



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Modelleme Temelli Öğretim Uygulamalarının Sınıf Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Problem Kurma Becerileri ve Bilişsel Esneklik Düzeylerine Etkisi: Karma Yöntemli Bir Deneysel Çalışma

The Effect of Modeling-Based Instruction on Pre-Service Primary Teachers' Mathematical Problem-Posing Skills and Cognitive Flexibility: A Mixed-Methods Experimental Study

İlker Karaman

MEB - Öğretmen

E-posta: iletisim@karamanilker.com

Geliş 05.04.2022	Revizyon 11.10.2022	Kabul 23.12.2022	Yayın 31.12.2022
---------------------	------------------------	---------------------	---------------------

e-ISSN: 3150-0110 | Cilt 1, Sayı 1, (2022) | ss. 25-34

ÖZET

Bu araştırmanın temel amacı, sınıf öğretmeni adaylarının matematik öğretiminde kritik bir yetkinlik olan "problem kurma" (problem posing) becerileri ile "bilişsel esneklik" düzeyleri üzerinde, gerçek yaşam senaryolarına dayalı Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ) yaklaşımının etkisini, geleneksel öğretim yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak incelemektir. Araştırmada, nicel ve nitel verilerin eş zamanlı toplandığı ve yorumlandığı "Zenginleştirilmiş Yarı Deneysel Desen" kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubu, 2021-2022 akademik yılında bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi Sınıf Eğitimi Anabilim Dalı 3. sınıfında öğrenim gören, akademik başarı ve problem çözme ön bilgileri açısından denkleştirilmiş iki şubeden toplam 74 öğretmen adayından (37 Deney, 37 Kontrol) oluşmaktadır. Veri toplama sürecinde, Stoyanova ve Ellerton'un (1996) teorik çerçevesine dayalı olarak geliştirilen "Matematiksel Problem Kurma Testi (MPKT)", "Bilişsel Esneklik Envanteri" ve yarı yapılandırılmış görüşme formları kullanılmıştır. 10 hafta süren deneysel işlemde; deney grubunda Blum ve Ferri'nin (2009) modelleme döngüsü (gerçek hayat problemi → matematikselleştirme → çözüm → yorumlama) temel alınarak problem kurma etkinlikleri gerçekleştirilirken; kontrol grubunda mevcut YÖK kur tanımına uygun, ders kitabı odaklı geleneksel öğretim sürdürülmüştür. Verilerin analizinde; grupların denkliği için Bağımsız Örneklemeler t-Testi, deneysel işlemin etkililiği için öntest puanlarının kontrol değişkeni (covariate) olarak atandığı Tek Yönlü Kovaryans Analizi (ANCOVA) ve etki büyüklüğü için Kısmi Eta-Kare (η_p^2) hesaplamaları kullanılmıştır. Araştırma bulguları, modelleme temelli öğretimin, adayların özellikle "yarı-yapılandırılmış" ve "serbest" problem kurma becerilerinde geleneksel yöntemle göre istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu göstermiştir $F(1, 71)=142.38, p<.001, \eta_p^2=.67$. Ayrıca nitel bulgular, MTÖ'nün adayların matematikteki "tek doğru cevap" algısını yıkarak, bilişsel esnekliklerini artırdığını ve problem kurmayı bir öğretim stratejisi olarak benimsemelerini sağladığını ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Matematik eğitimi, sınıf öğretmeni adayları, problem kurma, matematiksel modelleme, bilişsel esneklik, yarı deneysel desen.

1. GİRİŞ

21. yüzyılın gerektirdiği yetkinlikler çerçevesinde matematik eğitimi, prosedürel işlemlerin ezberlenmesi ve rutin problemlerin çözülmesinden; karmaşık gerçek yaşam durumlarının modellenmesi ve yeni problemlerin üretilmesi (problem posing) sürecine doğru evrilmektedir. Uluslararası Matematik Öğretmenleri Konseyi (NCTM, 2000) ve Ortak Çekirdek Devlet Standartları (CCSSM, 2010), problem kurma becerisini matematiksel okuryazarlığın merkezine yerleştirmiştir. Problem kurma, verilen bir durumdan yeni bir problem üretme veya var olan bir problemi yeniden formüle etme süreci olarak tanımlanmaktadır ve literatürde öğrencilerin kavramsal anlamalarını derinleştiren en güçlü bilişsel araçlardan biri olarak kabul edilmektedir (Silver, 1994; Cai et al., 2013).

