

Somut Manipülatiflerle Zenginleştirilmiş Matematik Öğretimi Ortamında Matematik Öğretmeni Adaylarından Yansımalar

Gülçin Oflaz¹ 
Duygu Altaylı Özgül^{2*} 
Kübra Polat³ 

*Sorumlu Yazar

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi Bölümü, Sivas, Türkiye
erengulcin3@hotmail.com

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi Bölümü, Sivas, Türkiye
altayliduygu@gmail.com

³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi Bölümü, Sivas, Türkiye
kubrapolat@hotmail.com

Geliş tarihi: 27.01.2025
Kabul tarihi: 20.02.2025
Yayın tarihi: 30.05.2025

Özet: Bu çalışma, ilköğretim matematik öğretmen adaylarının somut manipülatiflere ilişkin bilgi düzeylerini belirlemeyi ve somut manipülatiflerle desteklenmiş bir öğretim ortamından elde edilen bulguları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, öğretmen adaylarının somut manipülatiflerle zenginleştirilmiş etkinlikler (SMZE) hazırlamalarına yönelik yapılan müdahalelerin, geliştirdikleri etkinlikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmada, tasarım araştırması modelinden yararlanılmıştır. Çalışma, 15 haftalık bir etkinlik tasarlama, oluşturma ve iyileştirme döngüsü kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, İç Anadolu Bölgesi'nde bir üniversitenin eğitim fakültesinde ilköğretim matematik öğretmenliği programında 3. sınıfa devam eden 54 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri; somut manipülatif bilgi formu, etkinlik değerlendirme rubriği ve süreç değerlendirme formu ile toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda; öğretmen adaylarının somut manipülatiflere ilişkin bilgi ve becerilerinin başlangıçta yetersiz olduğu, ancak bu eksikliklerin SMZE odaklı bir eğitimle giderilebileceği görülmüştür. Bu eğitim, öğretmen adaylarının somut manipülatifleri kullanarak etkinlik tasarlama becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmuş ve özellikle cebir ile geometri öğrenme alanlarında oluşturdukları etkinliklerin niteliğini artırmıştır. Matematik öğretiminde manipülatiflerin kullanımını yaygınlaştırmak ve öğretmen adaylarının kavramsal bilgi düzeyleri ile öğretim becerilerini güçlendirmek için lisans eğitiminde manipülatiflerin etkili kullanımına yönelik programlar geliştirilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelime: Somut Manipülatif, Öğretmen Adayı, Tasarım Araştırması, Matematik Eğitimi

GİRİŞ

Matematik eğitiminin amaçlarından biri, öğrencilerin matematik kavramlarını gerçek ve somut deneyimlerle oluşturmalarıdır. Bu bağlamda, matematik öğretiminde geleneksel yaklaşımlardan ziyade, öğrenci odaklı yöntemler, teknikler ve stratejilerin ön planda tutulması hedeflenmektedir. Matematik öğretim programı, öğrencilerin bilgiyi keşfetmelerini ve anlamlandırmalarını teşvik eden, soyut kavramları somut modellerle destekleyen öğrenme ortamlarının geliştirilmesini önermektedir. Nitekim Maarif Modeli'nde matematik eğitimi, matematiksel muhakeme, matematiksel problem çözme, matematiksel temsil, veri ile çalışma ve veriye dayalı karar verme ile matematiksel araç ve teknoloji kullanım becerisi olmak üzere beş temel alan becerisi etrafında yapılandırılmıştır. Bu alan becerileri, kavramsal beceriler üzerine inşa edilerek daha geniş bir bütünleşik beceri seti oluşturacak şekilde geliştirilmiştir. Matematiğe özgü bütünleşik beceriler, yalnızca genel becerilerle karşılanamayan süreçler ve durumlar için tanımlanmış olup kavramsal beceriler ile matematik alan becerileri arasında güçlü bir etkileşim olduğu öngörülmektedir. Bu iki beceri grubu, birbirini karşılıklı olarak besleyerek öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerinin derinleşmesine katkı sağlamaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2024). Bu becerilerin kazandırılması sürecinde, matematik kavramlarının soyut doğası, öğrencilerin bu kavramları anlamlandırmalarında zorlanmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle bu kavramların öğretiminin de somut manipülatiflerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu süreçte öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılmaları, bu manipülatiflerle etkileşime girmeleri ve akranlarıyla fikir alışverişinde bulunarak kendi bilgilerini oluşturmaları beklenmektedir.

Somut manipülatifler, soyut matematik kavramlarını somutlaştırmak amacıyla tasarlanmış matematik araç-gereçleri ve günlük yaşamda karşılaşılan nesneler ya da resimlerdir (Van de Walle, 2010). Bu araçlar, görsel, dokunsal ve genel olarak duysal olarak matematik öğrenmeyi destekler ve öğrencilere soyut matematiksel kavramları daha somut bir şekilde keşfetme fırsatı sunar (Bartolini & Martignone, 2020). Matematiksel kavramların veya süreçlerin öğrenilmesinde kullanılan manipülatifler, sadece eğitimde kullanılan özel materyallerle (örneğin, simetri öğretiminde simetri aynası ya da hacim öğretiminde birim küpler gibi) sınırlı olmayıp, aynı zamanda günlük yaşamda kolayca bulunabilen fasulye ve çubuk gibi

