmada veriler uygulama

esnasında, öğrenci çalışma kâğıtları, sınıf içi ses kayıtları ve çalışmanın sunum aşamasında ise video kayıtlarıyla toplanmış ve bilgisayar ortamında saklanmıştır. Uygulama üç adet 6.sınıf, altı adet 7.sınıf grubu ile gerçekleştirilmiş olup gruplardaki öğrenci sayıları üç ile beş arasında değişkenlik göstermektedir. Grup oluşumları tamamen öğrencilerin seçimlerine bırakılmıştır. Gruplar kendi aralarında yüzleri birbirine bakacak şekilde sınıfın farklı bölgelerine konumlandırılmıştır.

Araştırmacı problemi öğrencilere söyledikten sonra onların probleme dair anlamadıkları noktaları açıklamıştır. Sonrasında öğrenci gruplarına çözümleri yazabilmeleri için boş kâğıtlar dağıtmıştır. Öğrenciler ilk başta probleme dair hiçbir bilgi verilmemesine şaşırılmış ancak tek bir cevabın olmadığını öğrenince problemle ilgili grup tartışmalarına başlamışlardır. Gruplar genelde bir kişiyi aralarında yazman belirlemiş ve çözümü o arkadaşlarına yazdırmışlardır. Bazı gruplarda iş yazma, araştırma yapma, sunma görevleri paylaşılrken bazı gruplarda bu görevlerin çoğunu aynı öğrenciler üstlenmiştir. Öğretmen gruplara ziyaretlerde bulunmuş, öğrencilere sorular sorarak rehber olmaya çalışmış, ayrıca grup üyelerinin yaptıkları çalışma hakkında bilgiler toplamıştır. Öğrencilerin modelleme sürecinde diledikleri gibi standart ölçme araçları (terazi, metre, hesap makinesi vb.) veya standart olmayan ölçme araçları (torba, adım vb.) kullanmalarına izin verilmiştir. Ayrıca öğrencilerin araştırma yapabilmeleri için kitap, internet ve bilgisayar gibi imkânlar sağlanmıştır. Bunun yanı sıra öğrencilerin, görüşmek istedikleri tüm kişilerle örneğin yemekhane aşçısı, okul müdürü vb. görüşmeleri kısıtlanmamıştır.

FP uygulamalarında, öğrenci grupları kendi çalışma süreçlerini tamamladıklarını ifade ettiklerinde ise çalışmanın sunum aşamasına geçilmiştir. Sunum sürecinde öğrenci grupları tüm grup üyeleriyle beraber ortaya koydukları modelleri diğer sınıf arkadaşlarına sunmuşlardır. Yine araştırmacı, tanılayıcı ve Sokratik sorular sorarak öğrencilerin çalışmalarını sebepleri ile beraber açığa kavuşturmuştur.

4.3. Çalışma Grubu

FP her sınıf seviyesinde kullanılabilecek bir problem türüdür. Farklı sınıf seviyelerindeki öğrenciler FP'ini farklı stratejilerle yanıtlayabilir. Daha fazla stratejinin belirlenmesi ve farklılıkların ortaya konabilmesi açısından farklı sınıf seviyelerinin

incelenmesi önem arz etmektedir. Bu sebeple araştırma 2021-2022 öğretim yılında 11’i altıncı sınıf ve 26’sı yedinci sınıf olmak üzere toplam 37 ortaokul öğrencisi ile yürütülmüştür. Çalışmada kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Kolay ulaşılabilir örnekleme yönteminde araştırmacı yakın ve ulaşılması kolay olan bir durumu seçer (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu yöntemin seçilmesinin sebebi, çalışma uzun süreli olup veri toplama süreci bir dönem boyunca gerçekleştirilmiş olmasıdır. Nitel araştırmaların özelliklerinden biri olan verilerin doğal ortamında toplanması için (Patton, 2015), bu uzun süreli çalışmada verilerin öğrencilerin aşına oldukları öğretmenle ve ders esnasında toplanması esas alınmıştır. Çalışmada oluşturulan gruplar Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1. Esas uygulama için oluşturulan gruplar

	Sınıflar		
	6-A	7-A	7-B
Gruplar	G1= R, M, G, C	G4= K, U, İ, Z, E	G7= E, F, Y, T
	G2= S, K, C	G5= B, M, E, T, E	G8= D, Y, B, H
	G3= B, Ö, E, V	G6= N, A, M, M	G9= B, Y, A, B

Tablo 4.1’e göre altıncı sınıftan üç grup, yedinci sınıftan altı grup çalışmaya katılmıştır. Tabloda yer alan G1, G2... grupları, R, M.... öğrencilerin isimlerini temsil etmektedir. Tablo 4.1’den görüldüğü üzere G4, G5 grupları beş kişiden; G1, G3, G6, G7, G8, G9 grupları dört; G2 grubu ise üç kişiden oluşmaktadır. Ayrıca G1, G2 ve G3 6. sınıf öğrencilerinden, G4, G5, G6, G7, G8, G9 7.sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır.

4.4. Veri Toplama Araçları

Veriler çalışma kağıtları, ses kayıtları ve video kayıtlarından oluşmakta olup aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

4.4.1. Çalışma kağıtları

Çalışma soruları oluşturulurken öğrencilerin, çözümünü merak ettikleri veya yaşamlarını zorlaştıran bir problem durumunun belirlenmesi gibi faktörler ele alınmıştır. Öğrencilerin eğitim kademeleri de dikkate alınarak, araştırmacı tarafından dört adet FP

(FP 1: Yemekhane israfı, FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma, FP 3: Geri dönüşüm alanı, FP 4: Kömür miktarı) hazırlanmıştır. Bu süreçte literatürdeki (Abay ve Gökbulut, 2017; Albarracin ve Gorgorió, 2013a, 2013c, 2014, 2019; Gallart vd., 2017) FP yapıları dikkate alınmıştır. Ayrıca FP'ler Wess ve Greefrath (2019) tarafından sunulan modelleme görevleri ile ilgili kriterlere uygun olarak geliştirilmiştir. Söz konusu FP'ler öğrencilerin yaşadıkları yerleşkeyi içermektedir. Bu nedenle FP'ler öğrencilere fiziksel olarak yakındır. Soruların yönlendirme içermemesine dikkat edilmiştir. Bu gerekçelerden hareketle hazırlanan FP'ler öğrenciler açısından gerçekçi ve yakınlık kriterlerine uygundur. Ayrıca soruların açık uçlu olması ve modelleme alt yeterliklerine de hitap etmesi Wess ve Greefrath (2019) tarafından verilen kriterleri sağlamaktadır.

Alan uzmanı tarafından incelenen sorulara bazı önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler doğrultusunda aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır.

- Öncelikle yemekhane FP durumunda herhangi bir değişiklik yapılmamasına karar verilmiştir.
- Geri dönüşüm FP durumunda yer alan “çöp” ibaresinin öğrencilerde kısıtlama oluşturabileceği düşüncesiyle çıkarılarak, “geri dönüşüm” ifadesinin kullanılması kararlaştırılmıştır.

Gerekli düzenlemeler sonucu oluşan FP'leri aşağıda verilmiştir.

4.4.1.1. Çalışma kağıtlarında yer alan Fermi Problemleri

Çalışma kağıdında yeralan problemler EK3'te sunulmuştur. Bu problemler sırasıyla,

FP1: Okul yemekhanesinde bir haftada ne kadar yemek israf ediliyor?

Okul, çevre köylerden gelen öğrenciler için pansiyon hizmeti sağlamaktadır. Pansiyonda kalan öğrenciler günde üç öğün okul yemekhanesinden yararlanmaktadır. Okul yemekhanesinde öğle yemeklerinde tüm öğrenciler yemek yiyebilmektedir. İsteyen öğrenciler ise öğle yemeklerinde servisle evlerine veya çarşıya gidebilmektedir.

FP2: A bölgesini ağaçlandırmak için ne kadar ağaca ihtiyaç var?

A bölgesi, ilçe merkezinin sınırında bir konuma sahiptir. Öğrencilerin büyük kısmı gerek bizzat o bölgede yaşamak gerekse akrabalarının bulunması sebebiyle söz konusu bölgeye aşinadırlar.

FP3: İlçenizde 10 yıllık geri dönüşüm atığı için ne kadar büyüklükte bir alana ihtiyaç var?

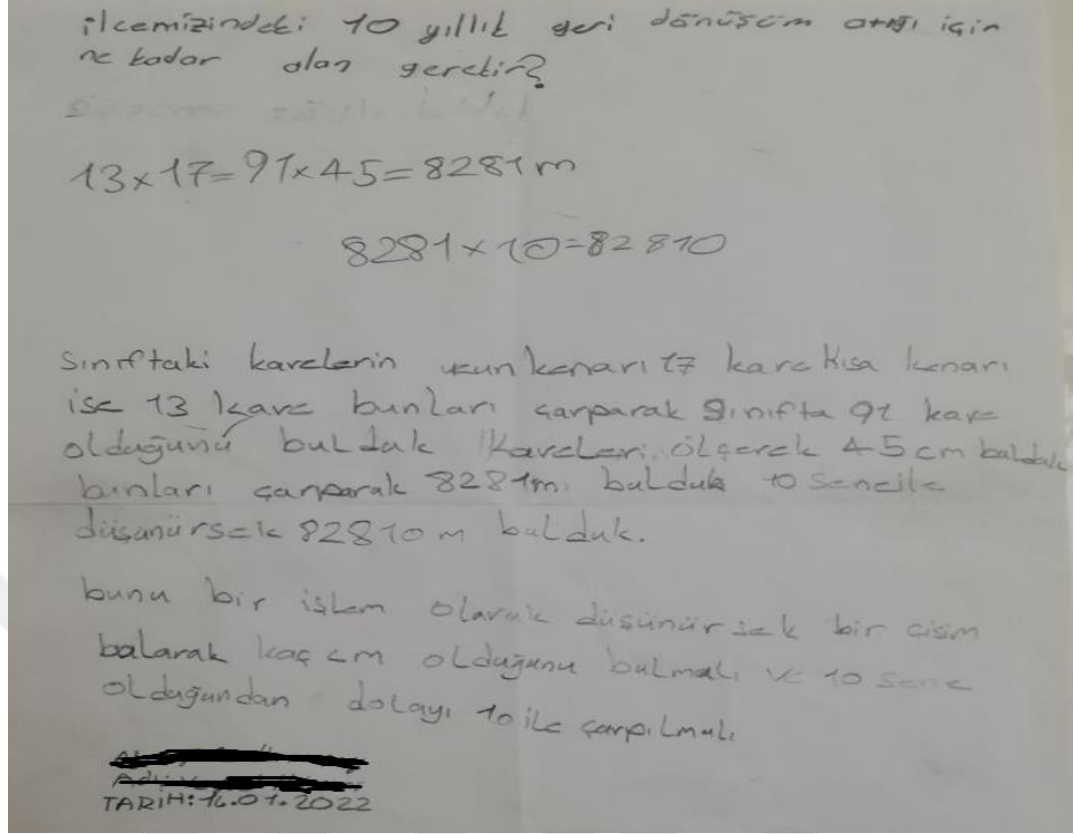
İlçede halihazırda bir geri dönüşüm tesisi bulunmamaktadır. Ancak problem çözümünde öğrencilerin büyük bir kısmı ilçe merkezinin uzağında bulunan ilçe çöplüğünü geri dönüşüm alanı olarak seçmiştir.

FP4: İlçenizde bir yılda ne kadar kömür kullanılıyor?

Bu problem öğrencilerin tüm ilçeyi gözönüne alacakları bir çözüm içermektedir. İlçede doğalgaz bulunmayıp evlerin büyük kısmı soba kullanmaktadır. Az bir kısım ise kalorifer kullanmaktadır. Bu bilgiler diğer problemlere göre bu problemin uzak problem olarak konumlandırılmasının yanında yine öğrencilerin çevresinden olduğunu göstermek amacıyla sunulmuştur.

Öğrencilerin çözümlerindeki değişimi öğrencilerin çevresine yakınlığına göre inceleyebilmek amacıyla FP'ler yakından uzağa doğru giden bir sıralamayla öğrencilere sunulmuştur. FP'lerdeki bağlam yakınlığı incelenecek olursa, FP1'de öğrencilerin günlük hayatlarında sıkça bulundukları okul ile ilgili bir problem bağlamı kullanılmıştır. FP2'de biraz daha az bulundukları ancak birçok öğrencinin yakından bildiği bir A bölgesi ile ilgili içeriğe yer verilmiştir. FP3 ve FP4'te ise ilk iki soruya nispeten öğrencilere daha uzak ve daha geniş kapsamlı bir bağlam olan ilçe bağlamı kullanılmıştır. Böylece FP1'den FP4'e gidildikçe yakından uzağa giden bir bağlam içeriği sunulmuştur.

Örneğin FP3'e ait bir çalışma kağıdı Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4. 4. FP1'e ait çalışma kağıdı örneği

4.4.2. Ses kayıtları

FP uygulamaları yaklaşık 2 ders saatinde yapılmıştır. Bu süreçte öğrencilerin öğretmenle etkileşime geçtiği ve çözüm için harekete geçtikleri anlar ses kaydına alınmıştır. Bulgularda yer verilen diyalogların bir kısmı ses kayıtlarından alınmıştır.

Örneğin öğrenciler, FP1'i çözme sürecinde yemekhaneye inerek gözlem yapmak istemiştir. Yemekhaneye indiklerinde araştırmacı da onlara eşlik ederek öğrencilerin konuşmalarını kayda almıştır. Aşağıda G8'in yemekhane personeline sorular sorduğu FP1'e ait bir ses kaydı vardır.

-yemekhanede 1 günde ne kadar yemek israf ediliyor?

-ne istiyorsun tam olarak onu sor(öğretmen)

-yüzdelik oranı. %20 mi %10 mu?

-%10'dur.çok %20 çöpe atan öğrenci yok yani(aşçı)

...

-çok fazla oldukları (hafta sonu yurttan kalanlar) için döktükleri de çok fazla olur

-olabilir(öğretmen)

-10 kişide ne olur, %15'i geçer.

4.4.3. Video kayıtları

Öğrenciler sunum esnasında matematiksel modelleme süreçlerini paylaşıırken kameraya alınmıştır. Kamera öğrencilerin dikkatini dağıtmayacak şekilde konumlandırılmıştır. Daha sonra videolar zaman dilimlerine ayrılarak ve tekrar dinlenerek yazıya aktarılmıştır. Bulgularda yer verilen diyalogların bir kısmı video kayıtlarından alınmıştır. FP2 video kayıtlarından G1'e ait bir örnek aşağıda verilmiştir.

- Biz Sümeýra hocamızın bize verdiği sorunun cevabını bulmaya çalıştık. Soru buydu. A bölgesine ağaçlandırma yapılmak isteniyor. Ne kadar ağaç dikileceğini bulcaz. Biz ilkönce A bölgesindeki ağaçların çevresini bulduk. Yani 1000 m²

- Nasıl buldunuz? (Öğretmen)

- A bölgesinde oturan kişilere sorduk. A bölgesinde oturanlar bize geldiğinde onlara sorup bulduk.

4.5. Verilerin Analizi

Toplanan veriler matematiksel modelleme süreci temel alınarak içerik analizine tabi tutulmuştur. İlk olarak öğrenci çözümlerine ait tüm bulgular Tablo 4.2'de sunulan yeterlik ve alt yeterliklere göre araştırmacı ve bir uzman tarafından analiz edilmiştir. Çalışmanın basitleştirme ve matematikselleştirme aşamalarına odaklanması nedeniyle sadece bu yeterliklere ilişkin bilgi sunulmuştur.

Tablo 4. 2. Basitleştirme ve matematikselleştirme aşamalarına yönelik matematiksel modelleme alt yeterlikleri ve göstergeleri

Modelleme yeterlikleri (Borremeo Ferri)	Modelleme alt yeterlikleri (Blum ve Kaiser)	Göstergeler
Basitleştirme	Durumu etkileyen nicelikleri belirleme ve isimlendirme	Durumda verilmeyen ancak durumu etkileyen değişkenleri belirlemek, bunları isimlendirmek Çözümü etkileyecek anahtar değişkenleri belirlemek Uygun/uygun olmayan değişkenleri belirlemek
	Değişkenler arası ilişkileri kurma	Değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade etmek Belirlediği değişkenlerin önemi hakkında fikir belirtmek Değişkenlerin modelleme durumunu nasıl etkilediğini açıklamak
Matematikselleş Tirme	İlgili nicelikleri ve aralarındaki ilişkileri matematikselleştirme	Tahminlerinden ve varsayımlarından hareketle uygun bir matematiksel model yazmak

Örneğin Tablo 4.2’de verilen durumu etkileyen nicelikleri, nitelikleri ve anahtar değişkenleri belirleme ve isimlendirme alt yeterliğine ilişkin G4’ten FP1’e (yemekhane problemi) ait bir gösterge aşağıda verilmiştir:

“Et ve tavuk yemekleri daha çok sulu yemekler daha az tercih ediliyor.”

Bu cümlede et yemeklerinin sulu yemeklerden daha çok yenildiğinin belirtilmesi bu yemek türünün çöpe daha az atılacağı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla israf miktarını etkileyen anahtar bir değişken olarak “yemek türü” nün belirlendiği tespit edilmiştir.

Daha sonra 1. araştırma durumu olan altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin Fermi problemleri ile MM süreci kapsamında yer alan basitleştirme ve matematikselleştirme becerilerinin derinlemesine incelenmesi için FP’lerinde kullanılan değişken, değişken değerleri ve tahmin stratejileri içerik analizi ile belirlenmiştir. Araştırmada temel alınan değişken değerini belirleme stratejileri Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4. 3. Değişken değerini belirleme stratejileri

Stratejiler	Gösterge
Rasgele tahmin	Herhangi bir mantıksal süreç ve strateji kullanmadan yapılan tahminleri içerir (Segovia ve Castro, 2009). Bu tahminlerde “göz kararı” ya da “tahminim” gibi gerekçeler öne sürülür (Segovia ve Castro, 2009).

Tablo 4.3. Değişken değerini belirleme stratejileri (devamı)

Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma	Önceden öğrenilen bilgi veya deneyimlerden faydalanarak yapılan tahminleri içerir (Çilingir ve Türnüklü, 2009). Örneğin; 30 mandalının kaç kilogram olacağını tahmin etmeleri istendiğinde birçok öğrenci günlük hayatta pazar veya market alışverişindeki gözlemlerinden yola çıkarak tahminde bulunabilir.
Gözünde canlandırma	Ölçüsü tahmin edilecek nesnenin gözde canlandırılıp, ölçüsü bilinen başka bir nesne ile zihinde karşılaştırılmasıyla yapılan tahminleri içerir (Siegel vd., 1982). Bu şekildeki tahminlerde karşılaştırmanın nasıl yapıldığı net değildir, “aklımda canlandırımdı” “gözümde canlandırıp ölçtüm” gibi açıklamalar yapılır.
Karşılaştırma	Ölçüsü tahmin edilecek nesnenin ölçüsü bilinen bir birim veya referans ile kıyaslanmasıyla yapılan tahminleri içerir (Tekinkır, 2008). Bu şekildeki tahminlerde tahmin edilecek nesne üzerinde bir düzenleme yapılmaz.
Ölçme*	Ölçüm yaparak sonuç bulma
Dış kaynak*	Cevabı dış bir kaynaktan (baba, arkadaş, büyükler, müdür) alma
Dijital araçlar*	Cevabı dijital bir araçtan (akıllı tahta, bilgisayar, internet) elde etme

* araştırmacı tarafından eklenmiştir.

Tablo 4.3'te yedi adet değişken değerini belirleme stratejisi yer almaktadır. Tablo 4.3'teki ilk dört strateji literatürden alınırken son üç strateji araştırmacı tarafından eklenmiştir. Örneğin Tablo 4.3'te yer alan önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisine ilişkin G9'un FP1'e ait bir göstergesi aşağıda verilmiştir.

“Öğlen %9 dememizin nedeni daha çok kişi yemek yiyor, köylerden gelenler de yiyor o yüzden daha fazla yemek dökülüyor”

Burada günlük yemek israfı değişkeninin değeri belirlenirken öğrencilerin yemekhane ile ilgili önceki bilgi ve deneyimlerinden yararlandığı belirlenmiştir. Diğer stratejilere bulgular bölümünde yer verilmiştir.