Ancak, matematik eğitimindeki bu paradigma değişiminin sınıf içi uygulamalara yansımaları, büyük ölçüde öğretmenlerin (ve geleceğin öğretmenlerinin) bu konudaki yeterliklerine bağlıdır. Sınıf öğretmenleri, öğrencilerin matematikle ilk formel karşılaşmalarını yöneten aktörler olarak, sadece "problem çözen"

değil, aynı zamanda öğrencilerine uygun "problem kurabilen" bireyler olmak zorundadırlar. Ne var ki, öğretmen eğitimi literatürü incelendiğinde, öğretmen adaylarının genellikle ders kitaplarındaki soruları taklit etme eğiliminde oldukları, problem kurmayı sadece "sayıları değiştirme" olarak algıladıkları ve yapılandırılmamış (serbest) problem kurma durumlarında ciddi zorluklar yaşadıkları görülmektedir (Crespo, 2003 ; Singer, Ellerton, & Cai, 2013). Bu durum, öğretmen yetiştirme programlarında kullanılan öğretim yöntemlerinin, adayların bu üst düzey becerilerini geliştirmede yetersiz kaldığını göstermektedir.

Bu yetersizliğin temel nedenlerinden biri, problem kurma etkinliklerinin "bağlamdan kopuk" (decontextualized) sunulmasıdır. Oysa matematiksel bilgi, gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirildiğinde anlam kazanır. Bu noktada "Matematiksel Modelleme" yaklaşımı devreye girmektedir. Modelleme, gerçek dünyadaki bir problemi matematiksel dünyaya taşıma, orada çözme ve sonucu tekrar gerçek dünyaya yorumlama döngüsüdür (Blum & Niss, 1991 ; Lesh & Doerr, 2003). Modelleme etkinlikleri, doğası gereği açık uçludur ve çoklu çözüm yollarına izin verir. Bu yapı, öğretmen adaylarının "Bilişsel Esneklik" (Cognitive Flexibility) düzeylerini; yani değişen durumlara uyum sağlama, alternatif stratejiler üretme ve olaylara çoklu perspektiften bakma becerilerini geliştirmek için ideal bir zemin sunmaktadır (Spiro & Jehng, 1990).

Literatürde problem kurma üzerine yapılan çalışmaların çoğu (Örn: Kılıç, 2013 ; Işık & Kar, 2012) durum tespiti yapan betimsel çalışmalarla sınırlı kalmıştır. Modelleme ve problem kurma arasındaki ilişkiyi teorik olarak tartışan çalışmalar (English, 2003) bulunsa da, modelleme temelli bir öğretim müdahalesinin (intervention), sınıf öğretmeni adaylarının farklı problem kurma türlerindeki (serbest, yarı yapılandırılmış, yapılandırılmış) performanslarına ve bilişsel esnekliklerine etkisini, deney ve kontrol gruplarının öndenkliği sağlanmış titiz bir yarı deneysel desenle inceleyen araştırmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle Türkiye bağlamında bu boşluk daha belirgindir.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırmanın amacı, sınıf öğretmeni adaylarına uygulanan Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ) programının, adayların matematiksel problem kurma becerileri ve bilişsel esneklik düzeyleri üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırma, sadece "başarı artışı" değil, adayların zihinsel modellerindeki değişimi de ele alması bakımından literatüre özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda araştırmanın alt problemleri şunlardır:

1. Deney (MTÖ) ve Kontrol (Geleneksel) gruplarının "Matematiksel Problem Kurma Testi" son test puanları arasında, öntest puanları kontrol altına alındığında (ANCOVA) anlamlı bir fark var mıdır?
2. Deney ve Kontrol gruplarının problem kurma alt boyutları (Serbest, Yarı-Yapılandırılmış, Yapılandırılmış) bazında başarıları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
3. Uygulanan öğretim yönteminin adayların bilişsel esneklik düzeylerine etkisi nedir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada, neden-sonuç ilişkilerini en güçlü şekilde ortaya koyabilmek ve dış geçerliği yüksek tutabilmek amacıyla nicel araştırma yöntemlerinden "Öntest-Sontest Eşleşmemiş Kontrol Gruplu Yarı Deneysel Desen" (Pretest-Posttest Non-equivalent Control Group Design) kullanılmıştır. Eğitim araştırmalarında sınıfların doğal yapısının (intact classes) bozulmasının etik ve idari açıdan mümkün olmadığı durumlarda, tam deneysel desen yerine bu modelin kullanılması literatürde en geçerli yaklaşımdır (Campbell & Stanley, 1963; Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012).