nesnelerle de gerçekleştirilebilir (Golafshani, 2013; Hiebert & Carpenter, 1992; Moyer, 2001). Özellikle ilkokul yıllarında, öğrencilerin ilk matematiksel kavramlarını geliştirdikleri dönemde somut manipülatiflerin kullanılması, akıl yürütme ve problem çözme becerilerinin gelişimine katkı sağlar (Kelly, 2006). Öğrenciler, manipülatifler üzerinde düşünerek matematiksel kavramları gerçek yaşam bilgileri ile ilişkilendirme imkânı bulur, bu da kavramsal öğrenmeyi destekler ve öğrenilen bilgilerin daha uzun süre bellekte kalmasını sağlar (Brecht, 2000; Domino, 2010). Ayrıca kavramlar hakkında derin bir anlayış geliştiren öğrencilerin zihninde daha az çelişki oluşur ve bu anlayış ezberlenmesi gereken kuralların en aza indirilmesine yardımcı olur (Shaw, 2002). Sonuç olarak, somut manipülatifler, matematiksel kavramların somutlaştırılmasını kolaylaştırarak öğrencilerin bu kavramları derinlemesine anlamalarına ve bilgilerini pekiştirerek ilerleyen matematik öğrenmelerine sağlam bir temel oluşturur.

Somut manipülatiflerin kullanımı, öğrencilerin elleriyle kavrayıp manipüle edebilecekleri nesnelerle gerçekleştirildiği için, öğrenme ortamına aktif katılımı sağlar (Gürbüz, 2007; Larbi & Mavis, 2016). Öğrencilerin matematiksel kavramları somut deneyimlerle pekiştirmeleri, soyut düşünme becerilerini geliştirir ve öğrenmenin kalıcılığını artırır. Bu bağlamda, matematik eğitiminin temel ilkelerini ortaya koyan kuramcılar, soyut matematiksel kavramların öğrenilmesinde önce somut nesnelerle başlanması gerektiği, ardından çeşitli zihinsel eylemlerle bu bilgilerin soyut hale dönüştürülmesi gerektiği konusunda hemfikirler (Bruner, 1966; Dienes, 1971; Piaget, 1964). Somut nesneler, öğrencilerin gerçek dünya ile matematiksel dünya arasında bağlantı kurmalarına yardımcı olur ve bu etkileşim, soyutlamanın ilk aşamasını oluşturur (Dienes, 1971). Piaget (1964) ise bireylerin öğrenme sürecinde aktif olmaları gerektiğini ve bilgiyi somut deneyimlerden soyutlayarak edindiklerini belirtmiştir. Böylece, somut manipülatifler hakkında edinilen zihinsel ve fiziksel eylemler, matematiksel ilişkiler ve bilgilerin yansıtıcı soyutlanmasını sağlayarak öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar (Kwon & Capraro, 2018; Sriraman & English, 2005).

Somut manipülatiflerin öğretim ortamında kullanılmasının öğrencinin matematik başarısını artırdığı ve derse karşı olumlu tutum geliştirmesini sağladığı yönünde çalışmalar bulunmaktadır (Boggan, Harper & Whitmire, 2010; Clements, 1999; Cope, 2015; Erdem & Öztürk, 2023; Golafshani, 2013; Gürbüz, 2006; Koparan & Özbey, 2018; Kwon & Capraro, 2018; Moyer-Packenham vd., 2012; Larbi & Mavis, 2016; Laski vd., 2015). Derslerde somut manipülatif kullanımının etkili bir şekilde gerçekleşmesi büyük ölçüde matematik öğretmenlerinin bu konudaki bilgi, beceri ve deneyimlerine bağlıdır (Brecht, 2000; Maboya, 2014; Moyer, 2001). Manipülatiflerin matematik öğretimini kolaylaştıracağı ve artıracığı yönündeki genel kanıyla birlikte bu malzemelerin sihirli olmadığı da kabul edilmelidir. Zira somut manipülatifler kendi başlarına bir anlam ifade etmezler (Ball, 1992). Manipülatiflerin matematiksel kavramlarla ilişkilendirilmesi ve öğrenciler için anlamlı hale gelmesi, öğretmenin somut manipülatiflerin kullanımı konusundaki deneyimine ve bu manipülatiflerin uygun zamanda kullanılmasına bağlıdır (Ahmad, 2024). Matematik öğretiminde somut manipülatiflerin etkili olabilmesi için öğretmenlerin, uygun manipülatifleri seçme ve bunları etkin bir şekilde kullanabilme bilgi ve becerisine sahip olmaları gerekmektedir (Pişkıntunç, Durmuş & Akkaya, 2012; Puchner vd., 2008). Öğretmen adaylarının matematik ve matematik öğretimi ile ilgili geçmiş deneyimleri ve tutumları, mesleğe başladıklarında yapacağı öğretimi etkilemektedir. Üniversite eğitimi sırasında öğrencilerin alacakları derslerin kalitesi ve içeriği, öğretmenin nitelikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır (Büyükgöze Kavas & Bugay, 2009). Bu bağlamda, derslerin içeriği sadece öğrencinin bilgi seviyesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda öğretmenin öğretim yeterliliklerini geliştirme açısından da fırsatlar sunar. Böylece öğretmen adayları derinlemesine bilgi edinmenin yanı sıra çeşitli öğretim stratejileri ve yöntemleri öğrenerek kendi öğretim becerilerini de şekillendirirler. Dolayısıyla geleneksel yolla eğitim almış öğretmen adaylarının mesleğe başladıklarında farklı öğretim teknikleri kullanmaları beklenemez. O halde mesleğe başladıklarında yapacakları öğretimin kalitesinin, lisans yıllarında aldıkları eğitimle doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir. Eğitim hayatları boyunca öğretmen adaylarının büyük bir kısmı, somut manipülatiflerle çalışma deneyimi edinmemektedir. Bu adayların, öğretmenlik yaşamlarında somut manipülatifleri etkili bir şekilde kullanabilmeleri, lisans eğitimlerinde bu araçlara yönelik bilgi ve becerilerinin geliştirilmesine bağlıdır. Dolayısıyla, öğretmen yetiştiricilerinin derslerinde somut manipülatif kullanımına yer vermeleri büyük önem taşımaktadır (Çakıroğlu & Yıldız, 2007). Bu konuda yapılmış çalışmalar öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve öğretmen yetiştiricilerinin özellikle de yeni geliştirilen somut manipülatiflerin kullanımı konusunda eğitim almaları gerektiği, öğretmen adaylarının matematik öğretimi derslerinde somut manipülatif kullanarak etkinlikler tasarlama ile pratik yapmaları önerilmektedir (Akkan & Çakır, 2012; Çetin vd., 2019; Gökmen, Budak & Ertekin, 2016; Pişkıntunç vd., 2012). Nitekim öğretmenlerin sınıflarında kendi öğrencilik dönemlerinde kullandıkları ya da kendilerine tanıdık gelen somut manipülatifleri kullanma eğiliminde oldukları, hiç somut manipülatif kullanmamış öğretmenlerin ise derslerinde manipülatif kullanmama eğiliminde oldukları belirtilmektedir (Çakıroğlu & Yıldız, 2007; Gökmen vd., 2016).