İkinci araştırma durumu olan yakından uzağa doğru tasarlanan Fermi problemlerinin modelleme sürecindeki stratejilere etkisinin ortaya çıkarılması için grupların matematiksel model ve modelleme stratejileri analiz edilmiştir. Modeller araştırmacı tarafından belirlenirken modelleme stratejileri Albarracin ve Gorgorió (2019) ile Albarracin vd. (2021) tarafından ortaya konan “bir strateji belirlenemez, indirgeme ve orantı kullanımı, konsantrasyon ölçümü, referans noktası” modelleme stratejileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Ek olarak araştırmacı tarafından belirlenen ayrıntılı

ölçüm ve ayrıntılı tahmin stratejileri kullanılmıştır. Bu stratejilere ilişkin göstergeler Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4. 4. Matematiksel model oluşturma stratejileri

Stratejiler	Gösterge
Bir strateji belirlenemez	Görevi yanlış anlama ve göreve uygun bir strateji belirleyememe
İndirgeme ve orantı kullanımı	Bir başlangıç problemi ele alınır. Başlangıç problemi çözmek için daha küçük sayılar kullanılır. Esas problem orantı faktörü kullanılarak çözülür.
Referans noktası	Belirlenen alana bir birimin kapladığı alanı bölerek alana sığabilecek eleman sayısını bulma, kısaca bir birimin yinelenmesi sonucu elde edilen eleman sayısı
Konsantrasyon ölçümü	Bir birime sığan eleman sayısını tahmin ederek belirlenen alanın değeri ile çarpıp toplam eleman sayısını bulma
Ayrıntılı ölçüm*	Ölçme işlemi ile sonuca ulaşma
Ayrıntılı tahmin*	Akıl yürütme ile sonuca varma

*araştırmacı tarafından eklenmiştir.

Tablo 4.4'te altı adet matematiksel model oluşturma stratejisi yer almaktadır. Tablo 4.4'teki ilk dört strateji literatürden alınırken son iki strateji araştırmacı tarafından eklenmiştir. Örneğin Tablo 4.4'te yer alan referans noktası stratejisine ilişkin G9'un FP2'ye ait bir göstergesi aşağıda verilmiştir.

“...yol kenarlarına diktiğimiz zaman 40 tane ağaç olduğunu hesapladık. Nedenini sorarsanız yol kenarlarında çok yer var ve bu yer ortalama 240(adım sayısı=metre kabul etmişler) metre olabilir. Her 2 ağaç arasında 6-7 adım boşluk bırakarak dikmeyi düşündük ve bu şekilde bu sonuca vardık.”

Bu çözümde öğrencilerin dikim yapılacak bölgenin uzunluğunu bir ağacın kaplayacağı mesafeye böldükleri belirlenmiştir. Dolayısıyla belirlenen alana bir birimin kapladığı alanı bölerek alana sığabilecek eleman sayısını bulduklarından model oluşturma stratejisi olarak referans noktası stratejisini kullandıkları belirlenmiştir. Diğer stratejilere bulgular bölümünde yer verilmiştir.

4.6. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Geçerlik ve güvenirlik çalışmaları uygulama aşaması ve analiz aşaması olmak üzere ikiye ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, sınıf içi uygulamanın geçerlik ve güvenirliliğini artırmak amacıyla öncelikle pilot uygulama yapmıştır. Bu uygulamada,

başarılı şekilde uyguladığı durumları ve karşılaştığı problemleri not almış ve alandaki uzman ile karşılıklı olarak paylaşmışlardır.

Çalışmanın güvenilirliği için süreç kayda alınmıştır. Araştırmacı gerek pilot uygulamada gerekse esas uygulamada öğrencilere yönlendirme ve müdahalede bulunmamaya azami ölçüde dikkat etmiştir. Uygulama süreci boyunca araştırmacı, grup üyelerine “nasıl bilebilirsin?” ve “bu sonuca nasıl vardınız?” gibi sorular sorulmuştur. Bu bağlamda, öğrencilerin kendi bilgi ve deneyimlerini hem araştırmacıyla hem de diğer grup üyeleri ile paylaşımları hedeflenmiştir. Veri toplama araçlarında bu sürecin ayrıntılı olarak verilmesi güvenilirliği artırıcı bir unsurdur.

Ayrıca matematiksel model oluşturma stratejilerinin analizinde Miles & Huberman (1994) güvenilirlik formülü ($\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$) kullanılmıştır. Kodlayıcılar arası uyum %77,7 gelmiştir. “Müdüre sorma” ifadesi ilk başta bir modelleme stratejisi olarak düşünülmüşken sonradan bir değişken olduğu ortak kararına varılarak kodlayıcılar tarafından basitleştirme basamağına ait tahmin stratejisi şeklinde kodlanmıştır. Bu çalışmada araştırmacı aynı zamanda, araştırmanın yapıldığı ortaokulun matematik öğretmenidir. Öğrencilerle uzun dönemli bir çalışmanın gerçekleştirilmiş olması ve bulgulara diyalog ve alıntılara yer verilmesi de analizlerin güvenilirliğini artırıcı niteliktedir.

4.7. Araştırmacının Rolü

Araştırmacı, bu çalışmaya başlamadan önce MM ile ilgili herhangi bir lisans ve lisansüstü ders veya kurs almamıştır. Bunun yanında, deneyim kazanabilmek adına bir uzman ve uygulayıcı grubu ile yürütülen çevrimiçi gruba katılmıştır. Bu MM toplantıları, ortalama 4 toplantı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı bu etkinlikte gözlemci olarak yer almıştır. Bununla birlikte araştırmacı, esas uygulamadan önce MM ile ilgili matematik uzmanlarının katılımı ile gerçekleşen bir seminere katılmıştır. Ayrıca araştırmacı bu süreçte, yaptığı pilot çalışma, katıldığı online toplantı, panel ve alan yazın okumalarıyla elde ettiği bilgi ve deneyimlerini temel alarak esas uygulamanın planını oluşturmuş ve bu plana göre uygulamayı gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda, FP problemleri, öğrencilerin günlük hayatlarını ilgilendiren ve çözüme kavuşturmak istediği durumlardan seçilmiştir.

Araştırmacı, yaklaşık 5 yıldır uygulamayı gerçekleştirdiği ortaokulda, 5-8. Sınıfta ğrenim gören öğrencilerin, matematik derslerini yürütmektedir. Uygulama esnasında tüm sınıfı görecek şekilde konumlanmıştır. Ara ara grupları ziyaret etmiştir. Bu ortamda araştırmacı, rehber modeli üstlenirken aynı zamanda sınıf içi ses kayıtları da tutmuştur. Böylelikle ğrencileri yakından gözlemlemiş ve “ne buldunuz, nasıl buldunuz?” gibi sorgulayıcı sorular yöneltmiştir. Bu durum, uygulama saatlerinde gerçekleşen sıkıntı ve eksikliklerin bir sonraki saatlerde gerçekleşmemesi ve veri analizinde bütünlüğün sağlanabilmesi adına uygulayıcıya birçok konuda katkı sağlamıştır. Ayrıca veri analizinde öğrencilere karşı tarafsız ve önyargısız yaklaşmaya zen göstermiştir. Bunun için uygulayıcı olarak yer almayan ve modelleme konusunda uzman olan bir matematik eğitimcisinden analizler sırasında görüş alınmıştır. Farklı zamanda farklı kişiler tarafından yapılan analizlerin uyum yüzdesi tarafsızlığın bir kanıtı olarak sunulmuştur.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölüm; uygulama süresince toplanan verilerin analizinden, analiz sonucunda elde edilen bulgulardan ve bu bulgulara ait değerlendirmelerden oluşmaktadır. Bu doğrultuda; belirlenen alt problemlere ait bulgular öncelikle “FP 1: Yemekhane israfı”, “FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma”, “FP 3: Geri dönüşüm alanı” daha sonra ise “FP 4: Kömür miktarı” na ait bulgular olmak üzere dört ana başlıkta ele alınmıştır. Bu FP uygulamalarına ait bulgular ise grup isimlerine göre; G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 ve G9’dan elde edilen veriler ışığında incelenmiştir. Bu bağlamda elde edilen bulgular; her FP için grup öğrencilerinin MM durumunu “basitleştirme” ve “matematikselleştirme” becerileri incelenerek kullanılan stratejiler ortaya konmuştur. Son olarak FP uygulamasının bulguları genel çerçevede değerlendirilmiştir.

5.1. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Belirledikleri Değişkenler ve Değişken Belirleme Stratejilerine İlişkin Bulgular

Bu başlık altında aşağıdaki alt problemlere ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

1. Ortaokul 6. ve 7.sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken basitleştirme sürecinde oluşturdukları değişkenler ve kullandıkları stratejiler nelerdir?
 - a. Öğrencilerin belirledikleri değişkenler ve tahminler nelerdir?
 - b. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri nelerdir?

5.1.1. FP 1: Yemekhane israfı

İlk FP’de, “Okul yemekhanesinde 1 haftada ne kadar yemek israf ediliyor?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 1 için kullanılan değişkenler, tahminler ve değişken belirleme stratejileri belirlenmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin FP1’e ait bulguları Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 1. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G1	Günlük yemek israfı*	3 kg 62 gr*	Ölçme*
		3 kg 59 gr*	
		4 kg 52 gr*	
		0 gr**	
		0 gr**	
G2	Günlük yemek israfı*	4.400 gr*	Ölçme*
		4.70 gr*	
		6.2 gr*	
		0 gr*	
		0 gr*	
G3	Öğrenci sayısı*	168 kişi	Dış kaynak
	Günlük yemek israfı*	4 kg*	Rasgele tahmin*

* matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.1'e göre 6. Sınıf öğrencilerinin probleme ilişkin gerçek modeli oluştururken iki farklı değişken belirledikleri tespit edilmiştir. Bu değişkenler; öğrenci sayısı ve günlük yemek israfıdır. Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde, 6. Sınıf öğrencilerinin belirledikleri tüm değişkenleri matematiksel modellerinde kullandıkları tespit edilmiştir. Değişkenlerden en fazla günlük yemek israfı değişkeninin belirlendiği görülmektedir. Bu duruma ilişkin G1 kodlu gruba ait alıntı Şekil 5.1'de verilmiştir.

1. CUMA GÜNÜ = 3kg 62gram çıktı = 3,62.
2. PAZARTESİ GÜNÜ = 3kg 59gram çıktı = 3,59
3. SALI GÜNÜ = 4kg 52gram çıktı = 4,52
4. ÇARŞAMBA GÜNÜ = } hiç israf yok
5. PERŞEMBE GÜNÜ = }

Şekil 5. 1. G1'in günlük yemek israfına ait alıntısı

G1 kodlu grubun değişkenleri belirlerken hafta içi le yemeklerini dikkate aldığı görülmüştür. G1 pansiyondaki yemek israfını çözümlerine dahil etmeme nedenlerini çözüm kağıtlarında “*Biz ilk olarak ablaya pansiyonda yemek artığı var mı diye sorduk ve abla hiç yemek israf edilmiyor dedi ve biz de le yemeklerinde olan israfı düşündük*” şeklinde açıklamışlardır. Bu değişkene dair görsel şekil 5.2’de gösterilmiştir.



şekil 5. 2. G1’in F1 için çözüm süreçlerinden bir kesit

6. sınıf ğrencilerinin değişkenlerindeki günlük yemek israfını tahmin ederken ktle birimi kullandıkları tespit edilmiştir. Son iki gün günlük yemek israfını 0 gram olarak belirlemeleri dikkat çekmektedir. Örneğin G2 son iki günde 0 gr israf olmasının nedenini “*nk iki gün pte sadece mandalina kabuğu vardı*” şeklinde açıklayarak mandalina kabuğunu israftan saymadıklarını belirtmişlerdir.

Tablo 1’de sunulduğu üzere 6. Sınıf ğrencilerinin değişken belirleme stratejilerinin sırasıyla lme, dış kaynak ve rasgele tahmin olduğu görülmektedir. Değişkenlerini belirlerken en fazla lme tahmin stratejisini kullandıkları tespit edilmiştir. Örneğin G2: “*Biz 1 hafta içerisindeki yemek israfını bulmak için her gün pteki yemek artıklarını*

tarttık ve topladık” açıklamasıyla değişken değerini ölçme yaparak bulduklarını ifade etmiştir.

7. Sınıf öğrencilerinin FP1’e ait bulguları Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 2. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 1’e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G4		145 kişi	Dış kaynak
	Yemeğin türü	250 kg	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma
	Yemek miktarı	9.30 kg*	Gözünde canlandırma*
	Öğrenci sayısı	5.40 kg*	
	Günlük yemek israfı*	6.8 kg*	
		6 kg*	
G5		6.30 kg*	
		171 öğrenci	Dış kaynak
		19 öğretmen	Rasgele tahmin
	Öğrenci sayısı	300 kişilik	Karşılaştırma*
	Öğretmen sayısı	155 kişilik	Ölçme*
	Yemek miktarı	7.14 kg kemikli	
	Yemeğin türü	6-6.5kg kemiksiz	
	Çöp kovanının ağırlığı	7 kg*	
	Günlük yemek israfı*	6 kg*	
		6 kg*	
G6		7 kg*	
		5 kg*	
	Öğrenci sayısı	171 öğrenci	Ölçme*
	Öğretmen sayısı	19 öğretmen	
	Yemek miktarı	11020 g	
	Günlük yemek israfı*	6 kg*	

Tablo 5.2. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 1'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri (devamı)

G7	Öğrenci sayısı	120-130 kg	Ölçme
	Yemek miktarı	15kg	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma
	Çöp kovanın ağırlığı	%15*	Gözünde canlandırma*
	Yemeğin türü	%13*	
	Günlük yemek israfı*	%12*	
		%17*	
		%11*	
G8		%7*	
		%7*	
		Hafta içi 3, hafta sonu 2*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma
		%85, %5, %10*	Gözünde canlandırma*
	Yemeğin türü,	%85, %5, %10*	
	İsraf yapılan öğünler*	%85, %5, %10*	
	Günlük yemek israfı*	%85, %5, %10*	
G9		%100, %25*	
		%100, %25*	
		8 tam 1 çeyrek kova*	
	İsraf yapılan öğünler*	3 öğün*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	Günlük yemek israfı*	250 g, 5 kg, 500 g*	

*matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.2'ye göre yemek israfı probleminde 7. Sınıf öğrencilerinin gerçek modeli oluştururken yedi farklı değişken türü belirledikleri görülmektedir. 7. Sınıfların belirledikleri değişkenler israf yapılan öğünler, günlük yemek israfı, yemeğin türü, yemek miktarı, çöp kovanın ağırlığı, öğrenci sayısı, öğretmen sayısı şeklindedir. 7. sınıf öğrencilerinin en çok kullandıkları değişkenlerden biri olan yemek miktarı ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir.

G6: "Biz öncelikle *yemekhanedeki tabakları önce yemek varken sonra yemeksiz tarttık* çıkardık...kâse 32 gram... kuru fasulye 10 gram... bunları topladık 1 kişiye 58 gram yemek düşüyor."

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modellerinde ya günlük yemek israfını belirledikleri ya da birkaç günlük yemek israfını kullanarak haftalık yemek israfını tahmin ettikleri tespit edilmiştir. Bu bağlamda özellikle 7. Sınıf öğrencileri tarafından belirlenen değişkenlerin büyük çoğunluğunun matematiksel modelde kullanılmadığı tespit edilmiştir. Örneğin 7.sınıflarda “yemeğin türü” değişkeni grupların çoğunda düşünülürken matematiksel modele yansımadağı görülmüştür. Yemeğin türü ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

G4: “O gün *daha değişik yemekler* vardı... bir de *sevmedikleri yemekleri* alıyorlar çöpe atıyorlar...sevmedikleri yemekleri ve yiyeceklerinden fazlasını almasalar bu israfın çoğunu önleyebiliriz...*et ve tavuk yemekleri daha çok, sulu yemekler* daha az tercih ediliyor”

Tablo 5.2’ye bakıldığında farklı değişken sayısı en fazla olan grubun G5 olduğu görülmektedir. G5 üyelerinin seçtikleri değişkenler ve sabitlere ilişkin diyalog örnekleri aşağıda verilmiştir.

G5: *Hocam gün gün yemekhanede kaç kişinin yemeğini çöpe attığını sıra sıra hesaplayacağız*

G5: Mehtap abla bu okulda kaç kişi yemeğini çöpe atıyor, çok mu az mı? Okulun *kaç öğrencisi* buraya geliyor?

Mehtap abla: *%70 filan*

G5: *...yani 150, 160 öğrenci filan. Bir de kaç kişilik yemek yapıyorsunuz?*

Mehtap abla: *en az 300 kişilik. Çok az çöpün sadece dibi doluyor*

G5: *o zaman 1 kilo filan*

G5: *Hocam ne gerek var tartıyı alıp tartalım*

G5: *hocam çöpü tartabilir miyiz?*

G5: şimdi değil, şimdi değil

G5: *yemek yedikten sonra çöpi tartalım*”

Tablo 5.2’deki değişken değerlerine bakıldığında öğrencilerin ya kütle birimi ya da yüzde kullanarak değişkenleri tahmin ettikleri görülmektedir.

7. Sınıf öğrencilerinin değişken belirleme stratejileri incelendiğinde; önceki bilgi ve deneyimlere dayanma, gözünde canlandırma, karşılaştırma, dış kaynaktan yararlanma, rasgele tahmin ve ölçme stratejilerini kullandıkları görülmektedir. Örneğin G8 “pazartesi cumaya 8 tam 1 çeyrek kova doluyor (göz kararı)” açıklamasıyla değişkene ait değeri zihinde göz önünde canlandırarak yaptıkları anlaşılmaktadır. En fazla kullandıkları değişken değerini belirleme stratejileri önceki bilgi ve deneyimlere dayanma iken en az kullanılan tahmin stratejileri rasgele tahmin ve karşılaştırma stratejileridir. Örneğin G7 “mesela cuma günü % 11’lik bir dilim israf ediyor. Bugün en az israf var çünkü makarna gibi sevilen yemekler olduğu için az israf ediliyor” şeklindeki açıklamasıyla gerekçelendirmelerini önceki bilgi ve deneyimlerine dayandırmaktadır. Kütle birimi kullanan öğrencilerin ise genellikle ölçme stratejisi kullandıkları görülmektedir. Bu duruma ilişkin bir örnek aşağıdaki gibidir. Örneğin G6 “sonra aşağı inip çöpi tarttığımızda 6 kilo geldi, 5 ile çarpınca 30 bin gram geliyor” şeklinde ölçme stratejisini kullanmışlardır.

FP1’e ait bulgular incelendiğinde; 7. Sınıf öğrencileri 6. Sınıf öğrencilerine göre daha fazla değişken belirleme eğilimindedir. 6. Sınıf öğrencileri belirlenen değişkenleri genel olarak matematiksel model aşamasına kadar taşıyabilmişken, 7.sınıf öğrencilerinin birçok değişken belirlemelerine rağmen matematiksel model aşamasında 6. Sınıf öğrencileri ile benzer değişkenleri kullandıkları görülmektedir. Değişken değerlerine bakıldığında 6. Sınıf öğrencileri kütle birimlerini kullanırken; 7. Sınıf öğrencileri ya kütle birimi ya da yüzde kullanarak değişkenleri tahmin ettikleri belirlenmiştir. Yine değişken değerlerine bakıldığında ‘yüzde’ gösterimi yalnız 7.sınıflarda görülmektedir. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri karşılaştırıldığında hem 6 hem 7. sınıf öğrencilerinin dış kaynaktan yararlanma, rasgele tahmin ve ölçme stratejilerinden faydalandıkları görülmektedir. Ancak önceki bilgi ve deneyimlere dayanma, gözünde canlandırma ve karşılaştırma stratejileri yalnız 7.sınıflarda kullanılmıştır. 6.sınıflarda en

çok ölçme stratejisi kullanılırken 7.sınıflarda önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejileri kullanılmıştır.

5.1.2. FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma

FP 2’de, “A bölgesini ağaçlandırmak için ne kadar ağaca ihtiyaç var?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 2 için kullanılan değişkenler, tahminler ve değişken belirleme stratejileri belirlenmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 2’ye ait bulguları Tablo 5.3’te sunulmuştur.

Tablo 5. 3. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 2’ye ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G1	Ağaç türü,	9*	Dış kaynak*
	Bina sayısı*	1000 m*	Gözünde canlandırma*
	Binaların çevresi*	10 m*	
	Binalar arası mesafe*	2 m*	
	Ağaçlar arası mesafe*		
G2	Ağaçlar arası mesafe*	1 m*	Karşılaştırma*
	Bölgenin alanı*	1000 m ² *	Dış kaynak*
G3	Bölgenin alanı	1 m*	Dış kaynak*
	Ağaçlar arası mesafe*	1000 m*	
	Bölgenin çevresi*		

* matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.3’te sunulduğu üzere, bir bölgeyi ağaçlandırma probleminde 6. Sınıf öğrencilerinin gerçek modelde toplamda yedi farklı değişken belirledikleri tespit edilmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin belirledikleri değişkenler, ağaç türü, bina sayısı, binaların çevresi, binalar arası mesafe, ağaçlar arası mesafe, bölgenin alanı ve bölgenin çevresi şeklindedir. Bir bölgeye sığabilecek ağaç sayısını belirlerken bölgenin çevresi, bölgenin alanı ya da binalar arasındaki mesafe ile ağaçlar arasındaki mesafenin birlikte

kullanıldığı görülmüştür. Bu sınıf düzeyinde en çok kullanılan değişken ağaçlar arası mesafe olup, bununla ilgili G2 kodlu gruba ait alıntı aşağıdaki gibidir:

G2: “Kendi bahçemize baktık *her 1 metrede 2 ağaç vardı*, biz de her 1 metreye 2 ağaç olacak şekilde 1000’i 2 ile çarptık.”