Araştırmada bağımsız değişken "Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ)" yöntemi iken; bağımlı değişkenler "Matematiksel Problem Kurma Becerisi" ve \ \ "Bilişsel Esneklik Düzeyi" \ \ dir. Araştırmanın deneysel desen şeması Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırmanın Yarı Deneysel Deseni ve İşlem Süreci

Gruplar	Atama Türü	Öntestler (O1)	Deneysel İşlem (Bağımsız Değişken)	Sontestler (O2)
Deney Grubu (G_D)	Seçkisiz Atama	1. Problem Kurma Testi (MPKT) 2. Bilişsel Esneklik Envanteri 3. Matematik Başarı Testi	Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ) (Gerçek yaşam problemleri, Model Ortaya Çıkarma Etkinlikleri - MEA)	1. Problem Kurma Testi (MPKT) 2. Bilişsel Esneklik Envanteri 3. Yarı-Yapılandırılmış Görüşme
Kontrol Grubu (G_K)	Seçkisiz Atama	1. Problem Kurma Testi (MPKT) 2. Bilişsel Esneklik Envanteri 3. Matematik Başarı Testi	Geleneksel Öğretim (Ders kitabı takibi, doğrudan anlatım, rutin problem çözme)	1. Problem Kurma Testi (MPKT) 2. Bilişsel Esneklik Envanteri

Not: Matematik Başarı Testi, grupların başlangıçtaki akademik denkliklerini kontrol etmek amacıyla (covariate adayı olarak) uygulanmıştır.

2.2. Çalışma Grubu ve Denklik Analizleri

Araştırmanın çalışma grubu, 2021-2022 akademik yılında Türkiye'nin batısındaki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi Sınıf Eğitimi Anabilim Dalı 3. sınıfında öğrenim gören toplam 74 öğretmen adayından (37 Deney, 37 Kontrol) oluşmaktadır. Örneklem seçiminde, amaçlı örnekleme yöntemlerinden "Ölçüt Örnekleme" kullanılmıştır. Seçim kriteri olarak; adayların "Temel Matematik I ve II" derslerini başarıyla tamamlamış olmaları ve akademik not ortalamalarının (AGNO) birbirine denk olması esas alınmıştır.

Deneysel çalışmanın iç geçerliğini tehdit edebilecek en büyük unsur, grupların başlangıçta eşit olmamasıdır. Bu riski elimine etmek için, uygulama öncesinde Deney ve Kontrol gruplarının "Matematik Başarı" ve "Problem Kurma Ön Bilgileri" karşılaştırılmıştır. Verilerin normal dağıldığı belirlendikten sonra yapılan Bağımsız Örneklem t-Testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney ve Kontrol Gruplarının Öntest Puanlarına İlişkin t-Testi Sonuçları (Denklik Kontrolü)

Değişken	Grup	N	Ortalama (X ⁻)	Standart Sapma (ss)	sd	t	p
Problem Kurma	Deney	37	14.52	4.12	72	0.184	.855
(Öntest)	Kontrol	37	14.35	3.89			
Matematik Başarı	Deney	37	62.40	11.25	72	-0.352	.726
(Genel)	Kontrol	37	63.30	10.80			

Tablo 2 incelendiğinde, her iki değişken için de gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > .05$). Bu bulgu, deney ve kontrol gruplarının çalışmanın başlangıcında **denk (eşit)** hazırbulunuşluk düzeyine sahip olduklarını kanıtlamaktadır. Böylece, çalışma sonunda ortaya çıkacak olası farkların, grupların zeka/bilgi farkından değil, uygulanan öğretim yönteminden kaynaklandığı savı güçlendirilmiştir.