Öğrencilerin matematik kavramlarını gerçek ve somut tecrübelerle anlamlandırdıklarında daha etkili öğrenme gerçekleştiği düşünüldüğünde, özellikle ilkököl ve ortaoköl seviyesinde derslerde somut manipölatif kullanımı teşvik edilmektedir. Ancak uygun somut manipölatifleri seçme ve matematiksel kavramla ilişkilendirme konusunda öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının sınırlı tecrübesi olduğu da bilinmektedir. Öğretmenler ve öğretmen adayları somut manipölatif kullanımının amacını anlamadıklarında veya matematiksel kavramları bu araçlarla somutlaştırmada zorluk yaşadıklarında, kısacası somut manipölatif kullanımına yönelik yeterli deneyime sahip olmadıklarında, bu araçların ders ortamında kullanımı, matematik öğretim programlarının hedeflediğı düzeyde gerçekleşmeyecektir. Bu nedenle de öğretmen adaylarının matematik öğretimi derslerinde somut manipölatiflerle zenginleştirilmiş dersler almaları, somut manipölatiflerin kullanımına yönelik öğrenme ortamının tasarlanması ve bu öğrenme ortamının öğretmen adaylarının somut manipölatif kullanımına ilişkin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesinin alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada matematik öğretmen adaylarının somut manipölatifler hakkında bilgi düzeyi belirlenmiş, somut manipölatiflerle zenginleştirilmiş bir öğretim ortamı tasarlanarak bu ders ortamından yansımalar ortaya konmuştur.

Araştırmanın Problemi ve Alt Problemleri

İlköğretim matematik öğretmen adaylarının somut manipölatiflerle zenginleştirilmiş öğrenme ortamı tasarlama becerileri nasıl geliştirilebilir?

1. İlköğretim matematik öğretmen adaylarının sayılar ve işlemler, cebir, geometri ve ölçme öğrenme alanlarında hazırlamış oldukları etkinliklerden aldıkları puanlar ne düzeydedir?
- 1.1. İlköğretim matematik öğretmen adaylarının sayılar ve işlemler, cebir ile geometri ve ölçme öğrenme alanlarında hazırlamış oldukları etkinliklerden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. İlköğretim matematik öğretmen adaylarının etkinlik değerlendirme rubriğinden aldıkları puanların öğrenme alanlarına göre dağılımı nasıldır?
3. İlköğretim matematik öğretmen adaylarının somut manipölatif kullanımını desteklemek amacıyla hazırlanan öğretim tasarımına yönelik görüşleri nelerdir?

YÖNTEM

Araştırmanın Deseni

Bu araştırmanın modeli tasarım araştırmasıdır. Amacı etkili öğrenme müdahalesinin tasarımı ve pratik sorunlara çözüm bulma olarak belirtilen tasarım tabanlı araştırmalarda, gerçek bağlamda eğitim ortamlarında uygulanan ve test edilen müdahaleler söz konusudur (Demo vd., 2021). Bu araştırmada öğretmen adaylarının somut manipölatiflerle zenginleştirilmiş etkinlik [SMZE] hazırlamalarına yönelik uygulanan müdahaleler ve bu müdahalelerin öğretmen adaylarının geliştirmiş oldukları etkinliklere yansımaları incelenmiştir. Tasarım tabanlı araştırmalarda çözülmek istenen problemle bağlantılı kişiler iş birliği yaparak problemi çözmeye çalışmaktadır (Wang & Hannafin, 2005). Bu araştırmada öğretmen adayları ve araştırmacılar SMZE'lerin hazırlanmasında iş birliği içinde çalışmışlardır. Öğretmen adaylarının süreç içinde hazırladıkları etkinliklere araştırmacılar ve diğer öğretmen adayları dönüt vererek etkinlik geliştirme süreci iyileştirilmeye çalışılmıştır. Tasarım araştırmalarında yinelemeli bir süreç söz konusudur (Demo vd., 2021). Bu çalışmada 15 haftalık etkinlik tasarlama, etkinliği oluşturma ve etkinliği iyileştirme döngüsü gerçekleştirilmiştir. Tasarım araştırmalarında tek bir olguyu anlamak için farklı metodolojileri birleştirerek birden fazla veri toplama işlemi gerçekleştirilir (Wang & Hannafin, 2005). Bu araştırmada da öğretmen adaylarının SMZE hazırlamalarına yönelik uygulanan müdahaleler ve bu müdahalenin öğretmen adaylarının geliştirmiş oldukları etkinliklere yansımalarının anlaşılması için nitel ve nicel veriler toplanmıştır. Nitel veriler öğretmen adaylarıyla yapılan görüşmeler neticesinde, nicel veriler ise öğretmen adaylarının hazırlamış oldukları etkinliklerin etkinlik değerlendirme rubriği ile değerlendirilmesi neticesinde elde edilmiştir. Yapılan bu tasarım araştırmasındaki aşamalar Şekil 1'de verilmiştir.