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 6. sınıf öğrencilerinin ya ağaçlar arası mesafe değişkenini ya da bölgenin alanı ile bölgenin çevresi değişkenlerini matematiksel modellerinde kullandıkları tespit edilmiştir. Değişken değerlerine bakıldığında tüm 6. Sınıf öğrencilerinin standart ölçü birimlerinden metre veya metrekare terimlerini kullandıkları görülmektedir. Değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde ise 6. Sınıf öğrencilerinin en fazla dış kaynak, ardından gözünde canlandırma ve karşılaştırma stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir. Dış kaynak stratejisine ilişkin alıntı aşağıdaki gibidir:

G3: “Biz A bölgesinin alanını *büyüklerimize sorarak* 100 metre bulduk. Büyüklerimiz oradan bina alacakları için sık sık gidiyorlardı oradan biliyoruz.”

7. Sınıf öğrencilerinin FP2’ye ait bulguları Tablo 5.4’te gösterilmiştir.

Tablo 5. 4. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 2’ye ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G4	Ağaç türü	645 m*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma
	Ağacın ömrü	3 m*	Dijital araçlar*
	Ağacın bölgeye uygunluğu		Ölçme*
	Bölgenin çevresi*		
	Ağaçlar arası mesafe*		
G5	Ağaç türü	612 adım*	Rasgele tahmin
	Bölgenin çevresi*	74 m*	Ölçme*
	Adım uzunluğu*	35 cm*	Dış kaynak*
	Ağacın kalınlığı*	1 m*	
	Ağaçlar arası mesafe*	1m*	

Tablo 5.4. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri (devamı)

G6	Ağacın kalınlığı	5 m	Dijital araçlar*
	Toprak alan*	2000 m ² *	Gözünde canlandırma*
	Evler arası mesafe*	400 m ² *	
	Ağaçlar arası mesafe*	10 m ² *	
G7	Ağacın bölgeye uygunluğu	800 m ² *	Ölçme*
	Toprak alan*	4 m*	
	Ağaçlar arası mesafe*		
G8	Ağaç türü		Dijital araçlar
	Ağacın kalınlığı	20 cm	Dış kaynak*
	Ağacın bölgeye uygunluğu	170 m ² *	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	Toprak alan*	10 adım*	
	Ağaçlar arası mesafe*		Rasgele tahmin*
G9	Ağacın kalınlığı	0.5 m	Dijital araçlar
	Ağaç türü	240 m ² *	Dış kaynak
	Toprak alan*	6 adım*	Rasgele tahmin*
	Ağaçlar arası mesafe*		

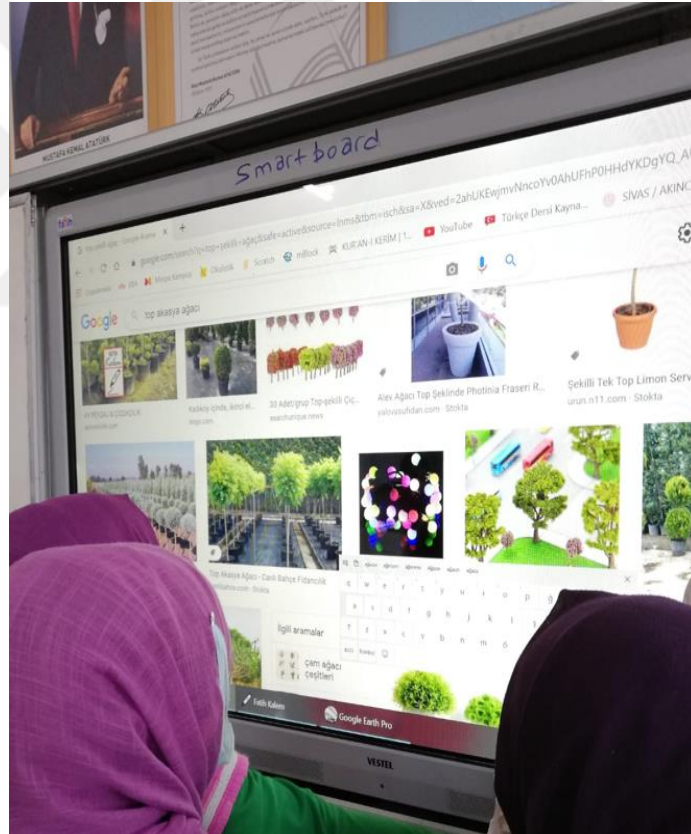
*matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.4'e göre bir bölgeyi ağaçlandırma probleminde 7. Sınıf öğrencilerinin gerçek modelde duruma ilişkin toplamda dokuz farklı değişken belirledikleri tespit edilmiştir. Bu değişkenler ise ağacın türü, ağacın kalınlığı, ağacın ömrü, ağacın bölgeye uygunluğu, toprak alan, adım uzunluğu, ağaçlar arası mesafe, evler arası mesafe, bölgenin çevresi şeklindedir. 7. Sınıf öğrencilerinin en çok kullandıkları değişkenlerden biri olan toprak alanı belirlerken grupların genel olarak önceden ağaçlandırılan ve binaların kapladığı bölgeleri dahil etmedikleri görülmektedir. Söz konusu duruma ilişkin alıntılar aşağıda verilmiştir.

G5: “Bölgenin alanındaki boş yerleri bulmak için içindeki evleri, parkı, süsleri, bahçeleri çıkarmamız gerek”

G8: “Ağaçlandıracağımız bölge neden park yakınları çünkü eğer çocuklar yorulup terlerse Huş ağaçlarının gölgelerinde oturup serinleyebilirler ve piknik yapmak isteyenler ağaçların gölgelerinde yapabilirler.”

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modellerinde bir bölgeye sığabilecek ağaç sayısını belirlerken ya bölgenin çevresi ve ağaçlar arası mesafeyi belirledikleri ya da toprak alanı ve ağaçlar arası mesafeyi kullanarak bölgeye dikilecek ağaç sayısını tahmin ettikleri tespit edilmiştir. Öğrenciler yine belirledikleri değişkenlerin bir kısmını matematiksel modellerinde kullanmama eğilimi göstermiştir. Örneğin 7. sınıf öğrencilerinin çoğunda “ağacın türü” değişkeni belirlenirken bu değişkenin matematiksel modele yansımadağı görülmüştür. Bu aşamada öğrenciler sadece dikilecek ağaç türünü belirlemişlerdir. Ağaç türü olarak en çok çam ağacı tercih edilirken, top akasya ve huş ağacı gibi farklı türleri tercih eden gruplar da olmuştur. Ağacın türü ile ilgili örnek alıntı aşağıdaki Şekil 5.3’te verilmiştir.



Şekil 5. 3. G9 Üyelerinin top akasya ağacı hakkında araştırma yaptıkları ana ait alıntı
G9’un ağaç türünü belirlerken açıklamalarına ilişkin alıntı ise şu şekildedir: “*neden huş ağacını seçtik çünkü park yakınlarında güzel durur ve gölgesi çok serinleticidir...huş ağacının rengi güzel...sıcak iklimlere uygun değil ama soğuk iklimlere uygun*”

Değişken değerlerine bakıldığında, 7. Sınıf öğrencilerinin çoğunluğunun standart ölçü birimlerinden metre ve metre kareyi kullandıkları tespit edilmiştir. Aynı zamanda ağaçlar arası mesafeyi belirlerken 7.sınıf öğrenci gruplarından bazılarının “adım” gibi standart olmayan bir ölçü birimini kullandıkları görülmektedir. Hatta standart olmayan ölçü biriminden standart ölçü birimine doğru bir geçiş olduğu görülmektedir. Buna ilişkin alıntı aşağıda verilmiştir.

Örneğin G5: “yarın okul çıkışı hep birlikte bu bölgeye gideceğiz orda *adımlarımızla ölçeceğiz*. Bölge etrafını *yürüyerek ölçtük* ve 612 adım geldi *bir adımın ortalama cm’si 35’tir*” şeklindeki ifadesiyle adım birimini “m” birimine çevirdiklerini belirtmişlerdir.

7. sınıf öğrencilerinin değişken belirleme stratejilerine bakıldığında; dijital araçlar, ölçme, dış kaynak, rasgele tahmin, önceki bilgi ve deneyimlere dayanma ve gözünde canlandırma stratejilerinin kullanıldığı görülmektedir. En fazla kullandıkları tahmin stratejileri dijital araçlar iken en az kullanılan tahmin stratejileri gözünde canlandırma stratejisidir. Dijital araçlar stratejisine ilişkin G6 kodlu grubun alıntısı aşağıdaki gibidir.

G6: “Öncelikle bölgeye gidip yürüyerek ve göz kararı hesaplamaya çalıştık sonra aklımıza daha iyi bir fikir geldi. *Parsel sorgu sitesinden toprak alanları ölçtük*” şeklindeki açıklamasıyla gerekçelendirmelerini dijital araçlara dayandırmaktadır.

FP2’ye ait bulgular incelendiğinde; 7. Sınıf öğrencileri 6. Sınıf öğrencilerine göre daha fazla değişken belirleme eğilimindedir. 6. Sınıf öğrencileri belirlenen değişkenleri genel olarak matematiksel model aşamasına kadar taşıyabilmişken, 7.sınıf öğrencilerinin birçok değişken belirlemelerine rağmen matematiksel model aşamasında 6. Sınıf öğrencileri ile benzer değişkenleri kullandıkları görülmektedir. Değişkenlere bakıldığında bütün 6. ve 7.sınıf gruplarının ağaçlar arası mesafeyi dikkate aldıkları görülmektedir. 6. Sınıf öğrencilerinin tüm alanı değişken olarak belirlerken 7. Sınıf öğrencilerinin sadece toprak alanı dikkate aldıkları tespit edilmiştir. Değişken değerlerine bakıldığında 6. Sınıf öğrencileri metre ve metre kare gibi sadece standart ölçü birimlerini kullanırken; 7. Sınıf öğrencileri hem standart hem de standart olmayan ölçme birimlerini kullandıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin değişken belirleme stratejileri karşılaştırıldığında önceki bilgi ve deneyimlere dayanma, ölçme, rasgele tahmin ve dijital araç stratejilerinin yalnız 7.sınıflarda, karşılaştırma stratejisinin ise

yalnız 6.sınıflarda kullanıldığı görülmektedir. 6. Sınıflarda en çok dış kaynak, 7.sınıflarda ise en çok dijital araç stratejisi kullanılmış olup 7.sınıflarda ek olarak ölçme ve dış kaynak stratejilerinin de fazla kullanıldığı ortaya çıkmıştır.

5.1.3. FP 3: Geri dönüşüm alanı

Üçüncü FP’de, “İlçenizde 10 yıllık geri dönüşüm atığı için ne kadar büyüklükte bir alana ihtiyaç var?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 3 için kullanılan değişkenler, tahminler ve değişken değerini belirleme stratejileri belirlenmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin FP3’e ait bulguları Tablo 5.5’te sunulmuştur.

Tablo 5. 5. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G1	Geri dönüşüm malzemesinin türü	Kâğıt	Rasgele tahmin*
	Bir yılda okulda biriken kâğıt geri dönüşüm miktarı*	2,5 ton*	Dış kaynak*
	Bir sınıfa sığan geri dönüşüm miktarı*	5 ton*	
	Sınıfın alanı*	20 m ² *	
G2	Okul bahçesine sığan geri dönüşüm miktarı	58 m*	Dış kaynak*
	Okul bahçesinin çevresi*		Ölçme*
G3	Sınıftaki karo sayısı*	13x17*	Ölçme*
	Karonun bir kenarının uzunluğu*	45 cm*	

* matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.5’e göre geri dönüşüm alanı probleminde 6. Sınıf öğrencileri duruma ilişkin toplamda sekiz farklı değişken belirlemişlerdir. Belirlenen değişkenler, geri dönüşüm malzemesinin türü, bir yılda okulda biriken kâğıt geri dönüşüm miktarı, bir sınıfa sığan geri dönüşüm miktarı, sınıfın alanı, okul bahçesine sığan geri dönüşüm miktarı, okul bahçesinin çevresi, sınıftaki karo sayısı, karonun bir kenarının uzunluğu şeklindedir. Tüm gruplar ilçedeki 10 yıllık geri dönüşüm alanını kendi çevrelerindeki değişkenler ile

farklı değişkenleri eşleştirmişlerdir. Bu nedenle sınıfın alanı, okul bahçesinin alanı, okul bahçesinin çevresi gibi değişkenler ile gerçek modellerini oluşturmuşlardır. Kullanılan değişkenlerden biri olan sınıftaki karo sayısı ve karonun bir kenarının uzunluğu ile ilgili G3'e ait alıntı aşağıdaki gibidir:

G3: "sınıftaki karelerin uzun kenarı 17 kare(fayans) kısa kenarı ise 13 kare(fayans). Bunları çarparak *sınıfta 91 kare(fayans) olduğunu bulduk. Kareleri ölçerek 45 cm bulduk. Bunları çarparak 8281m bulduk*"

Bu alıntıya ait görsel ise şekil 5.4'te verilmiştir.



şekil 5. 4. G3 yelerinin sınıf zeminindeki fayansları ölçtükleri ana ait bir alıntı

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 6. sınıf ğrencilerinin belirledikleri tüm değişkenleri matematiksel modellerinde kullandıkları tespit edilmiştir. Değişken değerleri incelendiğinde ise öğrencilerin metrekare ve metre birimlerini, çöp miktarı için ise ton birimini kullanarak standart ölçü birimlerini kullandıkları görülmüştür. 6.sınıfların modelde kullandıkları

değişkenlerden olan sınıfın alanını belirlemelerine ilişkin örnekleri ise aşağıda verilmiştir.

G1: “hoca bize dedi ki 2,5 ton yaklaşık yarım sınıf kaplıyor. *Sınıf da zaten 18 m² falan çıkıyor ama 20 m² düşündük*”

6. sınıf öğrencilerinin değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde ise öğrencilerin ölçme, dış kaynak ve rasgele tahmin stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir. En fazla ölçme ve dış kaynak stratejilerinin kullanıldığı görülmüştür. İlgili alıntı aşağıdaki gibidir.

G2: “biz *hocamıza sorduk* ve hocamız bize dedi ki bizim orta bahçemize 1 yıllık geri dönüşüm atığı olur dedi. Biz de *orta bahçenin alanını ölçtük*”

7. Sınıf öğrencilerinin FP3’e ait bulguları Tablo 5.6’da sunulmuştur.

Tablo 5. 6. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G4	Geri dönüşüm malzemesinin türü	Pil, plastik, kâğıt, cam	Dış kaynak*
	Bir insanın günlük çöp üretim miktarı	1.5kg	Dijital araçlar*
	Ülkemizdeki yıllık atık miktarı*	30 milyon ton*	Gözünde canlandırma*
	İlimizdeki yıllık atık miktarı*	370 bin ton*	
	İlçemizdeki yıllık atık miktarı*	18 bin ton*	
	İlçe çöplüğü alanı*	7300 m ² *	
G5	Geri dönüşüm malzemesinin türü	Kâğıt, plastik, karton	Rasgele tahmin
	İlçedeki çöp kutusu sayısı	26 veya 27 kutu	Dijital araçlar*
	İlçe çöplüğü alanı*	7984 m ² *	Gözünde canlandırma*
G6	Geri dönüşüm malzemesinin türü	Tüm çöpler	Dijital araçlar
	İlçe çöplüğü alanı*	6504 m ² *	Gözünde canlandırma*

Tablo 5.6. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri (devamı)

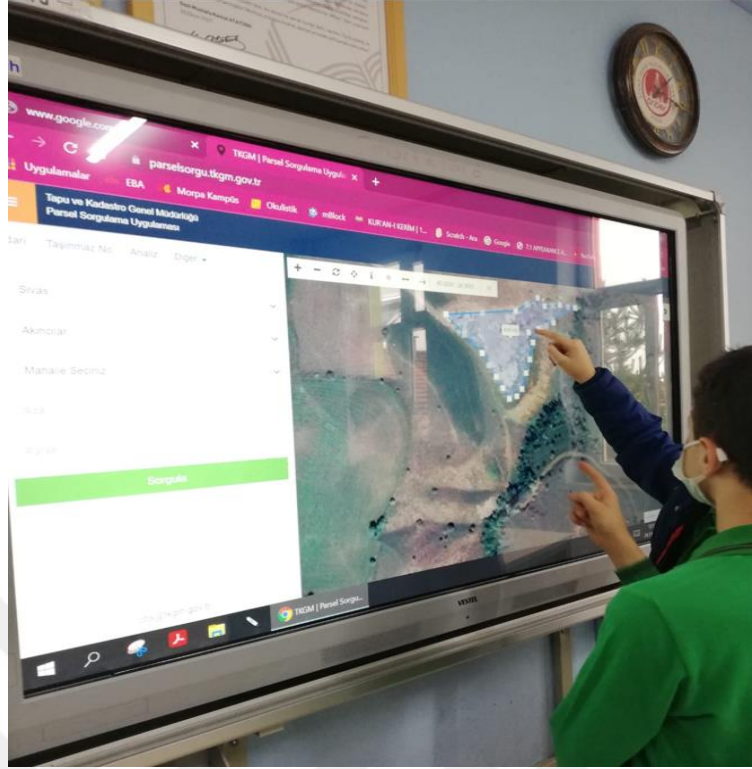
G7	Geri dönüşüm malzemesinin türü	6.198,96 m ² *	Dijital araçlar*
	İlçe çöplüğü alanı*		
G8	İlçe çöplüğü alanı	10 kg	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma
	1 evin günlük çöp miktarı*	700 ev	Karşılaştırma*
	İlçedeki ev sayısı*	6 kg	Gözünde canlandırma*
	1 metrekaresindeki çöp miktarı*		
G9	İlçede günlük kişi başı israf miktarı*	93 kg	Dijital araçlar*
	İlçe nüfusu*	3500	Gözünde canlandırma
	İlçenin yüzölçümü*	500 m ²	

*matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.6’ya göre geri dönüşüm alanı probleminde 7. Sınıf öğrencileri toplamda on üç farklı değişken belirlemişlerdir. 7. Sınıfların belirledikleri değişkenler; geri dönüşüm malzemesinin türü, bir insanın günlük çöp üretim miktarı, ülkemizdeki yıllık atık miktarı, ilimizdeki yıllık atık miktarı, ilçemizdeki yıllık atık miktarı, ilçe çöplüğü alanı, ilçedeki çöp kutusu sayısı, bir evin günlük çöp miktarı, bir metrekaresindeki çöp miktarı, ilçedeki ev sayısı, ilçede günlük kişi başı israf miktarı, ilçe nüfusu ve ilçenin yüzölçümü şeklindedir. 7. Sınıf öğrencilerinin en çok kullandıkları değişken olan ilçe çöplüğü alanı ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir.

G6: “Bu sonucu parsel sorgu sitesinden *Akıncılar çöplüğünün alanını ölçerek bulduk...çöplerin dağdan bırakıldığını hesaba katarsak bırakılan çöpler dağ şeklinde olacak ve alan dağılacak o yüzden tahmini bir şekilde (parsel sorgudan elle) genişleterek bulduk.*”

Bu alıntıya ait görsel ise Şekil 5.5’te verilmiştir.



Şekil 5. 5. G6'nın Parsel Sorgu sitesinden ilçe çöplüğünün alanını hesaplamaya çalıştıkları ana ait alıntı

Ayrıca dikkat çeken diğer bir bulgu da, bazı gruplar tüm çöplerin geri dönüşebileceği varsayımından hareket ederken bazı gruplar malzeme türünde çeşitli ayrımlara gitmiştir. Duruma ilişkin alıntı aşağıdaki gibidir:

Örneğin G4: “Sonra geri dönüştürülebilecek ürünlere baktık. *En çok geri dönüştürülen ürünler pil* (akıllı tahtadan pil hakkında bilgi veriyor) ...hem de plastiğin doğada kaybolma süresi çok uzun, kağıt, cam...ilk bulduğumuz sonuçta tüm atıklar olduğundan geri dönüştürülemeyenleri çıkardığımız için de 18 milyon ton dedik. Mesela ilk başta ben sebze meyvenin geri dönüştürülemeyeceğini düşünüyordum ama toprağa çok faydalıymış gübreye mesela.”

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 7. sınıf öğrencilerinin farklı değişkenler belirleme eğiliminde olmalarına rağmen genellikle ilçe çöplüğünün alanı değişkenini matematiksel modelde kullandıkları tespit edilmiştir. Değişken değerleri incelendiğinde ise öğrencilerin çöpün

kapladığı alan için metrekare ve metre birimlerini, çöp miktarı için ise ton birimini kullanarak standart ölçü birimlerinden faydalandıkları görülmüştür.

7. sınıf öğrencilerinin değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde ise, öğrencilerin en fazla dijital araçlar ve gözünde canlandırma stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir. En az kullanılan stratejiler ise dış kaynak, rasgele tahmin, önceki bilgi ve deneyimlere dayanma ve karşılaştırma stratejileridir. Rasgele tahmin stratejisi ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir.