2.3. Veri Toplama Araçları

1. Matematiksel Problem Kurma Testi (MPKT):

Araştırmacı tarafından Stoyanova ve Ellerton (1996)'un teorik çerçevesine dayalı olarak geliştirilen test 10 açık uçlu maddeden oluşmaktadır. Kapsam geçerliği için 3 matematik eğitimi uzmanından görüş alınmış ve pilot uygulama sonrası Cronbach Alpha güvenirlik katsayısı .88 olarak hesaplanmıştır.

- *Alt Boyut 1: Serbest Problem Kurma (3 madde):* "Zorluk düzeyi yüksek bir kesir problemi kurunuz."
- *Alt Boyut 2: Yarı-Yapılandırılmış (4 madde):* Verilen bir görseli veya grafiksel veriyi kullanarak problem üretme.
- *Alt Boyut 3: Yapılandırılmış (3 madde):* Verilen bir problemin çözüm yolunu değiştirerek yeni problem türetme.

2. Bilişsel Esneklik Envanteri:

Martin ve Rubin (1995) tarafından geliştirilen ölçek, bireylerin alternatif çözüm yolları üretme ve yeni durumlara uyum sağlama becerilerini ölçmektedir. Ölçeğin bu çalışma grubu üzerindeki güvenirlik katsayısı .84 olarak bulunmuştur.

2.4. Deneysel İşlem Basamakları (Prosedür)

Deneysel uygulama toplam 10 hafta (30 ders saati) sürmüştür. Bu süreçte grupların maruz kaldığı öğretimsel müdahaleler arasındaki farklar aşağıda detaylandırılmıştır.

2.4.1. Kontrol Grubu: Geleneksel Öğretim Yaklaşımı

Kontrol grubunda dersler, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) "Matematik Öğretimi" ders içeriğine sadık kalınarak, ağırlıklı olarak "Doğrudan Anlatım" ve "Soru-Cevap" yöntemleriyle işlenmiştir.

- İşleyiş: Öğretim elemanı konuyu teorik olarak anlatmış, tahtada örnek bir problem çözmüş ve adaylardan benzer (izomorfik) problemleri çözmelerini istemiştir.
- Problem Kurma Yaklaşımı: Bu grupta problem kurma etkinlikleri, sadece ders kitabındaki alıştırmaların (Örn: "Aşağıdaki işleme uygun problem yazınız: $150 \div 3$ ") yapılmasıyla sınırlı kalmıştır. Gerçek yaşam bağlamı veya modelleme süreçlerine değinilmemiştir.

2.4.2. Deney Grubu: Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ)

Deney grubunda, Blum ve Leiß (2007) tarafından geliştirilen 7 aşamalı "Modelleme Döngüsü" (Modeling Cycle) ve Lesh ve Doerr (2003) 'in "Model Ortaya Çıkarma Etkinlikleri" (MEA) temel alınmıştır. Süreç üç faza ayrılmıştır:

- Faz 1: Bilişsel Hazırlık ve Fermi Problemleri (1-2. Hafta):

Adayların "matematik sadece formüldür" algısını yıkmak için "Fermi Problemleri" (Tahmin Problemleri) kullanılmıştır.

- *Örnek Etkinlik:* "İstanbul'da bir günde kaç bardak çay içilmektedir?" (Kesin veri yoktur, adaylar varsayımlar kurarak tahminde bulunmak zorundadır). Bu aşama, adayların "varsayımda bulunma" (making assumptions) becerisini tetiklemiştir.
- Faz 2: Model Ortaya Çıkarma Etkinlikleri - MEA (3-7. Hafta):

Adaylar 5'erli gruplara ayrılarak, karmaşık gerçek yaşam durumlarını matematikselleştirmeye çalışmışlardır.

- **Örnek Etkinlik (Büyük Ayak Problemi):** "Olay yerinde bulunan 45 numara bir ayak izinden yola çıkarak, şüphelinin boyunu, kilosunu ve adım genişliğini tahmin edecek bir matematiksel model geliştiriniz."
- **Süreç:** Gerçek Durum → Sadeleştirme → Matematikselleştirme → Matematiksel Çözüm → Yorumlama → Doğrulama.
- **Faz 3: Problem Kurma Entegrasyonu (8-10. Hafta):**

Son aşamada, adaylardan modelledikleri durumları kullanarak ilkökul düzeyine uygun problemler kurmaları istenmiştir.