Araştırmanın birinci aşaması SMZE hazırlamanın ihtiyaç analizi niteliğindedir. Bu aşamada, öğretmen adaylarının somut manipölatiflere ilişkin bilgileri ve bu doğrultuda ihtiyaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Öğretmen adaylarının ihtiyaçlarının belirlenmesi amacıyla somut manipölatiflerin isimleri ve kullanıldığı öğrenme alanlarına ilişkin soruların yer aldığı görüşme formu kullanılmıştır. Görüşmeye katılan 43 öğretmen

adayının forma verdikleri yanıtlar incelendiğinde (Tablo 1); sayılar ve işlemler öğrenme alanında 36 öğretmen adayının 0-5 puan, 7 öğretmen adayının 6-10 puan aldığı; cebir öğrenme alanında ise 41 öğretmen adayının 0-5 puan, 2 öğretmen adayının 6-10 puan aldığı görülmektedir. Bu durumda öğretmen adaylarının bu öğrenme alanlarındaki manipülatiflere yönelik bilgilerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın geometri ve ölçme öğrenme alanında bir öğretmen adayı 0-5 puan, 36 öğretmen adayı 6-10 puan, 6 öğretmen adayı ise 11-15 puan almıştır. Bu durumda öğretmen adaylarının geometri ve ölçme öğrenme alanındaki manipülatiflere ilişkin bilgilerinin diğer alanlardaki manipülatiflere ilişkin bilgilerinden daha fazla olduğu söylenebilir. Ancak bu alandaki puanın da yeterli olmadığı dolayısıyla her üç öğrenme alanında manipülatiflerle zenginleştirilmiş öğretim tasarımına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

Şekil 1

Tasarım Araştırması Aşamaları



Tablo 1

Öğretmen Adaylarının Manipülatif Bilgi Formuna Yönelik Yanıtları

Puan	Sayılar ve İşlemler Öğrenme Alanı (f)	Cebir Öğrenme Alanı (f)	Geometri ve Ölçme Öğrenme Alanı (f)
0-5	36	41	1
6-10	7	2	36
11-15	-	-	6
16-20	-	-	-
Toplam	43	43	43

İkinci aşama beş hafta boyunca öğretmen adaylarına somut manipülatiflere ve etkinlik hazırlamaya ilişkin teorik bilgiler sunulduğu süreci kapsamaktadır. Bu aşamada öğretmen adaylarına verilen teorik bilgilerin içeriği Tablo 2’de verilmiştir.

Üçüncü aşamada ise 10 hafta boyunca oluşturulan gruplar öğrenme alanlarında seçilen kazanımlara uygun etkinlik tasarımı yapmışlardır. Bu aşamada öncelikle öğretmen adaylarına her iki haftada bir etkinliğin hazırlanacağı öğrenme alanı verilmiştir. Bu öğrenme alanından öğretmen adayları kendi seçtikleri sınıf düzeyinden bir kazanım belirlemişlerdir. Seçmiş oldukları kazanıma göre etkinlik hazırlama sürecini planlamışlardır ve grup olarak etkinliklerini hazırlayarak sunmuşlardır. Sunulan etkinlik tüm sınıfça incelenerek tartışılmış ve etkinliğe ilişkin fikirler sunulmuştur. SMZE döngüsü sırasıyla sayılar ve işlemler, cebir, geometri ve ölçme öğrenme alanlarının her biri için işlemiştir. Öğretmen adaylarına öğrenme alanı verildikten sonra öğretmen adayları bir hafta boyunca istedikleri vakitte somut manipülatiflerin olduğu sınıfta çalışma yapabilmişlerdir. Grupların SMZE hazırlama [SMZEH] süreci Şekil 2’de şematize edilmiştir.

Son olarak dördüncü aşamada sürecin değerlendirilmesine ilişkin süreç değerlendirme formu ile

öğretmen adaylarından görüş alınmıştır.