Örneğin G5: “Kaç çöp kutusu olduğunu dersek ilçede(halihazırda) *tahmini 26 veya 27 diye tahmin ettik.*”

FP3’e ait bulgular incelendiğinde; 7. Sınıf öğrencileri 6. Sınıf öğrencilerine göre daha fazla değişken belirleme eğilimindedir. 6. Sınıf öğrencileri belirlenen değişkenleri genel olarak matematiksel model aşamasına kadar taşıyabilmişken, 7.sınıf öğrencilerinin belirledikleri birçok değişkeni matematiksel model aşamasında kullanmadıkları görülmektedir. 6 ve 7. Sınıf öğrencilerinin değişkenlerinin farklı olması dikkat çekmektedir. 6. ve 7. Sınıfların değişkenleri karşılaştırıldığında; 6. Sınıf öğrencileri değişkenleri belirlerken kendi çevrelerinden yani yakınlarından alanlar belirledikleri, 7. sınıf öğrencilerinin ise genellikle kendilerinden uzakta olan bir alandan hareketle MM oluşturdıkları tespit edilmiştir. Değişken değerlerine bakıldığında hem 6. Sınıf öğrencilerinin hem de 7. Sınıf öğrencilerinin standart ölçü birimleri ile tahminde bulundukları belirlenmiştir. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri karşılaştırıldığında ise ölçme stratejisi sadece 6. Sınıf öğrencilerinde görülürken, dijital araçlar, gözünde canlandırma, önceki bilgi ve deneyimlere dayanma ve karşılaştırma stratejilerinin yalnız 7.sınıflarda kullanıldığı tespit edilmiştir.

5.1.4. FP 4: Kömür miktarı

Dördüncü FP’de, “İlçenizde 1 yılda ne kadar kömür kullanılıyor?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 4 için kullanılan değişkenler, tahminler ve değişken değerini belirleme stratejileri belirlenmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin FP4’e ait bulguları Tablo 5.7’de sunulmuştur.

Tablo 5. 7. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G1	Konutların ısınma tipi(sobalı/kaloriferli),	78*	Dış kaynak*
	İlçedeki konut sayısı*	30 ton*	
	Bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı*		
G2	Okulun yıllık kömür tüketim miktarı*	50 ton*	Dış kaynak*
	İlçedeki konut sayısı*	50 ev*	Rasgele tahmin*
	Bir tane okula denk olan konut sayısı*	10 ev*	
G3	Bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı Çok daireli konutların yıllık kömür tüketim miktarı*	1.5 ton	Dış kaynak*
		10.500 ton*	Karşılaştırma*
		12.500 ton*	
		9.500 ton*	
		3.500 ton*	

* matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.7'ye göre kömür miktarı probleminde 6. Sınıf öğrencilerinin toplamda altı farklı değişken belirledikleri görülmüştür. Belirlenen değişkenler, konutların ısınma tipi(sobalı/kaloriferli), ilçedeki konut sayısı, bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı, okulun yıllık kömür tüketim miktarı, bir tane okula denk olan konut sayısı, çok daireli konutların yıllık kömür tüketim miktarı şeklindedir. Bu sınıf düzeyinde en çok kullanılan değişken bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı olup, bununla ilgili G1 kodlu gruptaki üyeler arasında geçen diyalog aşağıdaki gibidir:

- Bizim binada da her yıl 30 ton kömür alıyorlar ben de ondan 30 ton dedim

-Ama bir şey diyeceğim. Köyler de var. Biz de kömür alıyoruz ama ton olarak almıyoruz. Bizim köyde bir tek biz kömür kullanıyoruz.

-Çoğu zaman soba yakılıyor ya köylerde ondan onu hesaba katmayalım.

-Ama sobaya da kömür atılıyor

-Ama çok atılmıyor

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 6. sınıf öğrencilerinin ya bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı değişkenini ya da ilçedeki konut sayısı değişkenini matematiksel modellerinde kullandıkları tespit edilmiştir. Değişken değerlerine bakıldığında, 6. sınıf öğrencilerinin ton birimini kullanarak kömür miktarını tahmin ettikleri, ev sayısı gibi değişkenlerde ise frekans belirledikleri görülmektedir. Değişken belirleme stratejileri incelendiğinde ise; 6. Sınıf öğrencilerinin sırasıyla dış kaynak, rasgele tahmin ve karşılaştırma stratejilerini kullandıkları belirlenmiştir. En çok kullanılan stratejinin ise dış kaynak stratejisi olduğu tespit edilmiştir. İlgili alıntı şu şekildedir.

G1: ” -hocam *Gizem büyüklerine sormuş*

-en az 70-80 tane bina vardır dedi ben de 78 dedim. Babam bu işlerle çok uğraşiyor...gittim *Rıza abiye de sordum o da 70-80 tane var dedi*”

7. Sınıf öğrencilerinin FP4’e ait bulguları Tablo 5.8’de sunulmuştur.

Tablo 5. 8. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4’e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri

Gruplar	Değişkenler	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
G4	İlçede sürekli kalan insan sayısı*	3000*	Karşılaştırma*
	Bir ailedeki insan sayısı*	4*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	Bir konutun günlük kömür tüketim miktarı*	11 kg*	
	Kömür tüketilen ay sayısı*	6 ay*	
G5	İlçedeki konut sayısı*	2000 ev*	Dış kaynak*
	Gurbetçilerin konut sayısı*	1000 ev*	Rasgele tahmin*
	Odun kullanan konut sayısı*	500*	
	Kömür kullanan konut sayısı*	500*	
	Bir konutun aylık kömür tüketim miktarı*	15 çuval*	
	Kömür tüketilen ay sayısı*	4 ay*	

Tablo 5.8. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen değişken, tahmin ve değişken değerini belirleme stratejileri (devamı)

G6	İlçe nüfusu*	3500*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	Bir ailedeki insan sayısı*	4*	
	Bir konutun günlük kömür tüketim miktarı*	1 torba*	
	Kömür tüketilen ay sayısı*	5 ay*	
	İlçedeki konut sayısı*	875 ev*	
G7	Bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı*	3 ton*	Dijital araçlar*
	İlçedeki konut sayısı*	415*	
G8	Bir kömür torbasının kütlesi	25 kg	Karşılaştırma*
	İlçedeki konut sayısı*	700 ev*	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	İlçe nüfusu*	3500*	
	Bir ailedeki insan sayısı*	5*	
	Bir konutun günlük kömür tüketim miktarı*	5 kg*	
	Kömür tüketilen ay sayısı*	3 ay*	
G9	İlçede kalorifer kullanan kişi sayısı	500 kişi	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma*
	Soba kullanan kişi sayısı	2930 kişi	
	İlçedeki gurbetçi sayısı	70 kişi	Karşılaştırma*
	Bir ailedeki insan sayısı	5 kişi	
	İlçe sınırları	3 çuval*	
	Ailenin maddi durumu	4 çuval*	
	Mevsim*	2 ay*	
	Bir sobalı konutun günlük kömür tüketim miktarı*	4 çuval*	
		6 çuval*	
	Bir kaloriferli konutun günlük kömür tüketim miktarı*	3 ay*	
	Kömür tüketilen ay sayısı*	700 ev*	
	İlçedeki konut sayısı*		

*matematiksel modelde kullanılan değişkenler, tahminler ve stratejileri

Tablo 5.8'e göre kömür miktarı probleminde 7. sınıf öğrencileri toplamda 20 farklı değişken belirlemişlerdir. 7. Sınıfların belirledikleri değişkenler; ilçede sürekli kalan insan sayısı, bir ailedeki insan sayısı, bir konutun günlük kömür tüketim miktarı, bir konutun aylık kömür tüketim miktarı, bir konutun yıllık kömür tüketim miktarı, kömür tüketilen ay sayısı, ilçedeki konut sayısı, gurbetçilerin konut sayısı, ilçedeki gurbetçi sayısı, odun kullanan konut sayısı, kömür kullanan konut sayısı, ilçe nüfusu, bir kömür

torbasının kütlesi, ilçede kalorifer kullanan kişi sayısı, soba kullanan kişi sayısı, ilçe sınırları, ailenin maddi durumu, mevsim, bir sobalı konutun günlük kömür tüketim miktarı, bir kaloriferli konutun günlük kömür tüketim miktarı şeklindedir. 7. Sınıf öğrencilerinin en çok kullandıkları değişkenlerden biri olan ilçedeki konut sayısının nasıl bulunduğu ile ilgili bir alıntı aşağıdaki gibidir.

G8: “ ... her evde ortalama 5 kişi yaşıyor ise nüfusu 5’e bölersek 700 ev çıkar. ”

Yine çokça kullanılan değişkenlerden bir ailedeki insan sayısı değişkeni ile ilgili alıntı aşağıdaki gibidir:

G4: “ilkönce aile kişi sayısını bulalım çünkü buna vararak sonuca ulaşabiliriz. Arkadaşlarımıza sorup ortalamaya göre 1 ailede ortalama 4 kişi oluyor”

G6’nın da bir ailedeki insan sayısını belirlerken G4 ile aynı yöntemi kullandığı görülmektedir.

G6: “ilk başta ilçe nüfusunu 4’e(1 ailedeki ortalama insan sayısı) böldük...arkadaşlarımızda her ailede yaklaşık olarak 4 kişi var. ”

Tahmin edilen değişkenlerin hangilerinin matematiksel modelde kullanıldığı incelendiğinde 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modellerinde yine ya yıllık kömür tüketim miktarını belirledikleri ya da konut sayısını kullanarak yıllık kömür tüketim miktarını tahmin ettikleri tespit edilmiştir. 7. sınıf öğrencilerinin belirlenen değişkenleri genel olarak matematiksel model aşamasına kadar taşıyabildikleri görülmektedir. Değişken değerlerine bakıldığında, tüm öğrencilerin kg ve ton birimlerini kullanarak kömür miktarını tahmin ettikleri, ev sayısı ve aile sayısı gibi değişkenlerde ise frekans belirledikleri görülmektedir. Ayrıca yedinci sınıf öğrencilerinin standart olmayan ölçü birimlerini kullanmaları da dikkat çeken diğer bir noktadır. Örneğin bir konutun günlük kömür tüketim miktarını belirlerken 7.sınıf gruplarından G9’un çuval gibi standart olmayan bir ölçü birimini kullanmalarına ilişkin alıntı aşağıdaki gibidir.

G9: “soba kullananlar günde 3 torba kalorifer kullananlar ise günde 4 torba kullanıyor olsalar günde 7 torba kömür kullanılıyor”

7. sınıf öğrencilerinin değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde; önceki bilgi ve deneyimlere dayanma, karşılaştırma, dış kaynak, rasgele tahmin, dijital araçlar şeklinde stratejiler kullandıkları tespit edilmiştir. En fazla kullanılan stratejinin önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisi olduğu görülmüştür. İlgili alıntı aşağıdaki gibidir:

G4: “Soruda 1 yılda denmiş ama sadece *belirli aylarda kömür yakılır. Mesela ekim kasım, aralık, ocak, şubat, mart*” şeklindeki açıklamasıyla gerekçelendirmelerini önceki bilgi ve deneyimlerine dayandırmaktadır.

FP4’e ait bulgular incelendiğinde; 7. Sınıf öğrencileri 6. Sınıf öğrencilerine göre daha fazla değişken belirleme eğilimindedir. Hem 6. Sınıf hem de 7. Sınıf öğrencileri belirlenen değişkenleri genel olarak matematiksel model aşamasına kadar taşıyabildiği gözlemlenmektedir. Değişken değerlerine bakıldığında hem 6. sınıf öğrencilerinin hem de 7. sınıf öğrencilerinin standart ölçü birimleri ile tahminde bulundukları belirlenmiştir. Ayrıca 7. sınıf öğrencilerinin standart olmayan ölçü birimlerini de kullandıkları görülmüştür. Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri karşılaştırıldığında dijital araçlar, gözünde canlandırma, önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejilerinin yalnız 7.sınıflarda kullanıldığı tespit edilmiştir. Dış kaynak, rasgele tahmin ve karşılaştırma stratejilerinin ise her iki sınıf seviyesi tarafından kullanıldığı ortaya konulmuştur.

5.2. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Oluşturdukları Matematiksel Modelleri ve Model Oluşturma Stratejilerine İlişkin Bulgular

Bu başlık altında aşağıdaki alt problemlere ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

2. Ortaokul 6. ve 7.sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken matematikselleştirme sürecinde oluşturdukları modeller ve kullandıkları stratejiler nelerdir?

- a. Öğrencilerin belirledikleri matematiksel modeller nelerdir?
- b. Öğrencilerin matematiksel model oluşturma stratejileri nelerdir?

5.2.1. FP 1: Yemekhane israfı

İlk FP’de, “Okul yemekhanesinde 1 haftada ne kadar yemek israf ediliyor?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 1’de kullanımı belirlenen matematiksel modeller ve Tablo 4.4’te açıklanan model oluşturma stratejileri belirlenmiştir. Strateji 1: Bir strateji belirlenemez, Strateji 2: Ayrıntılı ölçüm, Strateji 3: Ayrıntılı tahmin, Strateji 4: İndirgeme ve orantı kullanımı, Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü, Strateji 6: Referans noktası olarak kodlanmıştır. 6. sınıf öğrencilerinin FP1’e ait bulguları Tablo 5.9’da gösterilmiştir.

Tablo 5. 9. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 1’e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G1	Günlük çöp ağırlıkları toplamı – israfa girmeyen atıkların ağırlıkları= bir haftalık israf miktarı		X				
G2	Günlük çöp ağırlıkları toplamı – israfa girmeyen atıkların ağırlıkları= bir haftalık israf miktarı		X				
G3	Günlük yemek israfı x Okuldaki öğrenci sayısı = bir haftalık israf miktarı	X					

Strateji 1: Bir strateji belirlenemez, Strateji 2: Ayrıntılı ölçüm

Tablo 5.9’a göre 6. Sınıf öğrencilerinden oluşan iki grup matematiksel modellerini oluştururken her gün atık miktarını ölçüp toplamalarını alarak ayrıntılı ölçüm stratejisini kullanmışlardır. Bir grubun matematiksel modelinin ise araştırılan Fermi problemine yönelik bir model olmadığı görülmüş ve modele ilişkin bir strateji belirlenemez kategorisinde yer almıştır. Ayrıntılı ölçüm yapan G2’ye ait alıntı Şekil 5.6’da verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 1. \text{gön} &= 4 \cdot 400 \text{ gr yemek israfı} \\
 2. \text{gön} &= 4 \cdot 400 \text{ gr yemek israfı} \\
 3. \text{gön} &= 6 \cdot 200 \text{ gr yemek israfı} \\
 4. \text{gön} &= 0 \text{ yok yemek israfı} \\
 5. \text{gön} &= 0 \text{ yok yemek israfı}
 \end{aligned}$$

Toplam = 4.172 gram

Şekil 5. 6. G2'nin FP1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.6'da verilen çözümde öğrencilerin modellerini aritmetik olarak ifade ettikleri görülürken aritmetik işlemlerin arkasındaki modelin günlük israf miktarını ölçme ve hepsini toplama şeklinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin matematiksel modellerinde kabuk, kemik gibi atıkların israf kategorisine girmeyip matematiksel modellerinde buna dikkat ettikleri görülmüştür. Bir strateji belirlenemez stratejisini kullanan G3'e ait alıntı ise Şekil 5.7'de verilmiştir.

* Okulda 1 haftada ne kadar yemek israf edilir?

$$\begin{array}{r}
 550 \text{ } 3 \\
 \times 25 \\
 \hline
 2750 \\
 1100 \\
 \hline
 13750 \text{ ?}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 150 \\
 \times 15 \\
 \hline
 2250 \\
 1500 \\
 \hline
 2250
 \end{array}$$

1 ,

cevap: 4 Kilo

~~150 öğrenci sayısı~~

~~1 haftada 4 kilo = 4 kilo israf~~

168 öğrenci sayısı

1 Günde 4 kg israf ediliyor

$$\begin{array}{r}
 168 \\
 \times 4 \\
 \hline
 672
 \end{array}$$

368

4

672

agileme: okulda 468 tane öğrenci var 4 Haftada 6 kiloye kadar israf yapmaktadırlar.

Vevap = 6 kg

Şekil 5. 7. G3'ün FP1'e ait çözümü

Şekil 5.7’de verilen çözüm için öğrenciler sunum yaparken, yemekhanede çöp kovasını 2 gün tarttıklarını ve haftada 4 kg israf olduğunu söylemişlerdir. Bu değeri de okuldaki öğrenci sayısı ile çarparak 672 kg israf olduğunu belirtmişlerdir. Tüm öğrencilere ait günlük israf miktarının tekrar öğrenci sayısı ile çarpılması haftalık israf miktarını bulmaya yardımcı olmayacağından, G3’ün çözümü strateji belirlenemez kategorisinde yer almıştır.

7. Sınıf öğrencilerinin FP1’e ait bulguları Tablo 5.10’da gösterilmiştir.

Tablo 5. 10. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 1’e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G4	Günlük çöp ağırlıkları toplamı= bir haftalık israf miktarı		X				
G5	Günlük çöp ağırlığı tahminlerinin toplamı= bir haftalık israf miktarı			X			
G6	Bir günlük israf miktarı x gün sayısı = bir haftalık israf miktarı					X	
G7	Günlük çöp ağırlığı yüzde tahminlerinin toplamı / gün sayısı= ortalama bir günlük israf miktarı			X			
G8	Günlük çöp ağırlığı yüzde tahminlerinin toplamı= bir haftalık israf miktarı			X			
G9	Bir günlük israf tahmini x gün sayısı= bir haftalık israf miktarı					X	

Strateji 2: Ayrıntılı ölçüm, Strateji 3: Ayrıntılı tahmin, Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü

Tablo 5.10'a göre 7. Sınıf öğrencilerinden oluşan üç grup modellerini oluştururken günlük çöp ağırlığını tahmin ederek ayrıntılı tahmin stratejisini, bir grup günlük çöp ağırlığı ölçümü yaparak ayrıntılı ölçüm stratejisini ve iki grup her gün aynı miktarda israf olduğunu varsayarak konsantrasyon stratejisini ortaya koymuşlardır. Ayrıntılı tahmin stratejisi kullanan G8'e ait alıntı aşağıda verilmiştir.

Örneğin G8:

“-çok fazla oldukları(hafta sonu yurttan kalanlar) için döktükleri de çok fazla olur

-olabilir(öğretmen)

-10 kişide ne olur, %15'i geçer.”

G8 kodlu katılımcıların çöp kovasına atılacak yemek miktarını kişi sayısı ile doğru orantılı olarak tahmin ettikleri belirlenmiştir.

Konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanan G9'a ait alıntı Şekil 5.8'de verilmiştir.

tutla Sabah 250 gram israf (1.750 g)	35.000
	1.750
	3.500
Öğlen 5 kilo israf (35 kilo)	+
	40.250 (hafta
tutla Akşam 500 gram israf (3.500g)	40 kg
	250 gram

Şekil 5. 8. G9'un FP 1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Bu çözümdeki modelin bir günlük üç öğündeki israf miktarını tahmin etme ve haftadaki gün sayısı ile çarptıktan sonra hepsini toplama şeklinde olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla her gün aynı israfın yapıldığını varsaymışlardır.

Ayrıntılı ölçüm yapan G4'e ait alıntı Şekil 5.9'daki gibidir.

1. GÜN	2. GÜN	3. GÜN	4. GÜN	5. GÜN	GÜNLER
300 kişi ile yemek yapılıyor 180 kişinin 145 kişi yemeye gidiyor 45i çöp atılıyor yapılan yemeğin %90 çöp gidiyor. Bir günde 250kg yemek yapılıyor 125i bitim oldu dağıtılıyor 1000 alınsa 5kg 30g	300 kişilik yemek yapılıyor. 180 kişi var. Yaklaşık 1 günde 50 kişi eve gi- yor. 15 kişi yemek yemiyor 1 günde çöp atılan yemek miktarı 5kg 40g	3. gün ise 6kg 8kg yemek atılıyor. Bugün çöp fazla çöp atılmasın neden 0 gün öğrenci- nin yediğinden daha fazla alması ve bugün et olma- sı değişken olarak yeneğin diğer günlerden farklı olması	4. gün ise 6kg yemek atılıyor Bunun nedeni daha fazla yemek alınması	5. gün ise okulumuzda 6kg 30g çöp yemek atılıyor Bunu önlemek için herke- se yenebildiği kadar yemek olması	Bir hafta boyunca okulumuzda 29kg Bunun nedeni öğrencilerin yemek leli beğenmeye çöp atması. Bunu önlemek için sınırladığımız yemekleri almamalıyız.

Şekil 5. 9. G4'ün FP1'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

G4 kodlu katılımcılar, ayrıntılı ölçümlerini yaparak ardından bu ölçümlerini toplamışlardır.

FP1'e ait model oluşturma stratejilerine bakıldığında hem 6 hem 7.sınıflarda ayrıntılı ölçüm olduğu görülmektedir. Bir strateji belirlenemez stratejisi yalnız 6.sınıfta; ayrıntılı tahmin ile konsantrasyon ölçümü stratejileri ise yalnız 7.sınıfta kullanılmıştır. 6.sınıfta en çok ayrıntılı ölçüm stratejisi kullanılırken 7.sınıflarda en çok ayrıntılı tahmin stratejisi kullanılmıştır.