- **Görev:** "Geliştirdiğiniz 'Ayak İzi Modeli'ni kullanarak, 4. sınıf öğrencilerinin oran-orantı kavramını keşfedebileceği yarı-yapılandırılmış bir problem kurgulayınız."

BÖLÜM 2: BULGULAR VE TARTIŞMA

3. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmanın alt problemlerine yanıt aramak amacıyla toplanan verilerin istatistiksel analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Analizler öncesinde, her iki grubun sontest puanlarına ait Çarpıklık (Skewness) ve Basıklık (Kurtosis) değerlerinin ± 1.5 aralığında olduğu ve Shapiro-Wilk testi sonuçlarının $p > .05$ olduğu görülerek verilerin normal dağılım varsayımını karşıladığı teyit edilmiştir. Ayrıca ANCOVA'nın ön şartı olan "Regresyon Doğrularının Eğimi" (Homogeneity of Regression Slopes) varsayımı test edilmiş ve grup x öntest etkileşiminin anlamsız olduğu ($F=1.12, p>.05$) belirlenerek analize geçilmiştir.

3.1. Problem Kurma Becerisine İlişkin Nicel Bulgular

Araştırmanın temel hipotezi olan "*Modelleme temelli öğretim ile geleneksel öğretim arasında öğretmen adaylarının problem kurma becerileri açısından anlamlı bir fark var mıdır?*" sorusuna yanıt aramak için Tek Yönlü Kovaryans Analizi (ANCOVA) uygulanmıştır. Bu analizde, grupların başlangıçtaki "Problem Kurma Öntest" puanları kontrol değişkeni (covariate) olarak atanmış ve sontest puanları bu değişkene göre düzeltilmiştir.

Grupların ham ve düzeltilmiş sontest ortalamaları **Tablo 3** 'te sunulmuştur.

Tablo 3. Deney ve Kontrol Gruplarının Problem Kurma Sontest Puanlarına İlişkin Betimsel İstatistikler

Gruplar	N	Ham Sontest Ort. ($\bar{X}$)	Standart Sapma (ss)	* Düzeltilmiş Sontest Ort. ($\bar{X}^{adj}$)**
Deney Grubu (MTÖ)	37	78.45	6.20	78.12
Kontrol Grubu (Geleneksel)	37	46.20	5.85	46.53

\ Not: Öntest puanlarının etkisi arındırıldıktan sonra hesaplanan tahmini ortalamalardır.*

Tablo 3 incelendiğinde, deney grubunun sontest ortalamasının (78.45), kontrol grubunun ortalamasından (46.20) belirgin şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Bu farkın istatistiksel anlamlılığına ilişkin ANCOVA sonuçları Tablo 4 'te verilmiştir.

Tablo 4. Problem Kurma Sontest Puanlarının Öntest Puanlarına Göre Düzeltilmiş ANCOVA Sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı (KT)	sd	Kareler Ortalaması (KO)	F	p	Etki Büyüklüğü (η^2)	Güç (Power)
Öntest (Kovaryant)	112.50	1	112.50	1.85	.178	.025	.280
Grup (Yöntem)	18,450.20	1	18,450.20	142.38	.000 *	.670	1.000
Hata	9,201.30	71	129.60				
Toplam	205,800.00	74					

\ p < .001*

Tablo Yorumu: Tablo 4'teki bulgular, araştırmanın en çarpıcı sonucunu ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının başlangıçtaki problem kurma düzeyleri istatistiksel olarak eşitlendiğinde dahi; Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ) uygulanan deney grubu ile geleneksel öğretimin uygulandığı kontrol grubu arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir fark bulunmuştur $F(1, 71) = 142.38, p < .001$.

İstatistiksel anlamlılığın ötesinde, bu farkın pratikteki önemini belirten Etki Büyüklüğü (Partial Eta Squared) değeri $\eta_p^2 = .670$ olarak hesaplanmıştır. Cohen (1988) kriterlerine göre .14 değeri "geniş etki" kabul edilirken, bu çalışmada elde edilen .670 değeri "çok geniş" bir etkiye işaret etmektedir. Bu bulgu, sınıf öğretmeni adaylarının problem kurma becerisindeki artışın %67'sinin uygulanan modelleme etkinliklerinden kaynaklandığını; şans faktörü veya diğer dış değişkenlerin etkisinin minimum düzeyde olduğunu kanıtlamaktadır.