Tablo 2

Öğretmen Adaylarına Verilen Teorik Bilgilerin İçeriği

Hafta	Teorik içerik	Süreç
1	Etkinlik kavramının teorik temelleri	Etkinlik kavramının teorik temelleri verilmiştir
2	Etkinliğin tarihsel gelişimi	Matematik etkinliklerinin tarihsel gelişimi incelenmiştir
3	Etkinlik tasarlama ilkeleri	Etkinlik tasarlama ilkeleri örneklerle gösterilmiştir
4	Matematik eğitiminde disiplinlerarası etkinlikler	Matematik eğitiminde STEM etkinlik örnekleri verilmiştir
		Ortaokul matematik öğretim programındaki kazanımlar sınıflara ve öğrenme alanlarına göre incelenmiştir
		Manipülatifler hakkında genel bilgi verilmiştir
5	Manipülatifler ve ortaokul matematik öğretim programının tanıtılması	Somut manipülatiflerle ilgili örnekler gösterilmiş, örnek etkinlik sunulmuştur
		Verilen somut manipülatiflerin sayılar ve işlemler öğrenme alanındaki kazanımlara uygulanabilirliği hakkında grup tartışmaları yapılmıştır

Şekil 2

SMZE Hazırlama Süreci



Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu İç Anadolu Bölgesi'nde bir üniversitenin eğitim fakültesinde ilköğretim matematik öğretmenliği programında 3. sınıfa devam eden 54 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışma grubunun belirlenmesinde ölçüt örnekleme tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmada belirlenen ölçüt, öğretmen adaylarının matematik öğretimi ve öğrenme yaklaşımları derslerinin bir kısmını almış olmaları, matematik öğrenme alanlarının öğretimi ile ilgili dersleri ise almaya devam ediyor olmalarıdır. Böylece somut manipülatiflerle zenginleştirilmiş etkinlik hazırlamaya ilişkin edindikleri bilgi ve deneyimleri, diğer matematik öğretimi dersleri ile ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Öğretmen adayları, uygulamanın başında kendi tercihlerine göre 10 gruba ayrılmıştır. Uygulama süresince bu gruplarda herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Araştırmacının Rolü

Bu araştırmada yer alan araştırmacılardan biri öğretmen adaylarının ihtiyaçlarının belirlenmesi aşaması (1. aşama), somut manipülatifler ve etkinlik hazırlamaya ilişkin teorik bilgilerin sunulması aşaması (2. aşama) ve belirlenen öğrenme alanlarından seçilen kazanımlara uygun etkinlik tasarımı için grup çalışmalarının yapılması aşamasında (3. aşama) görev almıştır. Diğer araştırmacılar ise öğretmen adaylarının somut manipülatiflere ilişkin hazırlamış oldukları etkinliklerin ve sürecin değerlendirilmesi aşamasında (4. aşama) öğretmen adaylarından görüş alma sürecinin değerlendirilmesinde görev almıştır. Araştırmacıların tamamı raporlaştırma ve veri analizinde görev almışlardır.

Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Bu araştırmada öncelikle öğretmen adaylarının ihtiyaçlarını belirlemeye yönelik araştırmacılar tarafından geliştirilen “Somut Manipülatif Bilgi Formu” kullanılmıştır. Bu formda matematik eğitiminde farklı öğrenme alanlarında kullanılabilen manipülatiflerin görselleri bulunmaktadır. Öğretmen adaylarına bu manipülatiflerin isimleri sorulmuştur (EK-1). Bu forma verilen cevaplar neticesinde öğretmen adaylarının manipülatiflere ilişkin ihtiyaçları belirlenmiş ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda manipülatifler ve etkinlik hazırlamaya ilişkin teorik bilgilerin sunulması gerçekleşmiştir.

Bu araştırmanın verilerini toplamak için kullanılan diğer veri toplama aracı; Yeşildere İmre (2020, s.176) tarafından özetlenen etkinlik tasarım ilkeleri esas alınarak araştırmacılar tarafından oluşturulan etkinlik değerlendirme rubriğidir (Tablo 3). Toplamda 10 grup olmak üzere 5-6 kişilik gruplar şeklinde çalışan öğretmen adayları sayılar ve işlemler, cebir, geometri ve ölçme öğrenme alanlarının her birine ait bir etkinlik hazırlamışlardır. Bu durumda üç öğrenme alanına ait toplam 30 etkinlik araştırmalar tarafından değerlendirilmiştir. Öncelikle 10 grup olarak çalışan öğretmen adaylarının geliştirmiş oldukları etkinlikler araştırmacılar tarafından değerlendirme rubriği ile puanlanmıştır. Değerlendirme rubriğinde etkinliğin hedeflediği kazanımın analizi, etkinliğin tasarlanma amacı, öğrenci bilgisinin değerlendirilmesi, etkinlikte incelenecek örneklerin seçimi ve yönergelerin yazımı, değerlendirme ve etkinlik uygulama sürecinin tasarımı olmak üzere altı kriter bulunmaktadır. Bu kriterlere ait alt kriterler de mevcuttur. Etkinlikler, bu kriterlere göre 0, 1 ve 2 puan aralığında değerlendirilmiş olup, etkinliklerden alınabilecek maksimum puan 20'dir. Grupların her bir öğrenme alanından hazırlamış oldukları etkinliklerden alınan puanlara ilişkin betimsel bilgiler bulgular kısmında sunulmuştur. Ayrıca her bir grubun üç öğrenme alanına yönelik hazırlamış olduğu etkinlik puanları arasında anlamlı farkın olup olmadığının belirlenmesi için öncelikle puanların normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. Puanlar normal dağılım sergilemediği için Wilcoxon İşaretli Sıralar nonparametrik testi yapılmıştır.