5.2.2. FP 2: Bir bölgeyi ağaçlandırma

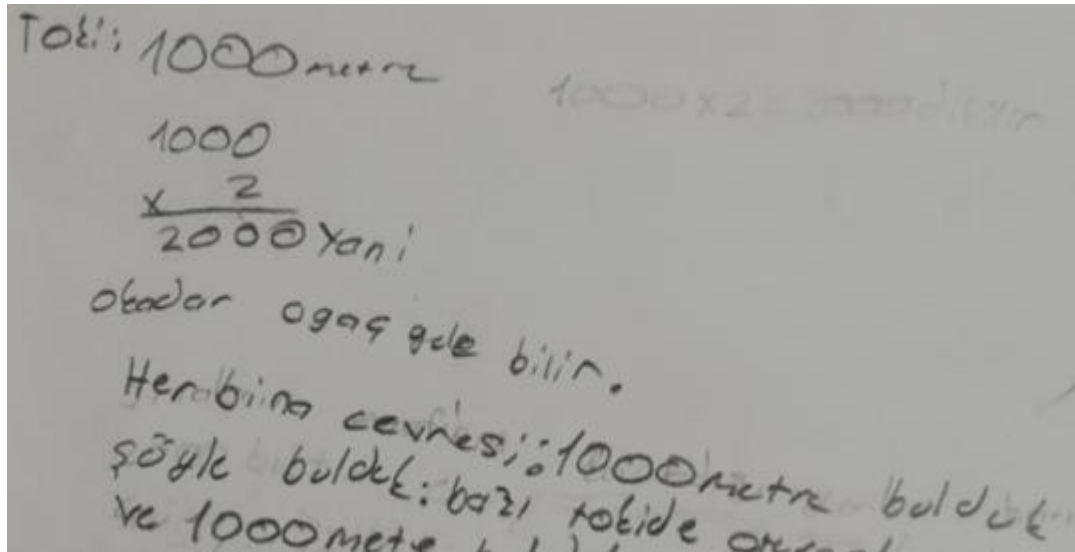
İkinci FP'de, "A bölgesini ağaçlandırmak için ne kadar ağaca ihtiyaç var?" sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 2'de kullanımı belirlenen matematiksel modeller ve model oluşturma stratejileri belirlenmiştir. 6. sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait bulguları Tablo 5.11'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 11. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 2'ye ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G1	(Binaların çevresi x bina sayısı + binalar arası mesafe x bina sayısı)/ağaçlar arası mesafe= toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G2	A bölgesinin alanı x 1 metrekaireye düşen ağaç sayısı = toplam dikilecek ağaç sayısı					X	
G3	A bölgesinin çevresi x 1 metrekaireye düşen ağaç sayısı = toplam dikilecek ağaç sayısı					X	

Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü, Strateji 6: Referans noktası

Tablo 5.11'e göre 6. sınıf öğrencilerinden oluşan iki grup matematiksel modellerini oluştururken bir metrekaireye düşen ağaç sayısını dikkate alarak konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanmışlardır. Bir grup ise ağaçlar arası mesafeyi yineleyerek referans noktası stratejisini kullanmıştır. Konsantrasyon stratejisi kullanan G3'e ait alıntı Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5. 10. G3'ün FP2'ye ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.10’da sunulduğu üzere modelin A bölgesinin çevresini belirledikten sonra 1 metrekareye düşen ağaç sayısı ile çarpılarak oluşturulduğu belirlenmiştir.

7. Sınıf öğrencilerinin FP 2’ye ait bulguları Tablo 5.12’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 12. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 2’ye ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G4	A bölgesi çevresi / iki ağaç arası mesafe= toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G5	[A bölgesi çevresi (1 adımın uzunluğu x adım sayısı) – dolu alan] / 1 ağaçlık mesafe= toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G6	Dikim yapılacak alan (2 ev arası mesafe x aralık sayısı + bahçenin alanı) / 1 ağaçlık alan = toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G7	Dikim yapılacak boş alan / 1 ağaçlık alan = toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G8	X=parkın çevresi / 1 ağaçlık mesafe] 3X = toplam dikilecek ağaç sayısı						X
G9	Dikim yapılacak bölgenin uzunluğu / 1 ağaçlık mesafe (ağacın gövde kalınlığı + büyüyünce kaplayacağı alan) = toplam dikilecek ağaç sayısı						X

Strateji 6: Referans noktası

Tablo 5.12’ye göre 7. Sınıf öğrencilerinden oluşan tüm gruplar dikilecek toplam ağaç sayısını bulabilmek için bir ağaçlık mesafeyi referans alarak referans noktası stratejisini kullanmışlardır. Örneğin G9’un referans noktası stratejisine ait alıntısı Şekil 5.11’de verilmiştir.

Şekil 5. 11. G9’un FP2’ye ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.11’de verilen çözüme ait G9’un açıklaması: “...yol kenarlarına diktiğimiz zaman 40 tane ağaç olduğunu hesapladık. Nedenini sorarsanız yol kenarlarında çok yer var ve bu yer ortalama 240(adım sayısı=metre kabul etmişler) metre olabilir. Her 2 ağaç arasında 6-7 adım boşluk bırakarak dikmeyi düşündük ve bu şekilde bu sonuca vardık.” şeklinde olmuştur.

Bu çözümde öğrencilerin dikim yapılacak bölgenin uzunluğunu bir ağacın kaplayacağı mesafeye böldükleri belirlenmiştir.

FP2’ ye ait model oluşturma stratejilerine bakıldığında hem 6 hem 7.sınıflarda referans noktası stratejisinin olduğu görülmektedir. Konsantrasyon ölçümü stratejisi ise yalnız 6.sınıfta kullanılmıştır. 6.sınıfta en çok konsantrasyon ölçümü stratejisi kullanılırken 7.sınıfların tamamında referans noktası stratejisi kullanılmıştır.

5.2.3. FP 3: Geri dönüşüm alanı

Üçüncü FP’de, “İlçenizde 10 yıllık geri dönüşüm atığı için ne kadar büyüklükte bir alana ihtiyaç var?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 3’te kullanımı belirlenen matematiksel modeller ve model oluşturma stratejileri belirlenmiştir. 6. sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait bulguları Tablo 5.13’te gösterilmiştir.

Tablo 5. 13. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G1	Okuldaki yıllık kağıt geri dönüşüm miktarı x 10 yıl / 1 sınıfa sığan geri dönüşüm miktarı x 1 sınıfın alanı = ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan						X
G2	Okul bahçesinin çevresi x 10 yıl = ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan				X		
G3	Sınıf tabanının alanı x 10 yıl = ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan				X		
Strateji 4: İndirgeme ve orantı kullanımı, Strateji 6: Referans noktası							

Tablo 5.13’e göre geri dönüşüm alanı probleminde 6. Sınıf gruplarının hepsinin modellerinde yakınlarında tanıdıkları bir yer olan okul ile ilgili değişkenler kullandıkları görülmektedir. 6.sınıf öğrencilerinden oluşan iki grup matematiksel modellerini oluştururken problemi çevrelerinde bildikleri bir alana indirgeyerek indirgeme ve orantı kullanımı stratejisini kullanmışlardır. Bir grup ise bir sınıfa sığabilecek geri dönüşüm miktarını referans alarak referans noktası stratejisini kullanmıştır. İndirgeme ve orantı kullanımı stratejisini kullanan G2’ye ait alıntı Şekil 5.12’de verilmiştir.

Handwritten calculations for a square area problem:

Kısa kenar = 14 metre $\cdot 4 = 56$

Uzun kenar = 18 metre $\cdot 4 = 72$

56 + 72 = 128

58.0 metre (çevre) sonucu bulduk

Şekil 5. 12. G2’nin FP3’e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.12’de verilen çözüme ait G2’nin açıklaması: ” Biz hocamıza sorduk (nöbetçi öğretmen) ve hocamız bize dediki *bizim orta bahçemize 1 yıllık geri dönüşüm atığı olur dedi. Biz de orta bahçenin alanını ölçtük.*” şeklinde olmuştur.

Bu modelde öğrencilerin ilçedeki yıllık geri dönüşüm miktarı için gereken alanı okul bahçesine indirgeyerek çözdükleri görülmektedir.

7. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait bulguları Tablo 5.14’te gösterilmiştir.

Tablo 5. 14. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 3’e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G4	Sivas’ta yıllık atık miktarı (ülkemizdeki yıllık atık miktarı / ülkedeki il sayısı) / Sivas’ın ilçe sayısı x 10 yıl= İlçedeki 10 yıllık atık miktarı				X		
G5	İlçe çöplüğü x belirlenen oran= ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan				X		
G6	İlçe çöplüğü x belirlenen oran= ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan				X		
G7	Yıllık geri dönüşümün kapladığı alan x 10 yıl = ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan				X		
G8	1 evin günlük çöp miktarı x ilçedeki ev sayısı x 1 yıl x 10 yıl / 1 metrekaresindeki çöp miktarı = ilçede 10 yıllık geri dönüşüm atığının kaplayacağı alan					X	
G9	İlçede günlük kişi başı israf miktarı x 10(yıl) x ilçe nüfusu x 10(yıl)= İlçedeki 10 yıllık israf miktarı				X		

Strateji 4: İndirgeme ve orantı kullanımı, Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü

Tablo 5.14'e göre 7.sınıf öğrencilerinden oluşan beş grup matematiksel modellerini oluştururken problemi belirli bir alana ya da kişiye indirgeyerek ya da bir kişi veya ilden yola çıkarak orantı kullanarak indirgeme ve orantı kullanımı stratejisini kullanmışlardır. Bir grup ise matematiksel modelini oluştururken bir metrekaresindeki çöp yoğunluğunu dikkate alarak konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanmıştır. İndirgeme ve orantı kullanımı yapan G4'e ait alıntı Şekil 5.13'te verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{①} &= \frac{30.000.000}{81} \\ &= 370.370 \\ \text{②} &= \frac{370.370}{16} \\ &= 23.148 \\ \text{③} &= 23.148 \times 10 = 231.480 \end{aligned}$$

Şekil 5. 13. G4'ün FP 3'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.13'te verilen çözüme ait G4'ün açıklaması: “araştırmalarımıza göre 2021 Mart ayında yapılan araştırmaya göre ülkemizde 1 yılda 30 milyon ton atık atılıyor. İlçemizi bulmak için öncelikle ilimizinkini bulmalıyız. 81 il olduğu için bu değeri 81'e bölmeliyiz. (bulunan sonucu) İlimizde 16 ilçe olduğu için 16'ya bölmeliyiz. Sonucun çok fazla çıktığını düşündüğümüzden küçültüp 18 bin ton yaptık. Sonra 10 yıl için 10 ile çarpmalıyız.” şeklinde olmuştur. Bu çözümde öğrencilerin ülkedeki yıllık atık miktarını il sayısına bölerek önce ilin atık miktarını, daha sonra ilçe sayısına bölerek ilçenin atık miktarını buldukları belirlenmiştir. Ancak kaplanacak alan hakkında bir bilgi vermedikleri görülmüştür.

Başka bir örnek olarak G6'nın indirgeme ve orantı kullanımına ait alıntısı "... bu sonucu parsel sorgu sitesinden *Akıncılar çöplüğünün alanını ölçerek bulduk...* çöplerin dağdan bırakıldığını hesaba katarsak bırakılan çöpler dağ şeklinde olacak ve alan dağılacak o yüzden tahmini bir şekilde(parsel sorgudan elle) genişleterek bulduk.” Şeklindedir. Bu çözümde öğrencilerin ilçedeki geri dönüşüm atığı için ilçe çöplüğünün alanını belirleyerek belirlenen oranda genişlettikleri belirlenmiştir.

FP3' e ait model oluşturma stratejilerine gelindiğinde hem 6 hem 7.sınıflarda indirgeme ve orantı kullanımı stratejisi kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca iki sınıf seviyesinde de

en çok indirgeme ve orantı kullanımı stratejisi kullanılmıştır. Ancak referans noktası stratejisi yalnız 6.sınıfta; konsantrasyon ölçümü stratejisi ise yalnız 7.sınıfta kullanılmıştır.

5.2.4. FP 4: Kömür miktarı

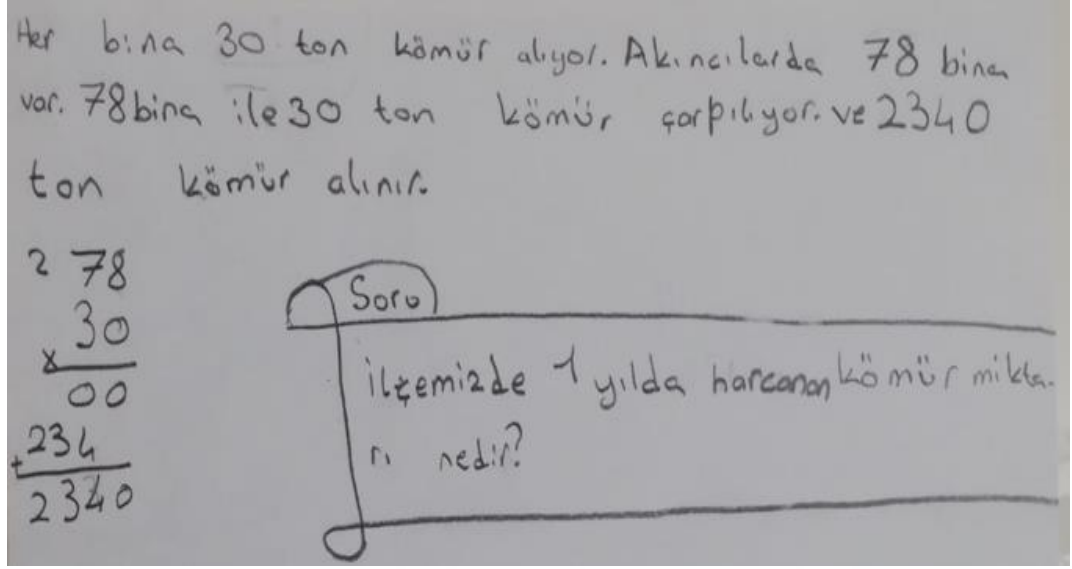
Dördüncü FP’de, “İlçenizde 1 yılda ne kadar kömür kullanılıyor?” sorusuna cevap aranmıştır. Çözüm kağıtları, sunum videoları ve ses kayıtları bütüncül bir şekilde incelenerek FP 4’te kullanımı belirlenen matematiksel modeller ve model oluşturma stratejileri belirlenmiştir. 6. sınıf öğrencilerinin FP 4’e ait bulguları Tablo 5.15’te gösterilmiştir.

Tablo 5. 15. 6. Sınıf öğrencilerinin FP 4’e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G1	İlçedeki bina sayısı x bir binanın yıllık kömür tüketim miktarı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı					X	
G2	Okulun yıllık kömür tüketim miktarı x (ilçedeki ev sayısı / 1 tane okula denk olan ev sayısı) = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı					X	
G3	Belirlenen binaların kömür tüketimleri toplamı= ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı			X			

Strateji 3: Ayrıntılı tahmin, Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü

Tablo 5.15’e göre 6.sınıf öğrencilerinden oluşan iki grup matematiksel modellerini oluştururken bir binanın ya da okulun yıllık kömür tüketimini ilçedeki bina sayısına göre genelleyerek konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanmışlardır. Bir grup ise ilçedeki kömür tüketimini hesaplamak için yalnız belirli binaları hesaplayıp ilçedeki tüketimi tahmin ederek ayrıntılı tahmin stratejisini kullanmıştır. Konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanan G1’e ait alıntı Şekil 5.14’te verilmiştir.



Şekil 5. 14. G1'in FP 4'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.14'te öğrencilerin bir binanın yıllık ortalama kömür tüketim miktarını kullanarak ilçedeki bir yıllık kömür tüketimini hesapladıkları belirlenmiştir. Başka bir örnek olarak G2'nin "10 ev okulumuzun yaktığı kadar kömür yakıyordur diye düşündük" açıklaması ilçedeki yıllık kömür tüketim miktarını bulurken okulun tüketim miktarını kullandıklarını, dolayısıyla ilçeye genelleyerek konsantrasyon ölçümü stratejisinin kullanıldığını göstermektedir.

7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait bulguları Tablo 5.16'da gösterilmiştir.

Tablo 5. 16. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri

Grup	Modeller	Model oluşturma stratejileri					
		Strateji 1	Strateji 2	Strateji 3	Strateji 4	Strateji 5	Strateji 6
G4	İlçede kalan insan sayısı (nüfus - gidenler) / 1 ailedeki insan sayısı x 1 evin günlük kömür tüketim miktarı x kömür tüketilen gün sayısı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı					X	

Tablo 5.16. 7. Sınıf öğrencilerinin FP 4'e ait belirlenen matematiksel model ve model oluşturma stratejileri (devamı)

G5	İlçede yaşanan ev sayısı (toplam ev sayısı – gurbetçilerin ev sayısı) / 2(yarısı odun yarısı kömür kullanıyor) x aylık 1 evin kömür tüketim miktarı x kömür yakılan ay sayısı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı	X
G6	İlçe nüfusu / 1 ailedeki insan sayısı x 1 ailenin günlük kömür tüketim miktarı x kömür tüketilen gün sayısı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı	X
G7	1 evin yıllık kömür tüketim miktarı x ilçedeki ev sayısı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı	X
G8	İlçedeki ev sayısı (İlçe nüfusu / 1 ailedeki insan sayısı) x 1 evin günlük kömür tüketim miktarı x kömür tüketilen gün sayısı = ilçede 1 yılda tüketilen kömür miktarı	X
G9	Sonbaharda kömür tüketimi = (1 sobalı evin günlük kömür tüketim miktarı + Sonbaharda 1 kaloriferli evin günlük kömür tüketim miktarı) x kömür yakılan gün sayısı Kışta kömür tüketimi = (1 sobalı evin günlük kömür tüketim miktarı + kışta 1 kaloriferli evin günlük kömür tüketim miktarı) x kömür yakılan gün sayısı	X

Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü

Tablo 5.16'ya göre 7. sınıf öğrencilerinden oluşan tüm gruplar matematiksel modellerini oluştururken bir evin kömür tüketimi aracılığıyla ilçedeki kömür tüketimi yoğunluğuna ulaşarak konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanmışlardır. Örneğin G8'e ait alıntı Şekil 5.15'te verilmiştir.

Şekil 5. 15. G8'in FP 4'e ait model oluşturma stratejisi ile ilgili alıntısı

Şekil 5.15'te verilen çözüme ait G8'in açıklaması: "her evde ortalama 5 kişi yaşıyor ise nüfusu 5'e bölersek 700 ev çıkar. Her ev günde tahmini 5 kg kömür harcanırsa toplam 3500 kg harcanır ve bunu 90 ile çarparsak (1 yılda 3 kış ayı var) sonuca ulaşırız." Şeklinde olmuştur. Bu çözümde öğrencilerin bir evin tüketimini kullanarak tüm ilçedeki kömür tüketimi yoğunluğuna ulaştıkları belirlenmiştir.

FP4'e ait tahmin stratejilerine bakıldığında konsantrasyon ölçümü stratejisi iki sınıf seviyesinde de kullanılırken, ayrıntılı tahmin stratejisi yalnız 6.sınıfta kullanılmıştır. Ayrıca iki sınıf seviyesinde de en çok konsantrasyon ölçümü stratejisi kullanılmıştır.

5.3. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemleri Yakından Uzağa Doğru Sınıflandırıldığında Matematiksel Modelleme Sürecindeki Stratejilerinin Değişimine İlişkin Bulgular

Bu başlık altında aşağıdaki alt problemlere ilişkin bulgulara yer verilmiştir.

3. Fermi problemleri öğrencilerin çevresinden uzaklaştıkça değişken belirleme ve model oluşturma stratejileri nasıl değişmektedir?

- Öğrencilerin değişken değerini belirleme stratejileri nasıl değişmektedir?
- Öğrencilerin matematiksel model oluşturma stratejileri nasıl değişmektedir?