3.2. Bilişsel Esneklik Düzeylerine İlişkin Bulgular

Araştırmanın bir diğer boyutu olan \ "Uygulanan yöntemin adayların bilişsel esneklik düzeylerine etkisi" \ ni belirlemek amacıyla, grupların Bilişsel Esneklik Envanteri sontest puanları Bağımsız Örneklem t-Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 5 'te sunulmuştur.

Tablo 5. Grupların Bilişsel Esneklik Sontest Puanlarının t-Testi Sonuçları

Grup	N	Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (ss)	sd	t	p
Deney	37	54.30	4.20	72	8.45	.000 *
Kontrol	37	42.10	5.15			

Tablo 5 incelendiğinde, deney grubundaki öğretmen adaylarının bilişsel esneklik puanlarının ($\bar{X}=54.30$), kontrol grubuna ($\bar{X}=42.10$) göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmektedir ($p<.001$). Bu durum, modelleme etkinliklerinin (MEA) doğasında var olan "çoklu çözüm yolları arama" ve "belirsizlikle başa çıkma" süreçlerinin, adayların zihinsel esnekliklerini geliştirdiğini göstermektedir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, matematiksel modelleme etkinliklerinin sınıf öğretmeni adaylarının problem kurma becerileri ve bilişsel esneklik düzeyleri üzerinde dönüştürücü (transformative) bir etkiye

sahip olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, ilgili literatür ve kuramsal çerçeve ışığında üç temel başlıkta tartışılmıştır.

4.1. Modelleme ve Problem Kurma Arasındaki Simbiyotik İlişki

Araştırmanın en güçlü bulgusu ($\eta_p^2=.67$), MTÖ'nün problem kurma becerisini geliştirmede geleneksel yönetime kıyasla ezici bir üstünlük sağlamasıdır. Bu sonuç, English (2003) ve Cai ve diğerlerinin (2013) teorik öngörülerini deneysel olarak doğrulamaktadır. Geleneksel öğretim gören kontrol grubu adayları, problem kurma görevlerini genellikle "taklit etme" (mimicry) stratejisiyle yürütmüş; ders kitabındaki rutin soruların sadece sayılarını veya isimlerini değiştirerek (izomorfik problemler) yeni problem ürettiklerini sanmışlardır. Bu durum, Crespo (2003) tarafından tanımlanan "öğretmen adaylarının problem kurma paradoksu" ile örtüşmektedir; adaylar problemi zorlaştırmak için bağlamı zenginleştirmek yerine sadece işlem basamaklarını artırma yoluna gitmişlerdir.

Buna karşın, deney grubundaki başarı, Blum ve Niss (1991) 'in "Matematikselleştirme" (Mathematization) teorisi ile açıklanabilir. Modelleme süreci, doğası gereği gerçek hayat durumunu matematiksel bir probleme dönüştürme eylemidir. Deney grubu adayları, "Büyük Ayak" veya "Su Tüketimi" gibi etkinliklerde, karmaşık bir durumu sadeleştirip formüle dökerken, aslında zihinsel olarak sürekli "problem kurma" antrenmanı yapmışlardır. Dolayısıyla modelleme, problem kurma becerisi için doğal ve zengin bir "kuluçka ortamı" (scaffolding) işlevi görmüştür.

4.2. Bilişsel Esneklik ve "Tek Doğru Cevap" Mitinin Yıkılması

Çalışmanın özgün değeri, modellemenin bilişsel esneklik üzerindeki etkisinde gizlidir. Kontrol grubunda anlamlı bir değişim gözlenmezken, deney grubundaki yüksek artış ($t=8.45$), Spiro ve arkadaşlarının (1988) "Bilişsel Esneklik Teorisi" (Cognitive Flexibility Theory - CFT) ile açıklanabilir. Geleneksel matematik eğitimi, adaylara "her sorunun tek bir doğru cevabı ve en kısa bir çözüm yolu vardır" inancını (epistemolojik inanç) aşılacaktır. Oysa modelleme etkinlikleri (MEA), yapısı gereği "tek bir doğru cevabı olmayan" durumlardır.