Tablo 3

Etkinlik Değerlendirme Rubriği

Tasarım ilkeleri	Kriterler	Puan		
		Boş-uygun olmayan (0 puan)	Kısmen (1 puan)	Tam (2 puan)
1. Etkinliğin hedeflediği kazanımın analizi	1.1. Etkinlik ile kazanım ilişkisi			
	1.2. Kazanımda yer alan uyarıları dikkate alma			
2. Etkinliğin tasarlanma amacı	2.1. Kazanım ve etkinliğin amacının birbiriyle uyuşması			
	2.2. Kazanıma uygun somut manipülatif kullanımı			
3. Öğrenci bilgisinin değerlendirilmesi	3.1. Olası öğrenci güçlüklerine engel olacak şekilde etkinliğin tasarlanması			

3.2. Etkinlikte öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alma

Tablo 3 (Devam)

Tasarım İlkeleri	Kriterler	Puan		
		Boş-uygun olmayan (0 puan)	Kısmen (1 puan)	Tam (2 puan)
4. Etkinlikte incelenecek örneklerin seçimi ve yönergelerinin yazımı	4.1. Etkinlikteki soruların öğrencilerin keşfetmesi beklenen ilişkiye yönelik hazırlanması			
	4.2. Etkinlikteki yönergelerin yeterli ve anlaşılır olması			
5. Değerlendirme	Etkinlikte öğrencileri başarılı kabul eden değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi			
6. Etkinlik uygulama sürecinin tasarımı	Sınıf, öğrenci, öğretmen ve etkinlik bağlamlarını dikkate alan etkinlik tasarımı			

Uygulama sonrası sürecin değerlendirilmesi amacıyla öğretmen adaylarının görüşleri, süreç değerlendirme formu kullanılarak yazılı olarak toplanmıştır. Formda, öğretmen adaylarına "SMZE öğretim tasarımına yönelik görüşleriniz nelerdir?" sorusu yöneltilmiş ve elde edilen veriler içerik analiziyle incelenmiştir.

Geçerlik-Güvenirlilik

Nitel araştırmalarda inanırlığı (dış güvenirliliği) sağlamak için en etkili yöntem, araştırmacının önyargılarını kontrol etmesi ve çalışma yapılan grubu tanıma açısından uzun süreli etkileşimde bulunmaktır (Başkale, 2016). Bu araştırmada araştırmacılar çalışma yapılan grubu uzun süredir tanımaktadır. Bu açıdan gerek araştırmacıların önyargılarını kontrol ettiği gerekse öğrencilerin kendilerini rahat ifade edebildikleri söylenebilir. Araştırmanın verilerini görüşmeler ve öğretmen adaylarının hazırladıkları etkinliklerin oluşturması, araştırmanın inandırıcılığına katkı sağlamıştır. Ayrıca veri toplama araçlarının geliştirilmesinde ve verilerin yorumlanmasında matematik eğitimi alanında çalışan akademisyenlerden dönütler alınmıştır. İç güvenirliliği (tutarlılık) artırmak amacıyla; verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması üç araştırmacı tarafından birlikte yapılmıştır. Sonuçların aktarılabilirliği (dış geçerliği) açısından çalışma grubunun dahil edilme kriterleri ve belirlenen ölçütler çalışma grubunda ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Ayrıca araştırma yöntemleri, uygulama süreci ve analiz etme süreci de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Verilerin doğruluğu hakkında yeterli düzeyde deliller sunulması dış güvenirliliği (teyit edilebilirlik) artıracaktır.

Etik Kurul İzni

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulunda 30.09.2022 tarihli E-60263016-050.06.04-213749 sayılı numaralı kararda etik kurul izni alınmıştır.

BULGULAR

Öğretmen adaylarının sayılar ve işlemler, cebir, geometri ve ölçme öğrenme alanlarında hazırlamış oldukları etkinliklerden almış oldukları puanlar Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3'e göre, öğretmen adaylarının en düşük puanları sayılar ve işlemler, en yüksek puanları ise geometri ve ölçme öğrenme alanlarındaki etkinliklerden aldıkları görülmektedir. Sayılar ve işlemler alanında hiçbir grup tam puan alamazken, geometri ve ölçme alanında tüm gruplar tam puan veya tam puana yakın puanlar almıştır. Ayrıca, 3. grup dışındaki tüm grupların etkinlik puanlarında artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu bulguyu desteklemek amacıyla yapılan Wilcoxon İşaretli Sıralar testinin betimsel istatistik sonucuna göre;

cebir - sayılar ve işlemler ($z = -4,620$; $p < ,001$), geometri ve ölçme – sayılar ve işlemler ($z = -6,045$; $p < ,001$), geometri ve ölçme – cebir ($z = -5,808$; $p < ,001$) öğrenme alanlarındaki etkinlik puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Bu anlamlı farklılığın hangi ölçüm lehine olduğunun belirlenmesi amacıyla yapılan Sıralar Tablosuna Tablo 4’te yer verilmiştir.

Tablo 4’te cebir - sayılar ve işlemler fark puanları için hesaplanan Sıra Ortalaması değerleri karşılaştırıldığında Negatif Sıralar için hesaplanan değerin Pozitif Sıralar değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre öğretmen adaylarının cebir öğrenme alanında geliştirmiş oldukları etkinliklerden sayılar ve işlemler öğrenme alanında geliştirmiş oldukları etkinliklere göre daha yüksek puan aldıkları söylenebilir. Benzer şekilde grupların geometri ve ölçme öğrenme alanındaki puanlarının sayılar ve işlemler ile cebir öğrenme alanındaki puanlarından fazla olduğu da görülmektedir.

Çalışmanın ikinci alt problemi kapsamında elde edilen verilere dayanarak, öğretmen adaylarının etkinlik geliştirme kriterlerinden aldıkları puanların öğrenme alanlarına göre dağılımı Şekil 4’te sunulmuştur.