"Fermi problemleri yakından uzağa doğru sınıflandırıldığında öğrencilerin değişken sayıları, değişken tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejileri nasıl değişmektedir" şeklindeki alt probleme ilişkin bulgular 6. Sınıf ve 7. Sınıf öğrencileri şeklinde iki başlık altında incelenmiştir. 6. Sınıf öğrencilerinin değişken sayıları, tahminleri ve değişken belirleme stratejilerindeki değişim Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5. 17. 6. Sınıf öğrencilerinin FP1’den FP 4’e doğru değişken sayısı, tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejileri

Problemler	Farklı değişken sayısı	Modelde kullanılan farklı değişken sayısı	Tahminler	Değişken değerini belirleme stratejileri
FP1	2	2	Standart ölçü birimleri	Ölçme* Dış kaynak Rasgele tahmin
FP2	7	6	Standart ölçü birimleri, frekans	Dış kaynak* Gözünde canlandırma Karşılaştırma
FP3	8	6	Standart ölçü birimleri	Ölçme* Dış kaynak* Rasgele tahmin
FP4	6	5	Standart ölçü birimleri, frekans	Dış kaynak* Rasgele tahmin Karşılaştırma

* en fazla kullanılan strateji

Tablo 5.17’ye göre 6. sınıf öğrencilerinin birinci problemten dördüncü probleme doğru değişken sayısı ve modelde kullanılan değişken sayısı kısmen artmıştır. Öğrenciler tüm etkinlikler boyunca değişken değeri olarak standart ölçü birimlerini kullanmıştır. Değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde dış kaynak stratejisinin en fazla ve tüm problem türlerinde ortaya çıkarken; gözünde canlandırma ve karşılaştırma stratejileri, problem öğrencinin çevresinden uzaklaştıkça ortaya çıkmaktadır. Ölçme strateji ise öğrencilerin ya çevrelerine yakın problemlerde ya da problemleri çevreleri ile ilişkilendirdiklerinde ortaya çıkmıştır. 7. Sınıf öğrencilerinin değişken sayıları, tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejilerindeki değişim Tablo 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5. 18. 7. Sınıf öğrencilerinin FP1’den FP 4’e doğru değişken sayısı, tahminleri ve değişken değerini belirleme stratejileri

Problemler	Farklı değişken sayısı	Modelde kullanılan farklı değişken sayısı	Tahminler	Değişken Değerini Belirleme Stratejileri
FP1	7	2	Standart ölçü birimleri	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma* Gözünde canlandırma Ölçme Dış kaynak Karşılaştırma Rasgele tahmin
FP2	9	6	Standart ve standart olmayan ölçü birimleri	Dijital araçlar* Dış kaynak Ölçme Rasgele tahmin Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma Gözünde canlandırma
FP3	13	10	Standart ve standart olmayan ölçü birimleri	Dijital araçlar* Gözünde canlandırma* Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma Karşılaştırma Rasgele tahmin Dış kaynak
FP4	20	14	Standart ve standart olmayan ölçü birimleri	Önceki bilgi ve deneyimlere dayanma* Karşılaştırma Dış kaynak Rasgele tahmin Dijital araçlar

* en fazla kullanılan strateji

Tablo 5.18’e göre 7. sınıf öğrencilerinin birinci probleminden dördüncü probleme doğru değişken sayısı ve modelde kullanılan değişken sayısı giderek artmıştır. Öğrenciler kendilerine en yakın fermi probleminde standart ölçü birimlerini kullanırken, problem türü kendi çevrelerinden uzaklaştıkça değişken değeri olarak hem standart hem de standart olmayan ölçü birimlerini kullanmışlardır. Değişken değerini belirleme

stratejileri incelendiğinde önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisi tüm problem türlerinde ortaya çıkmaktadır. Dijital araçlar stratejisi problem öğrencinin çevresinden uzaklaştıkça ortaya çıkmaktadır.

“Fermi problemleri yakından uzağa doğru sınıflandırıldığında öğrencilerin matematiksel model oluşturma stratejileri nasıl değişmektedir?” şeklindeki alt probleme ilişkin bulgular 6. sınıf ve 7. sınıf öğrencileri şeklinde iki başlık altında Tablo 5.19’da verilmiştir.

Tablo 5. 19. 6. ve 7. Sınıf öğrencilerinin FP1’den FP 4’e doğru model oluşturma stratejileri

Problemler	6. Sınıf model oluşturma stratejileri	7. Sınıf model oluşturma stratejileri	Toplamda en çok kullanılan model oluşturma stratejisi
FP1	Strateji 2* Strateji 1	Strateji 3* Strateji 2 Strateji 5	Strateji 2 ve strateji 3
FP2	Strateji 5* Strateji 6	Strateji 6*	Strateji 6
FP3	Strateji 4* Strateji 6	Strateji 4* Strateji 5	Strateji 4
FP4	Strateji 5* Strateji 3	Strateji 5*	Strateji 5

Strateji 1: Bir strateji belirlenemez, Strateji 2: Ayrıntılı ölçüm, Strateji 3: Ayrıntılı tahmin, Strateji 4: İndirgeme ve orantı kullanımı, Strateji 5: Konsantrasyon ölçümü, Strateji 6: Referans noktası

* en fazla kullanılan strateji

Tablo 5.19’a göre 6. sınıf öğrencilerinin birinci problemten dördüncü probleme doğru model oluşturma stratejileri incelendiğinde konsantrasyon ölçümü stratejisinin en fazla ve iki problem türünde de kullanıldığı; problem öğrencinin çevresinden uzaklaştıkça ortaya çıktığı görülmektedir.

7. sınıf öğrencilerinin birinci problemten dördüncü probleme doğru model oluşturma strateji sayısı kısmen azalmıştır. Konsantrasyon ölçümü stratejisinin en fazla ve üç problem türünde de kullanıldığı; nispeten problem öğrencinin çevresinden uzaklaştıkça ortaya çıktığı görülmektedir.

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu bölümde, elde edilen bulguların yorumlanmasıyla ortaya çıkan sonuçlara ve bu sonuçlarla ilgili tartışmalara yer verilmiştir.

Problem bağlamının yakınlığı göz önüne alınarak ortaokul altı ve yedinci sınıf öğrencilerinin FP ile MM süreçlerinin incelenmesi amaçlanan bu araştırmada, sonuçlar üç bölümde sunulmuştur.

6.1. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Basitleştirme Sürecinde Oluşturdukları Değişkenler ve Değişken Belirleme Stratejilerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Altı ve yedinci sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken oluşturdukları değişkenlere ilişkin ilk FP’de, öğrencilerin basitleştirme aşamasında Fermi problemlerinin çözümüne yardımcı olan ilgili değişkenler belirledikleri tespit edilmiştir. Tüm öğrencilerin tahminlerinin nispeten birbirine yakın ve gerçekçi değerler olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla iki sınıf düzeyinde de basitleştirme aşamasının gerçekleştirildiği söylenebilir. Ayrıca yedinci sınıf öğrencilerinin altıncı sınıf öğrencilerinden daha fazla değişken belirledikleri görülmüştür. Ancak hem altıncı sınıf hem yedinci sınıf öğrencilerinin bir sonraki aşamaya aynı değişken olan günlük yemek israfı değişkenini taşıdıkları belirlenmiştir. Buradan hareketle yedinci sınıf öğrencilerinin belirledikleri değişkenlerin bir kısmının bir sonraki aşamada kullanılmadığı ortaya çıkmıştır.

FP1’de değişken değerini belirleme stratejilerine bakıldığında, altıncı sınıf öğrencileri en çok ölçme stratejisi kullanırken yedinci sınıf öğrencileri gözünde canlandırma ve önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisini kullanmışlardır. Altıncı sınıf öğrencilerinin yakın problemlerde daha somut cevapların elde edildiği ölçme stratejisini ve yedinci sınıf öğrencilerinin gözünde canlandırma gibi daha soyut stratejileri kullanması dikkat çeken bir sonuçtur. Yine yedinci sınıf öğrencilerinin geçmiş bilgi ve deneyimlerine başvurması alan yazın ile paralellik göstermektedir. Kılıç ve Olkun (2013) ilköğretim öğrencilerinin tahmin etmede önceki bilgi ile karşılaştırma stratejisini öncelikli stratejiler arasında kullandıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca Ferrando vd. (2017) daha fazla geçmiş deneyime sahip olan öğrencilerin daha ayrıntılı modeller

oluşturduklarını belirlemiştir. Bu durum yedinci sınıf öğrencilerinin altıncı sınıf öğrencilerinden daha fazla bu stratejiyi kullanmalarını açıklayabilir.

FP 2’de hem altıncı sınıf hem yedinci sınıf öğrencileri modellerinde ağaçlar arası mesafe değişkenini kullanırken yedinci sınıf öğrencilerinin bir önceki FP’de olduğu gibi model aşamasına kadar birden fazla değişken kullandıkları görülmüştür. Bu değişkenlerin büyük bir kısmını modele yansıtmadıkları ikinci fermi probleminde de ortaya çıkan bir sonuçtur. Modelde kullanılan değişkene ait tahmin değerlerine bakıldığında altıncı sınıftan farklı olarak yedinci sınıf gruplarında standart olmayan bir ölçü birimi üzerinden de tahminler yapıldığı belirlenmiştir. Altıncı sınıflarda en çok dış kaynak, yedinci sınıflarda ise en çok dijital araç stratejisi kullanılmıştır. Gallart vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada da öğrencilerin değişkenlerin niceliklerini belirlerken ölçme yaptıkları veya internet gibi dış kaynaklara başvurdıkları tespit edilmiştir.

FP 3’te 6 ve 7. sınıf öğrencilerinin modelde kullandıkları değişkenlerin farklı olması dikkat çekmektedir. 6. Sınıf öğrencileri değişkenleri belirlerken yakın çevrelerinden alanlar belirlerken, 7. sınıf öğrencilerinin genellikle uzakta olan bir alandan hareketle modellerini oluşturdukları tespit edilmiştir. Bu değişkene ait tahmin değerlerine bakıldığında altıncı sınıfta yedinci sınıftakilere nazaran çok daha küçük tahmin değerleri olduğu görülüp yedinci sınıflara nispeten gerçeklikten uzak kaldığı düşünülmektedir. Altıncı sınıflarda en çok dış kaynak ve ölçme, yedinci sınıflarda ise en çok dijital araçlar ve gözünde canlandırma stratejisi kullanılmıştır. Soyut düşünme becerisinin yedinci sınıfta gelişmeye başlamasından dolayı altıncı sınıfta ölçme gibi somut araçlar kullanma eğilimi fazla iken, yedinci sınıfta gözünde canlandırma gibi daha soyut araçlar kullanma eğiliminin fazla olduğu düşünülmektedir. Alanyazında da öğrencilerin sınıf seviyesi arttıkça tercih ettikleri stratejilerin daha karmaşık bir hal aldığı belirtilmesi bu düşünceyi destekler niteliktedir (Satan, 2020). Öte yandan bu çalışmanın bulgularından farklı olarak Er (2022) yedinci sınıfların ölçüsel tahmin becerisinin geliştirilmesinde Fermi problemlerine dayalı gerçekleştirdiği öğretim uygulamasında en az kullanılan stratejinin gözünde canlandırma stratejisi olduğunu belirtmiştir. Oluşan bu farklılığın kullanılan problemlerin bağlamından kaynaklandığı söylenilebilir.

FP 4'te hem altıncı sınıf hem yedinci sınıf öğrencileri modellerinde ilçedeki konut sayısı değişkenini kullanmışlardır. Ayrıca altıncı sınıfta söz konusu değişkene ilişkin daha genel bir tahmin belirlenirken yedinci sınıflarda daha ayrıntılı bir tahmin yapıldığı saptanmıştır. Değişken tahmininin altıncı sınıfta yedinci sınıfa nazaran gerçekçi olamayacak kadar küçük bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgulara dayanarak öğrencilerin problem durumunu yeteri kadar sadeleştirememeleri ve yanlış varsayımlarda bulunmalarının bir sonraki aşama olan problem durumunun matematiksel olarak ifade edilmesinde olumsuz etkiye neden olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür. Dolayısıyla problem durumunun sadeleştirilme yeterliği diğer modelleme yeterliklerinin ortaya konulmasında önemli bir role sahiptir. (Biccard, 2010; Mousoulides vd., 2008).

Altıncı sınıflarda en çok dış kaynak, yedinci sınıflarda ise en çok önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisi kullanılmıştır. Çoğunlukla Fermi problemlerini çözmek için belirlenmesi gereken bazı nicelikler kayıtlara ve dış kaynaklara başvurarak bulunabilir (Garcia-Navarro, 2013). Bu çalışmada da FP'lerdeki değişkenlerin değerlerini belirlerken özellikle 6. sınıf öğrencilerinde dış kaynağa başvurulduğunun görülmüş olması bu çalışmayla benzerlik göstermektedir. Yedinci sınıflarda hem yakın hem de uzak problemlerde önceki deneyimlere dayandırma stratejisinin ortaya çıktığı belirlenirken dijital araçlar stratejisi ağırlıklı olarak öğrencilere daha uzak tasarlanan problemlerde ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde Gooya vd. (2011) yaptıkları araştırmanın sonucunda, öğrencilerin problemlerin bağlamına göre kullandıkları stratejilerin değiştiğini bulmuşlardır. Yine bu sonuçlar Gallart vd. (2017)'nin çalışmasındaki sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Uygulama boyunca iki sınıf seviyesinde de farklı değişken kullanımının genel anlamda arttığı belirlenmiştir. Bu durumun FP'lerin öğrencilerin çevresinden olacak şekilde gerçekçi bir zemine oturtulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.2. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemlerini Çözerken Matematikselleştirme Sürecinde Oluşturdıkları Matematiksel Modeller ve Matematiksel Model Oluşturma Stratejilerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Fermi problemlerini çözmek için bir model geliştirirken tüm gruplar aynı yolu izlemiştir. Bireysel stratejilerini paylaşıp olası sonucu tahmin etmiş, kullanılan

stratejileri tartışmış, sonuçları onaylamış ve sınıfın geri kalanıyla paylaşmak için ne yazacaklarına karar vermişlerdir. Benzer durum Brunet-Biarnes ve Albarracín (2022) çalışmasında da gözlemlenmiştir.

Altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin Fermi Problemlerini çözerken oluşturdukları matematiksel modeller ve matematiksel modellerde kullandıkları stratejilerine ilişkin ilk FP’de daha önceki çalışmalarda olduğu gibi çalışma grupları, ortaya atılan Fermi problemini çözmek için matematiksel modeller oluşturmuştur (Albarracín ve Gorgorio, 2018; Brunet-Biarnes ve Albarracín, 2022; Peter-Koop, 2009). Altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modellerinde günlük yemek israf tahminlerini her gün için ayrı ayrı belirleyip topladıkları, yedinci sınıf öğrencilerinin ise 1 günlük yemek israfını belirledikleri gün sayısı ile çarptıkları görülmüştür. Dolayısıyla altıncı sınıf öğrencileri gerçek modeli belirlemede ayrıntılı ölçüm stratejisi kullanırken yedinci sınıf öğrencileri ayrıntılı tahmin stratejisini kullanmışlardır. Değişken değerini belirleme stratejilerinde olduğu gibi burada da yedinci sınıfların daha soyut bir strateji kullandıkları görülmektedir. Piaget’nin bilişsel gelişim tanımına göre 6. ve 7.sınıf öğrencileri soyut işlemler döneminde yer almaktadır. Soyut işlemler döneminde soyut düşünme becerisi zaman içerisinde gelişmektedir (Erden ve Akman, 1998). Dolayısıyla Piaget’nin çalışması bu çalışmanın sonucunu açıklayabilir.

FP 2’de altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin farklı matematiksel modeller kullandığı belirlenmiştir. Altıncı sınıf öğrencileri gerçek modeli belirlemede konsantrasyon ölçümü stratejisi kullanırken yedinci sınıf öğrencileri referans noktası stratejisini kullanmışlardır. Benzer olarak Albarracín ve Gorgorió (2014) 12-16 yaş aralığındaki öğrencilerin modellerinde konsantrasyon ve referans noktası stratejilerinin baskın olduğunu belirtmiştir.

FP 3’te altıncı ve yedinci sınıf öğrencilerinin benzer matematiksel modelleri kullandıkları görülmüştür. Her iki sınıf seviyesinin öğrencileri de MM’i belirlemede indirgeme ve orantı kullanımı stratejisini kullanmışlardır. Benzer olarak Albarracín, Ferrando ve Gorgorió (2021) bir yüzey üzerinde çok sayıda eleman tahmin ederken öğrencilerin stratejilerini belirlemede bağlamın rolünü araştırmışlardır. Kullanılan stratejilerin ölçüm ve orantılılık kavramlarıyla yakından ilişkili olduğunun görülmesi bu

çalışmanın sonucunu desteklemektedir. Söz konusu stratejinin çok çıkmasının ise soruda alan tahminine ihtiyaç duyulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

FP 4'te yedinci sınıf öğrencilerinin altıncı sınıf öğrencilerine nazaran daha ayrıntılı olsa da yine benzer matematiksel modeller kullandıkları belirlenmiştir. Her iki sınıf seviyesinin öğrencileri de matematiksel modeli belirlemede konsantrasyon ölçümü stratejisini kullanmışlardır. Bu durum uygulanan son FP probleminin bağlamının bu stratejinin kullanımına uygun olmasından kaynaklı olabilir.

İki sınıf seviyesi karşılaştırıldığında genellikle farklı model oluşturma stratejilerinin kullanıldığı görülmüştür. Ferrando ve Albarracin (2019) de 2.sınıftan 10.sınıfa kadar FP çözümlerini inceledikleri çalışmalarında, her sınıf grubunda çok çeşitli modellerin olduğunu vurgulamışlardır. Bu durumun nedeni, sorunun açık bir görev olması ve öğrencilerin sorunu çözmek için gerçekliğin farklı özelliklerini kullanması olarak gösterilmiştir. Borremeo Ferri (2018) de FP'nin öğrencilerin problem çözme stratejilerini geliştirmelerine izin veren bir görev türü olduğunu belirtmiştir. Lise (Ärleback, 2009) ve üniversite öğrencileriyle (Czoher, 2016) yapılan çalışmalar da FP çözerken gerçekleşen modelleme sürecinin karmaşıklığını göstermiştir. Öğrencilerin cevaplarında ortaya çıkan matematiksel kavramların ve toplanan stratejilerin zenginliği ise öğretmenlere benzer problemleri çözerken öğrencilerinden neler bekleyebilecekleri konusunda fikir vermektedir (Albarracin ve Gorgorió, 2014).

Öğrencilerin çevresine göre daha yakın olan problemlerde daha basit modeller elde edilirken, bağlam uzaklaştıkça modellerin de karmaşıklık düzeyinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca uzak bağlam içeren FP'lerde üst sınıftaki öğrencilerin alt sınıftaki öğrencilere nispeten daha gerçekçi sonuçlar elde ettikleri söylenebilir.

6.3. Ortaokul 6. ve 7. Sınıf Öğrencilerinin Fermi Problemleri Öğrencilerin Çevresinden Uzaklaştıkça Değişken Değerini Belirleme ve Model oluşturma Stratejilerinin Değişimine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Fermi problemleri yakından uzağa doğru sınıflandırıldığında altıncı sınıfta değişken değerini belirleme stratejileri incelendiğinde dış kaynak stratejisi en fazla ve tüm problem türlerinde ortaya çıkarken; gözünde canlandırma ve karşılaştırma stratejilerinin, problem öğrencinin çevresinden uzaklaştıkça ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Ölçme strateji ise öğrencilerin ya çevrelerine yakın problemlerde ya da problemleri çevreleri ile ilişkilendirdiklerinde kullanıldığı saptanmıştır. Dolayısıyla öğrencilerin yakın problemlerde daha somut stratejileri kullanırken, problem bağlamı uzaklaştıkça daha soyut stratejilere geçiş yaptıkları söylenebilir. Benzer olarak Albarracín ve Gorgorió (2014) da, problem ifadesinin bağlamını değiştirerek öğrencilerin giderek daha karmaşık stratejiler geliştirebildiklerini gözlemlemişlerdir.

Yedinci sınıf değişken değerini belirleme stratejilerinde ise önceki bilgi ve deneyimlere dayanma stratejisinin tüm problemlerde kullanıldığı belirlenmiştir. FP'ler yakından uzağa doğru sınıflandırıldığında ise dijital araçlar stratejisi kullanımının arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla yedinci sınıfların altıncı sınıflara kıyasla daha soyut stratejileri kullanmayı tercih ettikleri söylenebilir.

Fermi problemleri yakından uzağa doğru sınıflandırıldığında öğrencilerin yaşamlarına daha yakın bir bağlamda sorulan Fermi problemleri ile günlük yaşamdan edindikleri bilgiler arasında daha fazla bağlantı kurarak daha ayrıntılı çözümler geliştirdikleri görülmüştür. Hem altıncı sınıf hem yedinci sınıf öğrencilerinde konsantrasyon ölçümü ve referans noktası matematiksel model oluşturma stratejilerinin ağırlıklı kullanıldığı görülmüştür. Öğrenci geçmişi, sınıf öğretmeni ve okul ortamı gibi bağlamın bazı yönlerinin elde edilen sonuçları etkilemiş olabileceği düşünülmektedir (Brunet-Biarnes ve Albarracín, 2022).

Problem bağlamının öğrencilerin çevresine yakınlığına göre kullanılan stratejilerin değiştiği belirlenmiştir. Albarracín ve Gorgorió'nun (2014) belirttiği gibi günlük yaşamlarına daha yakın olan FP1'de günlük deneyimlerinden daha çok yararlandıkları görülmüştür. Problem bağlamı uzaklaştığında ise farklı stratejiler kullanılmıştır. Albarracín ve Gorgorió (2013) takip ederek, problemlerin çerçevelendiği bağlamın, öğrenciler tarafından önerilen stratejileri etkilediği görülmüştür. Problemlerin kuruldukları ortamın ve öğrencinin durum hakkında bildiği ilk bilgilerin kullanılan stratejilerin türünü etkilediği gözlemlenmiştir. Van Den Heuvel-Panhuizen'in (2005) belirttiği gibi, gerçek bağlamla ilgili problemlerin öğrencilerin günlük yaşamlarında kullandıkları yöntem veya stratejileri kullanmalarına izin verebileceği konusunda hemfikir olunmuştur. Gallart vd. (2017) da öğrencilerin gerçekliği anlamada farklı yollar kullandıklarını ve bağlam çeşitliğinin farklı stratejileri teşvik ettiğini belirtmiştir.