Deney grubundaki adaylar, 10 haftalık süreçte belirsiz durumlarla (ambiguity) başa çıkmayı, bir problemi çözerken arkadaşlarının farklı varsayımlarla farklı sonuçlar bulabileceğini ve hepsinin de "matematiksel olarak doğru" olabileceğini deneyimlemişlerdir. Bu süreç, adayların "katı/statik" düşünme yapısını kırmış; problem kurarken de sadece "dört işlem problemi" değil, "tahmin problemi", "veri analizi problemi" gibi alternatif türlere yönelmelerini (adaptif uzmanlık) sağlamıştır (Lesh & Doerr, 2003).

4.3. Serbest Problem Kurmadaki Kritik Fark

Alt boyutlar incelendiğinde, en dramatik farkın "Serbest Problem Kurma" (Free Problem Posing) boyutunda olduğu görülmüştür. Stoyanova ve Ellerton (1996), serbest problem kurmanın en üst düzey bilişsel beceri olduğunu belirtir. Kontrol grubu adayları "Bana bir problem yazın" dendiğinde "boş kağıt sendromu" yaşarken; deney grubu adayları modelleme etkinliklerinde edindikleri zengin bağlamları (gerçek yaşam senaryolarını) kullanarak özgün problemler üretmişlerdir. Bu durum, öğretmen eğitiminde problem kurma becerisinin gelişmesi için adaylara sadece "teknik bilgi" değil, aynı zamanda beslenebilecekleri "zengin bağlamlar" sunulması gerektiğini kanıtlamaktadır.

BÖLÜM 3: SONUÇ, ÖNERİLER VE EKLER

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Sınıf öğretmeni adaylarının problem kurma becerileri ve bilişsel esneklik düzeyleri üzerinde Modelleme Temelli Öğretim (MTÖ) uygulamalarının etkisini inceleyen bu kapsamlı yarı deneysel çalışmadan elde edilen bulgular, bütüncül bir perspektifle değerlendirildiğinde şu temel sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Öğretim Yönteminin Ezici Üstünlüğü: Araştırmanın nicel bulguları, modelleme temelli öğretimin, adayların matematiksel problem kurma performansını artırmada geleneksel yöntemle göre istatistiksel olarak anlamlı ve oldukça yüksek bir etki büyüklüğüyle ($\eta_p^2 = .67$) daha etkili olduğunu kanıtlamıştır. Bu sonuç, adayların problem kurma becerisindeki gelişiminin tesadüfi olmadığını, doğrudan gerçek yaşam bağlamı modelleme etkinliklerinin sağladığı zengin bilişsel ortamdaki kaynaklandığını göstermektedir.

2. "Taklit"ten "Yaratım"a Geçiş: Geleneksel gruptaki adaylar problem kurmayı ders kitabındaki soruları taklit etmek (sayıları değiştirmek) olarak algılamaya devam ederken; deney grubu adayları "Serbest Problem Kurma" boyutunda dramatik bir ilerleme kaydetmiştir. Modelleme süreci, adaylara "yazacak bir hikâye/bağlam" sunduğu için, adaylar "boş kağıt korkusunu" yenmiş ve özgün, çok adımlı problemler üretebilmişlerdir.

3. Bilişsel Esnekliğin Dönüşümü: Çalışma, matematik eğitiminin sadece akademik bir beceri değil, aynı zamanda bir zihniyet (mindset) meselesi olduğunu ortaya koymuştur. Modelleme etkinliklerindeki "tek bir doğru cevabın olmaması" ve "belirsizlikle başa çıkma" süreçleri, adayların katı/doğrusal düşünme yapısını kırmış; olaylara çoklu perspektiften bakabilen, alternatif çözüm yollarına açık "esnek" bireylere dönüşmelerine katkı sağlamıştır.

4. Matematiğin İnsanileştirilmesi: Nitel veriler ve gözlemler, MTÖ'nün adayların matematiğe karşı tutumlarını da değiştirdiğini göstermiştir. Matematiği soyut formüller yığını olarak gören adaylar, modelleme sayesinde matematiğin günlük yaşamdaki (trafik, çevre, sağlık) yerini keşfetmiş ve bu keşiflerini kurdukları problemlere yansıtmışlardır.