Şekil 3

Grupların öğrenme Alanlarına Göre Geliştirdikleri Etkinliklerden Elde Ettikleri Puanlar



Tablo 4

Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

		N	Sıralar Ortalaması	Sıralar Toplamı
Cebir-Sayılar ve İşlemler	Negatif Sıralar	5	39,00	195,00
	Pozitif Sıralar	48	25,75	1236,00
	Eşit	0		
	Toplam	53		
Geometri ve Ölçme – Sayılar ve İşlemler	Negatif Sıralar	0	,00	,00
	Pozitif Sıralar	48	24,50	1176,00
	Eşit	5		
	Toplam	53		
Geometri ve Ölçme - Cebir	Negatif Sıralar	5		
	Pozitif Sıralar	48	13,50	67,50
	Eşit	0	28,41	1363,50
	Toplam	53		

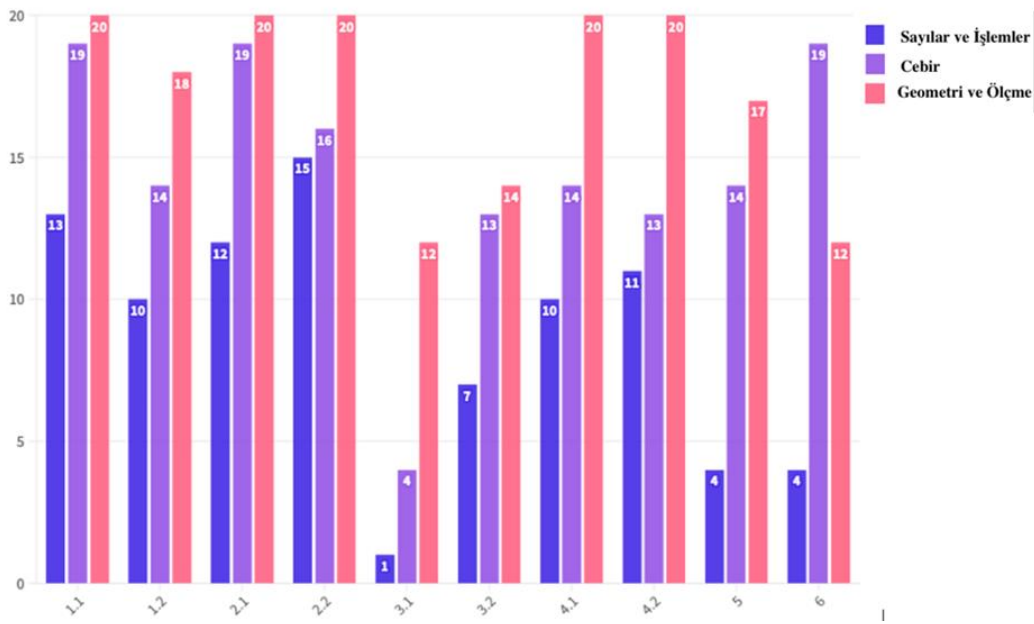
Şekil 4 incelendiğinde öğretmen adaylarının her üç öğrenme alanında olası öğrenme güçlüklerine engel olacak şekilde etkinliğin tasarlanması (3.1), etkinlikte öğrencileri başarılı kabul eden değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi (5) ve sınıf, öğrenci, öğretmen ve etkinlik bağlamlarını dikkate alan etkinlik tasarımı

(6) kriterlerinden düşük puan aldıkları görülmüştür. Ayrıca 5. ve 6. kriterlerden alınan puanlarda artış gözlemlenirken, 3.1 kriterinden alınan puanlardaki artış diğer kriterlere kıyasla daha sınırlı kalmıştır.

Yine üç öğrenme alanından aldıkları puanlara göre tüm kriterlerde genellikle en düşük puanların sayılar ve işlemler, en yüksek puanların geometri ve ölçme öğrenme alanlarında olduğu görülmüştür. Sadece 6. kriterde en yüksek puanın cebir öğrenme alanında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca geometri ve ölçme öğrenme alanında gruplar; etkinlik kazanım ilişkisi kurma (1.1), kazanım ve etkinliğin amacının birbiriyle uyumlu olması (2.1), kazanıma uygun somut manipülatif kullanımı (2.2), etkinlikteki soruların öğrencilerin keşfetmesi beklenen ilişkiye yönelik hazırlanması (4.1) ve etkinlikteki yönergelerin yeterli ve anlaşılır olması (4.2) kriterlerinde tam puan almışlardır. Bunun yanı sıra öğretmen adayları 1.1 ve 2.2 kriterlerinde her üç öğrenme alanında da yüksek puan almışlardır. Özetle kriter bazında öğretmen adaylarının geliştirmiş oldukları etkinliklerin niteliğinde zamanla olumlu yönde bir gelişme olduğu söylenebilir.