Ayrıca Fermi problemlerinin yapısı gereği tek bir doğru yanıtın olmaması da öğrencileri farklı stratejiler kullanmaya teşvik ettiği düşünülmektedir. Nitekim Abay ve Filiz (2020) ve Arıcan (2022) çalışma sonuçları da bu durumu desteklemektedir.



7. ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonuçları temel alınarak öğretmenlere ve araştırmacılara yönelik olmak üzere önerilerde bulunulmuştur.

Öğretmenlere Öneriler

1. Öğretmenlerin ve öğrencilerin FP ile ilgili bilgi sahibi olmalarını, eğitim öğretim süreçlerinde nasıl kullanılacağına ilişkin fikir edinmelerini ve öğrencilerin modelleme becerilerini geliştirebilmesi açısından öğretmenlere derslerinde FP kullanmaları önerilmektedir. Bu çalışma öğretmenlere örnek bir uygulama sunmaktadır.
2. Ortaokullara modellemeyi tanıtmak ve modellemenin ilk iki aşamasına yoğunlaşmak isteyen öğretmenler fermi problemleri kullanabilir. Ayrıca öğrencilerin farklı stratejiler geliştirebilmeleri adına öğretmenlerin derslerinde hem yakın hem uzak bağlamdaki problemlere yer vermesi önerilmektedir.
3. Bu çalışma öğretmenlere belirledikleri stratejilere öğrencileri nasıl yönlendirebilecekleri ya da öğrencilerden hangi stratejileri bekleyebilecekleri konusunda rehberlik edebilir.
4. Öğrencinin çevresine göre yakın problemleri kullanmak ölçüm yapmayı teşvik ederken, uzak problemleri kullanmak orantı kavramını kullanmayı teşvik edebilir. Bu matematiksel bağlamlar dikkate alınarak yakın veya uzak problemlerin kullanılması önerilebilir.
5. Öğretmenler öğrencilerinin basitleştirme yeterliğine yönelik bir öğrenme ortamı tasarlamak isterse, daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi için öğrencinin çevresine daha yakın problemler tercih edebilirler.

Araştırmacılara Öneriler

1. Öğrencilerin FP çözerken matematiksel modelleme adımlarında gösterdikleri ilerlemelerden yola çıkarak FP'nin MM'yi tanıtmakta veri toplama aracı olarak kullanılması önerilmektedir.

2. FP çözümlerinde öğrencilerin sıklıkla akıllı tahta ve bilgisayar kullanımına yöneldiği görülmüştür. Bu durumu daha ayrıntılı inceleyebilmek için araştırmacılar teknoloji içerikli FP kullanabilir.
3. Fp çözümlerinde özellikle üst sınıfta bulunan öğrencilerin değişkenleri matematiksel model aşamasına taşımadığı görülmüştür. Gelecek araştırmalarda bu durumun sebebi ayrıntılı olarak araştırılabilir.
4. Bu çalışmada matematiksel modelleme aşamalarından ilk iki aşamaya odaklanılmıştır. Fermi problemlerinin tüm modelleme aşamaları için incelenmesi önerilmektedir.
5. Bu sonuçlar başka çalışmalarda farklı FP kullanılarak incelenebilir. Ya da benzer öğrenme ortamı uzaktan yakına doğru problemleri dikkate alarak geliştirilebilir. Aradaki bu farklılığın stratejileri etkileyip etkilemeyeceği araştırılabilir.
6. Bu çalışmada altı ve yedinci sınıflar ile çalışılmış olup gelecek araştırmalarda beş ve sekizinci sınıflar da dahil edilebilir.
7. FP çok çeşitli varsayım ve tahmin türlerine zemin hazırladığından dolayı özellikle üstün yetenekli öğrencilere uygulanması farklı stratejileri ortaya çıkarabilir.
8. Farklı değişkenlerin ortaya çıkabilmesi için yakın veya uzak farketmeksizin öğrencilerin çevresinden FP seçilmesi önerilmektedir.
9. Yakın bağlam problemleri daha basit modeller elde edildiği için modelleme deneyimi az olan öğrencilerde kullanılabilir.
10. MM deneyimi edinmiş veya MM’de matematikselleştirme aşamasında sorun yaşayan öğrenciler için daha karmaşık modeller elde edildiğinden uzak bağlam içeren FP kullanılabilir.
11. Bu çalışmanın sonuçlarında 7.sınıf öğrencilerinin 6.sınıf öğrencilerine kıyasla daha soyut düşündükleri belirlenmiştir. Bu sonuçtan hareketle 6.sınıflarda somut düşünce ön planda olduğu için yakın bağlam içeren problemler, 7.sınıflarda soyut düşünce ön planda olduğu için daha uzak bağlam içeren problemler kullanılabilir.

12. Uygulama sürecinde öğrencilerin dışkaynak olarak bireylerden bilgi aldıklarında çözüm sürecinde daha pasif kaldıkları görülmüştür. Ancak dış kaynak olarak internet ya da akıllı tahtaya başvurdıklarında çözüm sürecinde daha etkin rol aldıkları görülmüştür. Gelecek araştırmalarda FP uygulamasında öğrenme ortamı bu şartlar gözönüne alınarak oluşturulursa öğrencilerin daha üretken olacağı sonuçlar elde edilebilir.

14. Bu çalışmada kullanılan FP'lerde 7. Sınıfta birinci problem dışında tüm problemlerde standart olmayan ölçü birimi kullanılırken 6.sınıfta hiç kullanılmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla 6.sınıflarla yapılacak çalışmalarda özellikle öğrencinin çevresine yakın olan problemlerde ölçme aletlerinin hazır bulundurulması önerilir.

Müfredata Yönelik Öneriler

1. Matematik öğretim programı incelendiğinde Fermi problemlerine yer verilmediği görülmüştür. Öğrencilerin Fermi Problemleri ile ilgili daha fazla deneyime maruz kalmaları gerektiği düşünülmektedir. Bu noktada öğretmenler için destek materyalleri hazırlanabilir.

2. Eğitim programını hazırlayanların FP'ni özellikle öğrencilerin varsayım ve tahmin becerisini geliştirmek amacıyla MM sorularında kullanmaları önerilmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalar öğretmenlere ve eğitim süreciyle ilgilenen insanlara farklı bilgi ve bakış açıları sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Abay, S. ve Gökbulut, Y. (2017) “Sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme becerileri: fermi problemleri uygulamaları”, *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(9), 65-83.
- Abay, S. ve Filiz, S. (2020) “İlkokul 4. sınıf öğrencilerinde fermi problemlerinin matematik dersi motivasyonuna etkisi”, *EKUAD*, 6(3).
- Anhalt, C. O., and Cortez, R. (2015) “Mathematical modeling: A structured process”, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 108(6), 446–452.
<https://doi.org/10.5951/mathteacher.108.6.0446>
- Albarracín, L. (2021) “Large number estimation as a vehicle to promote mathematical modeling”, *Early Childhood Education Journal*, 49(4), 681-691.
- Albarracín, L., and Ärlebäck, J. B. (2022a) “Esquemas de resolución de problemas de Fermi como herramienta de diseño y gestión para el profesor”, *Educación MatEMática*, 34(2), 289-309.
- Albarracín, L., and Ärlebäck, J. B. (2022b) “Exploring the use of Fermi Problems and the FPAT-framework with pre-service primary teachers to bring real-life contexts into classrooms”, *The relation between mathematics education research and teachers’ professional development*, MADIF 13At: Växjö, Sweden, 81.
- Albarracín, L., Ärlebäck, J., Civil, E., and Gorgorió, N. (2019) “Extending Modelling Activity Diagrams as a tool to characterise mathematical modelling processes”, *The mathematics enthusiast*, 16(1), 211-230.
- Albarracín, L., Ferrando, I., and Gorgorió, N. (2021) “The role of context for characterising students’ strategies when estimating large numbers of elements on a surface”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1209-1227.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2011) “Una propuesta de modelización en secundaria: problemas de estimación de magnitudes no alcanzables”, *Modelling in science education and learning*, 4, 71-81.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2012a) “Inconceivable magnitude estimation problems: an opportunity to introduce modelling in Secondary School”, *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(7), 20-33.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2012b) “On strategies for solving inconceivable magnitude estimation problems”, *In Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 2-11).
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2013a) “Problemas de estimación de magnitudes no alcanzables: estrategias y éxito en la resolución”, *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 7(3), 103-115.

- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2013b) “Fermi problems involving big numbers: Adapting a model to different situations”, *In proceedings of the 8th congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME8)*, Antalya: CERME.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2013c) “Problemas de estimación de grandes cantidades: modelización e influencia del contexto”, *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(3), 289–315.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2014) “Devising a plan to solve Fermi problems involving large numbers”, *Educational Studies in Mathematics*, 86(1), 79–96. <https://doi.org/10.1007/s10649-013-9528-9>
- Albarracín, L., & Gorgorió, N. (2018) “Students estimating large quantities: from simple strategies to the population density model”, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1579. <https://doi.org/10.29333/ejmste/92285>
- Albarracín, L., & Gorgorió, N. (2018). Students estimating large quantities: From simple strategies to the population density model. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1579.
- Albarracín, L., and Gorgorió, N. (2019) “Using large number estimation problems in primary education classrooms to introduce mathematical modelling”, *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 27(2).
- Albayrak, E., ve Çiltaş, A. (2017) “Türkiye’de matematik eğitimi alanında yayınlanan matematiksel model ve modelleme araştırmalarının betimsel içerik analizi”, *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2017(9), 258-283.
- Altun, M., ve Arslan, Ç. (2006) “İlköğretim öğrencilerinin problem çözme stratejilerini öğrenmeleri üzerine bir çalışma”, *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(1), 1-21.
- Arıcan, B. (2022) “An investigation on 6th grade students' modeling process in the fermi problems considering the proximity of the problem context to students' daily lives”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Ärleback, J. B. (2009) “On the use of realistic Fermi problems for introducing mathematical modelling in school”, *The Mathematics Enthusiast*, 6(3), 331–364.
- Ärleback, J. B. (2011) “Exploring the solving process of group solving realistic Fermi problems from the perspective of the Anthropological theory of didactics”, In M. Pytlak, T. Rowland, & W Swoboda (Eds), *Proceedings of the Seventh Conference of European Research in Mathematics Education*. (pp. 1010–1020). *University of Rzeszów*, Poland.
- Ärleback, J. B., and Albarracín, L. (2017, February) “Developing a classification scheme of definitions of Fermi problems in education from a modelling perspective”, In *CERME 10*.

- Ärlebäck, J. B., and Albarracín, L. (2019) "The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies", *ZDM*, 51(6), 979-990.
- Ärlebäck, J. B., and Bergsten, C. (2010) "On the use of realistic Fermi problems in introducing mathematical modelling in upper secondary mathematics", In R. Lesh, P. L.
- Ärlebäck, J. B., and Bergsten, C. (2013) "On the use of realistic Fermi problems in introducing mathematical modelling in upper secondary mathematics", In *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies: ICTMA 13* (pp. 597-609), Dordrecht: Springer Netherlands.
- Aydın Güç, F. (2015) "Matematiksel modelleme yeterliklerinin geliştirilmesine yönelik tasarlanan öğrenme ortamlarında öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerinin değerlendirilmesi", Doktora Tezi, **Karadeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon.
- Ayvalı, İ. (2013) "Gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımıyla yapılan öğretimin hesapsal tahmin başarısına ve strateji kullanımına etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi**, İstanbul.
- Aztekin, S., ve Şener, Z. T. (2015) "Türkiye’de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: bir meta-sentez çalışması", *Eğitim ve Bilim*, 40(178), 139-161.
- Bal, A. P. ve Doğanay, A. (2014) "Sınıf öğretmenliği adaylarının matematiksel modelleme sürecini anlamalarını geliştirmeye yönelik bir eylem araştırması", *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1363-1384.
- Bani-Hamad, A., M., H., Alzubaidi, R., S., M. (2021) "The effectiveness of Fermi Problem solving with flipped learning techniques in teaching physics on improving critical thinking skills among emirati secondary students", *Review of International Geographical Education (RIGEO)*, 11(8), 2730-2743. doi: 10.48047/rigeo.11.08.254
- Baran Bulut, D. ve Türker, M. (2022) "Ortaokul öğrencilerinin üslü ifadeler konusunda modelleme yeterliklerinin incelenmesi: Sarmal kitaplık problemi", *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (REFAD)*, 2(2), 39-56.
- Başkan Takaoğlu, Z. (2015) "Matematiksel modelleme kullanılan fizik derslerinin öğretmen adaylarının ilgi, günlük hayat ve diğer derslerle ilişkilendirmelerine etkisi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 223-263.
- Beerli, G. (2003) "Mathbu. ch: Realitaetsbezug im Unterricht mit Fermifragen", *Beiträge zum Mathematikunterricht*, 89-92.
- Berry, J. S., and Houston, S. K. (1995) "Mathematical modelling", London: Edward Arnold.
- Biccard, P. (2010) "An investigation into the development of mathematical modelling competencies of grade 7 learners", Doctoral Dissertation, **Stellenbosch University Faculty of Education**, Stellenbosch

- Biembengut, M. S. (2007) "Modelling and applications in primary education", *Modelling and Applications in Mathematics Education*, W. Blum, P. L. Galbraith, H.W. Henn and M. Niss (Eds.), **Springer**, Boston, 451-456.
- Blomhøj, M. (2009) "Different perspectives in research on the teaching and learning mathematical modelling", *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics*, 1.
- Blum, W., & Niss, M. (1989). Mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects: State, trends and issues in mathematics instruction. In W. Blum, M. Niss & I. Huntley (Eds.), **Modelling, applications and applied problem solving** (pp. 1–21). Chichester: Ellis Horwood.
- Blum, W. (1995) "Applications and Modelling in mathematics teaching and mathematics education—some important aspects of practice and of research", *Advances and perspectives in the teaching of Mathematical modeling and Applications*. Yorklyn, DE: *Water Street Mathematics*, 1-20.
- Blum, W., and Leiß, D. (2007) "How do teachers deal with modeling problems?", In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds.), **Mathematical modeling** (ICTMA 12): Education, engineering and economics (pp. 222–231). Chichester: Horwood Publishing.
- Blum, W., and Borromeo Ferri, R. (2009) "Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?", *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1) 45-58.
- Borromeo Ferri, R. (2006) "Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process", *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86-95. doi: 10.1007/BF02655883.
- Borromeo Ferri, R., (2010) "On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior", *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 99-118. doi: 10.1007/s13138-010-0009-8.
- Borromeo, R. (2018) "Key Competencies for Teaching Mathematical Modeling. In *Learning How to Teach Mathematical Modeling in School and Teacher Education*" (pp. 1-12). **Springer**, Cham.
- Boyraz, D.S. (2017) "İlkokul 1. ve 2. sınıf öğrencilerinin tahmin becerilerinin incelenmesi: uzunlukları ölçme", Yüksek lisans tezi. **Giresun Üniversitesi**, Giresun.
- Boz, Y.B., ve Bulut, S. (2017) "Ortaokul matematik öğretmenlerinin tahmin hakkındaki görüşleri", *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 11(1), 48-80.
- Brunet-Biarnes, M., and Albarracín, L. (2022) "Exploring the negotiation processes when developing a mathematical model to solve a Fermi problem in groups", *Mathematics Education Research Journal*, 1-22.

- Bukova Güzel, E. (2011) "An examination of pre-service mathematics teachers' approaches to construct and solve mathematical modeling problems", *Teaching Mathematics and Its Applications*, 30(1), 19-36.
- Bulut, S., Yavuz, F.D. ve Boz-Yaman, B. (2017) "Tahmin becerilerinin 1948'den 2015'e 1-5. sınıflar matematik dersi öğretim programlarındaki yeri", *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 18 (1), 19-39.
- Common Core State Standards Initiative, (2010) "Common core state standards for mathematics (CCSSM)", **Washington, DC**: National Governors Association Center for Best Practices and the Council of Chief State School Officers.
- Cai, J., Cirillo, M., Pelesko, J., Bommero Ferri, R., Borba, M., Geiger, V., ... and Kaiser, G. (2014) "Mathematical modeling in school education: Mathematical, cognitive, curricular, instructional and teacher educational perspectives", In *Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education and the 36th Conference of the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education* (pp. 145-172), Springer.
- Crites, T. (1992) "Skilled and less skilled estimators' strategies for estimating discrete quantities", *The Elementary School Journal*, 92 (5), 601-620.
- Czocher, J. A. (2016) "Introducing modeling transition diagrams as a tool to connect mathematical modeling to mathematical thinking", *Mathematical Thinking and Learning*, 18(2), 77-106.
- Czocher, J. A. (2017) "How can emphasizing mathematical modeling principles benefit students in a traditionally taught differential equations course?", *The Journal of Mathematical Behavior*, 45, 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.10.006>
- Çakmak Gürel, Z. (2018) "Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçlerinin bilişsel açıdan incelenmesi", Doktora tezi. *Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Çilingir, D., ve Türnüklü, E. (2009) "İlköğretim 6-8. Sınıf öğrencilerinin matematiksel tahmin becerileri ve tahmin stratejileri", *İlköğretim Online*, 8(3), 637-650.
- Çiltaş, A. ve Işık, A. (2013) "Matematiksel modelleme yoluyla öğretimin ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının modelleme becerileri üzerine etkisi", *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(2), 1177-1194.
- Doerr, H. M. (1997) "Experiment, simulation and analysis: An integrated instructional approach to the concept of force", *International journal of science education*, 19(3), 265-282.
- Doerr, H. M., and English, L. D. (2003) "A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data", *Journal for research in mathematics education*, 34(2), 110-136.

- Doruk, M., Öztürk, M. ve Kaplan, A. (2016) "Ortaokul öğrencilerinin matematiğe yönelik öz-yeterlik algılarının belirlenmesi: kaygı ve tutum faktörleri", *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 283-302.
- Duran, M., Doruk, M. ve Kaplan, A. (2016) "Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçleri: Kaplumbağa paradoksu örneği", *Cumhuriyet International Journal of Education*, 5(4), 55-71.
- Edge, D. R., and Dirks, M. K. (1983) "Problem solving, Enrico Fermi and the bull moose", *School Science and Mathematics*, 83(7), 601-608.
- Efthimiou, C. J., and Llewellyn, R. A. (2007) "Cinema, Fermi problems and general education", *Physics education*, 42(3), 253. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/42/3/003>
- English, L. D. (2006) "Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide", *Educational studies in mathematics*, 63, 303-323.
- Eraslan, A. (2012) "İlköğretim matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinlikleri üzerinde düşünme süreçleri", *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12(4), 1-16.
- Er, Z. (2022). "7. Sınıf öğrencilerinin ölçüsel tahmin becerilerinin geliştirilmesinde Fermi problemlerine dayalı öğretim uygulanması: eylem araştırması", Doktora tezi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E. and Alacacı, C. (2014) "Mathematical modeling in mathematics education: basic concepts and approaches", *Educational Sciences: Theory & Practice*. 14(4), 1620-1627. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039>
- Erden, M., & Akman, Y. (1998) "Gelişim-öğrenme öğretme eğitim psikolojisi", *Arkadaş Yayınevi*, Ankara. 2. Baskı S, 50.
- Ferrando, I., Albarracín, L., Gallart, C., García-Raffi, L. M., and Gorgorió, N. (2017) "Análisis de los modelos matemáticos producidos durante la resolución de problemas de Fermi", *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 31, 220-242.
- Ferrando, I., and Albarracín, L. (2021) "Students from grade 2 to grade 10 solving a Fermi problem: analysis of emerging models", *Mathematics Education Research Journal*, 33(1), 61-78.
- Ferri, R. B. (2007) "Modelling problems from a cognitive perspective", In *Mathematical Modelling* (pp. 260-270), Woodhead Publishing.
- Galbraith, P. L., and Stillman, G. (2001) "Assumptions and context: pursuing their role in modeling activity", In J. F. Matos, W. Blum, K. Houston & S. P. Carreira (Eds.), *Modeling and mathematics education: ICTMA9 applications in science and technology* (pp. 300-310), Chichester: Horwood.
- Galbraith, P., and Stillman, G. (2006) "A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process", *ZDM*, 38, 143-162.