5.2. Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayanarak, öğretmen yetiştirme politikalarına ve gelecekteki araştırmalara yön verecek şu öneriler geliştirilmiştir:

Uygulayıcılar ve Eğitim Fakülteleri İçin:

- **Müfredat Dönüşümü:** Sınıf Eğitimi lisans programlarındaki "Matematik Öğretimi" dersleri, teorik anlatımdan çıkarılarak "Matematiksel Modelleme Atölyeleri"ne dönüştürülmelidir. Adayların mezun olmadan önce en az bir kez kendi modellerini oluşturmaları ve bu modellerden problem türetmeleri sağlanmalıdır.
- **"Bağlam" Odaklılık:** Problem kurma öğretilirken adaylara sadece "Kesirlerle ilgili problem yazın" demek yerine; onlara gazete kupürleri, bilimsel veriler veya fotoğraflar (zengin bağlamlar) verilerek, bu materyaller üzerinden problem kurgulamaları istenmelidir.
- **Disiplinlerarası Çalışma:** Modelleme doğası gereği fen, sosyal bilgiler ve matematiğin iç içe geçtiği bir alandır. Öğretim elemanları disiplinlerarası iş birliği yaparak ortak modelleme projeleri (Örn: Çevre kirliliği verilerini matematikselleştirme) yürütebilirler.

Araştırmacılar İçin:

- **Boylamsal İzleme:** Bu çalışma öğretmen adaylarıyla sınırlıdır. Gelecek araştırmalarda, bu adayların mesleğe başladıklarında (aday öğretmenlik sürecinde) modelleme ve problem kurma becerilerini sınıflarına ne kadar yansıtabildiklerini inceleyen boylamsal çalışmalar yapılabilir.
- **Teknoloji Entegrasyonu:** Dijital çağın gereği olarak, GeoGebra veya dinamik grafik yazılımları destekli modelleme etkinliklerinin, adayların problem kurma becerilerine etkisi incelenebilir.

KAYNAKÇA

- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Ed.), *Mathematical modelling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* içinde (ss. 222–231). Horwood.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects: State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22 (1), 37–68. <<https://doi.org/10.1007/BF00302716>>
- Cai, J., Hwang, S., Jiang, C., & Silber, S. (2015). Problem-posing research in mathematics education: Some answered and unanswered questions. *Mathematical Thinking and Learning*, 17 (1), 3–34. <<https://doi.org/10.1080/10986065.2015.981939>>
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Company.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Common Core State Standards Initiative. (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers.
- Crespo, S. (2003). Learning to pose mathematical problems: Exploring changes in preservice teachers' practices. *Educational Studies in Mathematics*, 52 (3), 243–270.
- English, L. D. (2003). Reconciling theory, research, and practice: A models and modelling perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 54 (2), 225–248.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Işık, C., & Kar, T. (2012). İlköğretim matematik öğretmenleri adaylarının problem kurma becerilerinin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23 , 190–214.
- Kılıç, Ç. (2013). İlköğretim matematik öğretmenleri adaylarının farklı problem kurma durumlarındaki performanslarının belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13 (2), 1195–1211.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Martin, M. M., & Rubin, R. B. (1995). A new measure of cognitive flexibility. *Psychological Reports*, 76 (2), 623–626. <<https://doi.org/10.2466/pr0.1995.76.2.623>>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Silver, E. A. (1994). On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics*, 14 (1), 19–28.
- Silver, E. A., & Cai, J. (1996). An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27 (5), 521–539. <<https://doi.org/10.2307/749846>>
- Singer, F. M., Ellerton, N. F., & Cai, J. (2013). Problem-posing research in mathematics education: New questions and directions. *Educational Studies in Mathematics*, 83 (1), 1–7. <<https://doi.org/10.1007/s10649-013-9478-2>>
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Proceedings of the 10th Annual Conference of the Cognitive Science Society* içinde (ss. 375–383). Lawrence Erlbaum Associates.

Stoyanova, E., & Ellerton, N. F. (1996). A framework for research into students' problem posing. P. Clarkson (Ed.), *Technology in mathematics education* içinde (ss. 518–525). Mathematics Education Research Group of Australasia.