- Gallart, C., Ferrando, I., Garcia-Raffi, L. M., Albarracin, L. and Gorgorio, N. (2017) “Design and implementation of a tool for analysing student products when they solve fermi problems”, In G. A. Stillman, W. Blum & G. Kaiser (Eds.), **Mathematical Modelling and Applications. Crossing and Researching Boundaries in Mathematics Education** (pp 265-275). Cham, Switzerland: **Springer**.
- Garcia-Navarro, JM (2013) “Fermi problemleri. varsayım, tahmin ve yaklaşım”, **Epsilon**, 84, 57-68.
- Gooya, Z., Khosroshahi, L. G., and Teppo, A. R. (2011) “Iranian students’ measurement estimation performance involving linear and area attributes of real-world objects”, **ZDM, Mathematics education** 43(5), 709– 722.<https://doi.org/10.1007/s11858-011-0338-1>
- Gravemeijer, K. P. E. (1994) “Developing realistic mathematics education”, **CD-Beta-press**, Utrecht, the Netherlands.
- Greefrath, G., and Frenken, L. (2021) “Fermi problems in standardized assessment in grade 8”, **Quadrante**, 30(1), 52-73.
- Greefrath, G., and Vorhölter, K. (2016) “Teaching and learning mathematical modelling: approaches and developments from German speaking countries”, **ICME-13 Topical Surveys**, 1-42, Switzerland: **Springer International Publishing**. Doi: 10.1007/978-3-319-45004-9_1
- Gutiérrez, J. A., and Gallegos, R. R. (2019) “Mathematical modeling in the educational field”, **Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality- TEEM’19**, 718- 725 <https://doi.org/10.1145/3362789.3362811>
- Güler, G. ve Temizyürek, A. (2015) "Matematik öğretmeni adaylarının ardışık tek sayıların toplamının ispatına yönelik model oluşturma becerilerinin incelenmesi", **Turkish Journal of Computer and Mathemtics Education**, 6(3), 446-462.
- Haberzettl, N., Klett, S., and Schukajlow, S. (2018) “Mathematik rund um die Schule—Modellieren mit Fermi-Aufgaben”, In K. Eilerts, & K. Skutella (Eds.), Neue Materialien für einen realitätsbezogenen **Mathematikunterricht 5. Ein ISTRON-Band für die Grundschule** (pp. 31–41), Springer Spectrum.
- Haines, C., and Crouch, R. (2007) “Mathematical modelling and applications: Ability and competence frameworks”, In **Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study** (pp. 417-424), Boston, MA: Springer US.
- Haines, C., & Crouch, J. (2010) “Remarks on a modelling cycle and interpreting behaviours”, In R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines, & A. Hurford (Eds.), **Modelling students’ mathematical modelling competencies - ICTMA 13** (pp. 145–154). Springer.
- Hanson, S. A., and Hogan, T. P. (2000) “Computational estimation skill of college students”, **Journal for Research in Mathematics Education**, 31(4), 483-499.

- Heinrich, E.J. (1998) "Character istics and skills exhibited by middle school students in performing th etasks of computational estimation", (Doctoral Thesis), **Fordham University**, New York.
- Henze, J., and Fritzlar, T. (2009) "Primary school children's model building processes by the example of Fermi questions", In **Problem solving in mathematics education. Proceedings of the 11th ProMath conference September** (pp. 3-6).
- Hıdıroğlu, Ç.N. (2012) "Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. **Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, İzmir.
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Bukova Güzel, E. (2015) "Teknoloji destekli ortamda matematiksel modellemede ortaya çıkan üstbilişsel yapılar", **Turkish Journal of Computer and Mathematics Education**, 6(2), 179-208.
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Özkan Hıdıroğlu, Y. (2017) "Altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modellemede oluşturdukları gerçek yaşam problem durumu modelleri", **İlköğretim Online**, 16 (4), 1702–1731. DOI: 10.17051/ilkonline.2017.342986
- Hildreth, D. J. (1983) "The use of strategies in estimating measurements", **The Arithmetic Teacher**, 30(5), 50-54.
- İncikabı, S. (2020) "Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine ve öğretim deneyimlerine yansımalarının araştırılması", Doktora Tezi, **Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kastamonu.
- Joram, E., Gabriele, A. J., Bertheau, M., Gelman, J., and Subrahmanyam, K. (2005) "Children's use of the reference point strategy for measurement estimation", **Journal for Research in Mathematics Education**, 36(1), 4-23.
- Kaiser, G., and Maaß, K. (2007) "Modelling in lower secondary mathematics classroom—problems and opportunities", **Modelling and Applications in Mathematics Education: The 14 th ICMI Study**, 99-108.
- Kaiser, G., and Sriraman, B. (2006) "A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education", **The International Journal on Mathematics Education**, 38(3), 302-310.
- Kaiser, G., and Stender, P. (2013) "Complex modelling problem in cooperative learning environments self-directed", In G. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, & J. Brown (Eds.), **Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice** (pp. 277–294), Dordrecht: Springer.
- Kaya, D. ve Keşan, C. (2022) "İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçleri: Su israfı örneği", **Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 19(3), 1068-1097.

- Kertil, M. (2008) "Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.
- Keskin, Ö. Ö. (2008) "Ortaöğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir araştırma", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
- Kılıç, Ç., ve Olkun, S. (2013) "İlköğretim öğrencilerinin gerçek yaşam durumlarındaki ölçüsel tahmin performansları ve kullandıkları stratejiler", **Elementary Education Online**, 12(1), 295-307.
- Kol, M. (2014) "İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematikselleştirme sürecinin bir matematiksel modelleme etkinliği süresince incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
- Korkmaz, E. (2010) "İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri", Doktora Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir.
- Köse, K. (2013) "Sekizinci sınıf öğrencilerinin işlemsel ve ölçümsel tahmin becerileri ile matematik okuryazarlıkları arasındaki ilişki", Yüksek Lisans Tezi. **Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzincan.
- Lehrer, R., and Schauble, L. (2003) "Origins and evaluation of model-based reasoning in mathematics and science", In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), **Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching** (pp. 59-70). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Leiss, D., and Blum, W. (2010) "The role of the situation model in mathematical modelling-task analyses, student competencies, and teacher interventions", **Journal für Mathematik Didaktik**, 31, 119–141. doi: 10.1007/s13138-010-0006-y
- Lesh, R., and Doerr, H. M. (2003) "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., and Sriraman, B. (2005) "Mathematics education as a design science", **ZDM**, 37, 490-505.
- Levine, D.J. (1982) "Strategy use, and estimation ability of college students", **Journal for Research in Mathematics Education**, 13, 350–359
- Maaß, K. (2006) "What are modelling competencies?", **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, 38(2), 113-142.
- Matsuzaki, A. (2011) "Using response analysis mapping to display modellers' mathematical modelling progress", **Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA14**, 499-508.

- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994) “Qualitative data analysis: an expanded sourcebook”, **Sage**.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2009) “İlköğretim matematik dersi 6-8. sınıflar öğretim programı ve klavuzu”, **Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı**, Ankara, 100- 105.
- MEB, (2017) “Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)”, **Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı**, Ankara: Yazar.
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2018) “Matematik Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)”, **Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı**, Ankara: MEB Yayınları.
- Mousoulides, N., Pittalis, M., and Christou, C. (2006, July) “Improving mathematical knowledge through modeling in elementary schools”, In **Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education** (Vol. 4, pp. 201-208 Retrieved).
- Mousoulides, N., Christou, C. and Sriraman, B. (2008) "A modeling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving", **Mathematical Thinking and Learning**, 10(3), 293-304.
- National Council of Teachers of Mathematics, (1989) “Curriculum and evaluation standards for school mathematics”, **Reston**, VA: Author.
- Okamoto, H. (2022) “Bir matematiksel modelleme türü olan fermi probleminde yaratıcılığın ölçülmesi, bilgi teorisinin uygulanması”, **Eğitim Teknolojisi Geliştirme ve Değişim Dergisi (JETDE)**, 15 (1), 2.
- Ostkirchen, F., and Greefrath, G. (2022) “Case study on students’ mathematical modelling processes considering the achievement level”, **Modelling in Science Education and Learning**, 15(1), 137-150.
- Özcan, M. (2015) “İlköğretim matematik öğretmen adaylarının işlemsel tahmin becerilerinin incelenmesi”, (Yüksek Lisans Tezi). **Marmara Üniversitesi**, İstanbul.
- Özer, A. Ö. and Bukova Güzel, E. (2020) "In-class and Out-of-class Application of the Bisim Mathematical", **International Journal of Educational Studies in Mathematics**, 7(4), 289-308.
- Patton, M. (2015) “Qualitative Research and Evaluation Methods”, (4th edition), **Sage Publications**, Thousand Oaks.
- Peter-Koop, A. (2004) “Fermi problems in primary mathematics classrooms: Pupils’ interactive modelling processes”, In I. Putt, R. Faragher & M. McLean (Eds.), **Mathematics education for the third millennium: Towards 2010 (Proceedings of the 27th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia**, Townsville, pp. 454-461). Sydney: MERGA.

- Peter-Koop, A. (2005) "Fermi problems in primary mathematics classrooms: fostering children's mathematical modelling processes", *Australian Primary Mathematics Classroom*, 10(1), 4-8.
- Peter-Koop, A. (2009) "Teaching and understanding mathematical modelling through fermi-problems", In *Tasks in primary mathematics teacher education* (pp. 131-146). Springer, Boston, MA.
- Pla-Castells, M., Melchor, C., and Chaparro, G. (2021) "MAD+ introducing misconceptions in the temporal analysis of the mathematical modelling process of a Fermi problem", *Education Sciences*, 11(11), 747.
- Redish, EF. (2002) "Maryland Üniversitesi Fermi sorunları sitesi", <https://www.physics.umd.edu/perg/fermi/fermi.htm>
- Reys, B.J., Reys, R.E. and Penafiel, A.F. (1991) "Estimation performance and strategy use of mexican 5th and 8th grade student sample", *Educational Studies in Mathematics*, 22,353-375.
- Robinson, A. W. (2008) "Don't just stand there—teach Fermi problems!", *Physics Education*, 43(1), 83–87.
- Ross, J. and Ross, M. (1986) "Fermi problemleri veya zaten bildiklerinizden en iyi şekilde nasıl yararlanacağınız", İçinde HL Schoen & MJ Zweng (Ed.), *Tahmin ve zihinsel hesaplama* (s. 175-181). Reston, VA: Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi.
- Satan, N. (2020) "Ortaokul öğrencilerinin ölçmede tahmin performanslarının ve tahmin stratejilerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Schoenfeld, A. H. (1982, March) "On the analysis of two-person problem solving protocols", In *Proceedings of the 66th annual meeting of the American Educational Research Association*, New York, NY, National Science Foundation.
- Schoenfeld, A. (1992) "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics", In Grouws, D. A. (Eds.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp.334-370). Macmillan.
- Segovia, I., and Castro, E. (2009) "Computational and measurement estimation: curriculum foundations and research carried out at the University of Granada", Mathematics Didactics Department. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 7(1), pp: 499-536.
- Segura, C., and Ferrando, I. (2021) "Classification and analysis of pre-service teachers' errors in solving fermi problems", *Education Sciences*, 11(8), 451.
- Siegel, A. W., Goldsmith, L. T., and Madson, C. R. (1982) "Skill in estimation problems of extent and numerosity", *Journal for Research in Mathematics Education*, 13(3), 211-232

- Silver, E. A., & Smith, M. S. (1996). Building discourse communities in mathematics classrooms: A worthwhile but challenging journey. In P. C. Elliot & M. J. Kenney (Eds.), *Communication in mathematics, K-12 and beyond* (pp. 20-28). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Sowder, J. (1992) "Estimation and number sense", In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook Of Research On Mathematics teaching and Learning*, (ss. 371–389), New York: Macmillan.
- Sönmez, M. T. (2016) "Yedinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme etkinlikleriyle matematikselleştirme süreçlerinin ve finansal okuryazarlıklarının incelenmesi", Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Sriraman, B. and Lesh, R. (2006) "Modelling conceptions revisited", *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(3), 247-254.
- Sriraman, B., Knott, L. (2009) "The mathematics of estimation: possibilities for interdisciplinary pedagogy and social consciousness", *Interchange* 40, 205–223. <https://doi.org/10.1007/s10780-009-9090-7>
- Starfield, A. M., Smith, K. A., and Bleloch, A. L. (1994) "How to model it: problem solving for the computer age", *Edina*, MN, USA: Burgess International Group.
- Kaiser, G., Blum, W., Ferri, R. B., & Stillman, G. (2011) "Trends in teaching and learning of mathematical modelling–Preface", (pp. 1-5), *Springer Netherlands*.
- Sulak, B. (2008) "Sınıf öğretmenliği adaylarının matematikte kullanılan tahmin stratejilerini kullanım düzeyleri üzerine bir araştırma", (Yüksek Lisans Tezi), *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara.
- Şahin, N., ve Eraslan, A. (2016) "İlkokul öğrencilerinin modelleme süreçleri: Suç problemi", *Eğitim ve Bilim*, 41(183), 47-67.
- Şahin, N. ve Eraslan, A. (2016b) "Ortaokul öğrencilerin modelleme deneyimleri: Kâğıttan uçak yapma yarışması problemi", *Eğitim, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 34-44.
- Taggart, G. L., Adams, P. E., Eltze, E., Heinrichs, J., Hohman, J., and Hickman, K. (2007) "Fermi questions", *Mathematics Teaching in the Middle School*, 13(3), 164-167.
- Tanju, B. (2020) "Matematik öğretmen adaylarının temsil ve ilişkilendirme becerilerinin matematiksel modelleme sürecinde incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Taplin, M. (2007) "Teaching values through a problem solving approach to mathematics", *Retrieved*, 8, 2021.
- Taşpınar Şener, Z. (2017) "Ortaokul matematik öğretmen adaylarının tasarladıkları model oluşturma etkinliklerinin incelenmesi ve bu etkinliklerin öğretim sürecinde

- kullanımlarına ilişkin görüşleri", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
- Taylor, P. M., Simms, K., Kim, O.K., and Reys, R. E. (2001) "Do your students measure up metrically?", **Teaching Children Mathematics**, 7(5), 282-287.
- Tekin Dede, A., Hıdıroğlu, Ç. N. and Bukova Güzel, E. (2017) "Examining of model eliciting activities developed by mathematics student teachers", **Journal on Mathematics Education**, 8(2), 223-242.
- Tekinkır, D. (2008) "İlköğretim 6–8. sınıf öğrencilerinin matematik alanındaki tahmin stratejilerini belirleme ve tahmin becerisi ile matematik başarıları arasındaki ilişki", (Yüksek lisans tezi), **Dokuz Eylül Üniversitesi**, İzmir.
- Toy, S. (2019) "Investigation of prospective mathematics teachers' mathematical modeling processes", Yüksek Lisans Tezi, **Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul.
- Tuna, A., Biber, A. Ç. ve Yurt, N. (2013) "Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerileri", **Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 33(1), 129- 146.
- Tutkun, M. İ. ve Kabar, M. D. (2018) "Ortaokullarda matematiksel modelleme: 7.sınıf öğrencilerinin "Hava Durumu" modelleme problemi ile deneyimi", **Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi**, 8(2), 23-52.
- Ural, A. ve Ülper, H. (2013) "İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ile okuduğunu anlama becerileri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi", **Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri**, 6(2), 214-241.
- Ural, A. (2014) "Matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi", **Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi**, 23, 110-141.
- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2005) "The role of contexts in assessment problems in mathematics", **For the Learning of Mathematics**, 25(2), 2-10.
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., and Bay-Williams, J. M. (2014) "Elementary and middle school mathematics", **Pearson**.
- Wess, R., and Greefrath, G. (2019) "Professional competencies for teaching mathematical modelling—Supporting the modelling-specific task competency of prospective teachers in the teaching laboratory", In U. T. Jankvist, M. Van den Heuvel-Panhuizen, and M. Veldhuis (Eds.), **European Research in Mathematics: Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education** (pp. 1274–1283). Utrecht, Netherlands.
- Yanbıyık, S. (2016) "Sınıf öğretmen adaylarının matematiksel modelleme becerileri: Fermi problemleri uygulamaları", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü**, İzmir.

- Yazgan, Y., Bintaş, J., ve Altun, M. (2002) “İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinin zihinden hesap ve tahmin becerilerinin geliştirilmesi”, *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 17, 2016.
- Yenmez, A. A. (2017) "Teknolojinin matematiksel modelleme sürecine etkileri", *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(26), 602-646.
- Yıldırım, Ali ve Şimşek, H. (2013) “Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri”, (9. Bs.), *Ankara*: Seçkin Yayınevi.
- Yin, R. K. (2003) “Case study research design and methods”, (3rd edition), *London*: Sage Publications.





EK-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Çalışmalar

Pekgoz, S. ve Çakmak Gürel, Z. (2022, şubat) "Investigation of Fermi Problems and Mathematical Modeling Processes of Secondary School Students", ***4th International Congress on Life, Social, and Health Sciences in a Changing World***, Türkiye, 95.



EK-2. MEB Araştırma İzni



T.C.
SİVAS VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-92255297-605.01-33826254
Konu : Araştırma İzni
(Sümeyra PEKGÖZ)

05.10.2021

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : a)Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Rektörlüğü Öğrenci İşleri Daire Başkanlığının 13/09/2021 tarihli ve E-93368059-730.08.03-105637 sayılı yazısı.
b)Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 21/01/2020 tarihli ve 81576613-10.06.02-E.1563890 sayılı 2020/2 no'lu genelgesi.
c)Valilik Makamının 13/09/2021 tarihli ve E-92255297-605.01-31702324 sayılı onayı.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Matematik Eğitimi Bilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Sümeyra PEKGÖZ, "Fermi Problemleri ile Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi" konulu çalışması kapsamında, ilimiz Akıncılar Anadolu İmam Hatip Lisesinde araştırma çalışması yapmak istemektedir.

İlgi (a) yazı ekindeki çalışma; Valilik Makamının ilgi (c) onayı ile oluşturulan araştırma değerlendirme komisyonu tarafından incelenmiş olup çalışmanın, eğitim öğretimin aksatılmaması ve katılımcıların izni olmadan resim, video ve ses kayıtlarının alınmaması kaydıyla, ilimiz Akıncılar Anadolu İmam Hatip Lisesinde uygulanmasında bir sakınca görülmektedir.

Onaylarınıza arz ederim.

Müdür
Şube Müdürü

Ek: Araştırma Değerlendirme
Formu (1 sayfa)

OLUR
05.10.2021

05.10.2021

Millî Eğitim Müdürü V.

Adres : Mahsun Yarınoğlu Bulvarı No:17 SİVAS

Bu belge güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.meb.gov.tr/meb-ehys>

Tel/Fax No : 0 (346) 280 58 00

E-Posta : arpe58@meb.gov.tr ; isuzisilks8@meb.gov.tr

İnternet Adresi: <http://sivas.meb.gov.tr>

Kep Adresi : meb@md01.kep.tr

Bilgi için : L. DİNİZ
Ünvan : Şef

Faks:3462805948

Bu evrak güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır. <https://resimkeypa.meb.gov.tr/ab895-f762-3c86-bb6f-8e1f> kodu ile teyit edilebilir.



EK-3. Çalışma Kağıdı

Aşağıda verilen problemlere grup arkadaşlarınız ile tartışarak cevap arayınız.



1) Okul yemekhanesinde 1 haftada ne kadar yemek israf ediliyor?



2) A bölgesini ağaçlandırmak için ne kadar ağaca ihtiyaç var?



3) İlçenizde 10 yıllık geri dönüşüm atığı için ne kadar büyüklükte bir alana ihtiyaç var?

EK-3 Çalışma Kağıdı (devam)



4) İlçenizde 1 yılda ne kadar kömür kullanılıyor?



EK-4. Etik Kurul Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 01.07.2021-89275



T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İnsan Araştırmaları Etik Kurulu

Sayı : E-85748827-050.06.04-89275
Konu : Etik Kurulu Kararı 2021/07-22 (Sümeyra
PEKGÖZ)

01.07.2021

Sayın Sümeyra PEKGÖZ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Üniversitemiz İnsan Araştırmaları Etik Kurul Başkanlığının 30/06/2021 tarih ve 07 sayılı oturumunda alınan 07-22 sayılı kararı ekte gönderilmiştir.
Gereğini bilgilerinize rica ederim.

İnsan Araştırmaları Etik Kurul Başkanı

Ek:KARAR-22 (1 sayfa)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSV37NPHBZ

Belge Takip Adresi :
https://ebys.ebyu.edu.tr/en/Vision/Validate_Doc.aspx?eD=BSV37NPHBZ&eS=89275

Adres:Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Rektörlüğü Yalınbağ yerleşkesi Erzincan Sevas
karayolu 12. km 24002 Erzincan
Telefon:444 8 024 – (0446) 226 66 66 Fakse:(0446) 226 66 65
e-Posta:rektork@erzincan.edu.tr Web:https://ebys.edu.tr/tr/
Kep Adresi:erzincanuniv@h02.kep.tr

Bilgi için: Muhammet İsmail TURAK
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni
Tel No: 0446 226 66 66 - 10041



EK-4 Etik Kurul Kararı (devam)



T.C

**ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARARI**

Etik Kurul Toplantı Tarihi	30/06/2021
Protokol No	07/22
Araştırma Başlığı	Fermi Problemleri İle Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Modelleme Süreçlerinin İncelenmesi
Araştırma Türü	Nitel Araştırma-Durum Çalışması
Araştırmacılar	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇAKMAK GÜREL (Sorumlu Araştırmacı) Sümeyra PEKGÖZ (Tez Öğrencisi)
Karar	Başvuru dosyanıza ait araştırmanız etik açıdan uygun bulunmuştur.
Not: Etik Kurul Onayı, uygulama ve/veya veri toplama için araştırmacının ilgili kurum veya kuruluşlardan izin alma sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.	

e-imzalıdır

İnsan Araştırmaları Etik Kurul Başkanı