Şekil 4

Öğretmen Adaylarının Kriterlerden Aldıkları Puanların Öğrenme Alanlarına Göre Dağılımı



Üçüncü alt probleme ilişkin olarak, öğretmen adaylarının somut manipülatif kullanımını desteklemek amacıyla verilen SMZE öğretim tasarımına yönelik görüşleri Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5

Öğretmen adaylarının SMZE öğretim tasarımına yönelik görüşleri

Kategori	Kod	f	Öğretmen adayı ifadesi
Olumlu	Aktif kılma	18	Dönem boyunca etkinlik geliştirmenin her aşamasında aktiflik.
	İlgi çekici	25	Ders kapsamında birçok daha önce bilmediğimiz manipülatifler gördük. Çok ilgi çekiciydi, hoşumuza gitti.
	Grup çalışmasını destekleme	32	Etkinlik hazırlarken grup çalışması yapmak daha iyi oldu.
	Olumlu tutum geliştirme	22	Birbirimizin eksiklerini tamamladık. Daha güzel şeyler ortaya çıktı.
	Somitlaştırma	29	Etkinlik geliştirmek çok zor gelirken bu ders kapsamında etkinlik geliştirebildiğimizi fark ettik.
Olumsuz	Kriterlere uygun etkinlik hazırlayamama	10	Daha önceden aldığımız teorik bilgileri bu ders kapsamında uyguladığımız uygulamalar ve dönütler neticesinde kullanma imkanı bulduk. Bir nevi bilgilerimizi somutlaştırmış olduk.
	Uzun hazırlama süresi	38	Bazı kriterleri etkinliklere entegre etmekte zorluk yaşadık.

Somut materyali tanınamama	30	<i>Bazı manipülatifleri daha önce hiç görmemiştik. Onlarla nasıl etkinlik hazırlayacağımıza ilişkin daha fazla araştırma yapmamız gerekti.</i>
----------------------------	----	--

Tablo 5'teki görüşler incelendiğinde Olumlu kategorisi içerisinde “aktif kılma, ilgi çekici, grup çalışmasını destekleme, olumlu tutum geliştirme, somutlaştırma” kodları bulunurken, olumsuz kategorisi içerisinde ise “kriterlere uygun etkinlik hazırlayamama, uzun hazırlama süresi, somut materyalleri tanınamama” kodları yer almaktadır. Özellikle SMZE tasarımıyla öğretmen adaylarının grup çalışmasını destekleme ve teorik bilgilerini uygulamaya dönüştürme açısından olumlu görüldüğü söylenebilir. Ancak öğretmen adayları kriterlere uygun etkinlik hazırlamada ve somut materyali tanımada sıkıntı yaşadıklarını, etkinlik hazırlamanın uzun zamanlarını aldıklarını belirtmişlerdir.

TARTIŞMA SONUÇ ve ÖNERİLER

Zorlayıcı ve soyut matematiksel kavramların öğretiminde somut manipülatiflerin kullanımı, öğrencilerin bu kavramları daha derinlemesine anlamalarına ve kavramsal bağlantılar kurmalarına olanak tanımaktadır (Hiebert & Carpenter, 1992). Zira en değerli öğrenme deneyimleri, öğrencilerin matematiksel kavramları aktif bir şekilde anlamlandırarak kendi anlayışlarını inşa ettikleri süreçlerde gerçekleşmektedir. Manipülatifler, soyut matematiksel fikirlerin somut bir bağlama oturtulmasını sağlayarak öğrencilerin kavramsal anlamalarını derinleştirmekte ve öğrenme sürecini daha etkileşimli hale getirmektedir (Boggan vd., 2010). Dolayısıyla somut materyallerin öğrenme sürecine dahil edilmesi, öğrenci merkezli öğrenme ortamları oluşturarak anlamayı kalıcı hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının manipülatifleri öğrenme ortamına dahil edebilmeleri iyi bir matematik öğretimi için önemlidir.

Bu çalışmada matematik öğretmen adaylarının somut manipülatifler hakkında bilgi düzeylerinin belirlenmesi ve somut manipülatiflerle zenginleştirilmiş bir öğretim ortamı tasarlayabilmeleri amaçlanmıştır. Yapılan ihtiyaç analizinde öğretmen adaylarının somut manipülatifler ile ilgili bilgilerinin ve deneyimlerinin yeterli olmadığı görülmüştür. Alanyazında eğitimcilerin manipülatif kullanımına ilişkin olumlu görüşe sahip oldukları ancak manipülatifleri nasıl kullanacaklarına ilişkin bilgilerinin yeterli olmadığı (Burns & Hamm, 2011; Hidayah, Dwijanto & Istiandaru, 2018; Puchner, Taylor, O'Donnell & Fick, 2008), manipülatiflerin kullanıldığı etkili dersler tasarlama konusunda zorlandıkları, matematiksel gerçekleri ve ilkeleri içeren manipülatifler tasarlayamadıkları (Ummah, 2017) belirtilmektedir.

Bu çalışmada, öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen görüşmelerde, öğretmen adaylarının manipülatiflere dair yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve bunları kullanarak etkinlik hazırlama sürecinde zorluk yaşadıkları ifade edilmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının lisansta aldıkları derslerde manipülatiflerin tanıtımına ve bu materyallerin etkili bir şekilde kullanımını içeren uygulamalara daha fazla yer verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Zira öğretmen adaylarının büyük bir çoğunluğunun eğitim hayatları boyunca somut manipülatiflerle çalışma deneyimine sahip olmadığı bilinmektedir. Derslerinde somut manipülatiflerin etkili bir şekilde kullanılabilmesinin, adayların lisans eğitimlerinde bu materyallere yönelik bilgi ve becerilerinin geliştirilmesine bağlı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, öğretmen eğitimcilerinin derslerinde somut manipülatiflerin kullanımına daha fazla yer vermeleri gerektiği açıkça görülmektedir. Bu alanda yapılmış çalışmalar, öğretmenlerin, öğretmen adaylarının ve öğretmen yetiştiricilerinin, özellikle yeni geliştirilen somut manipülatiflerin etkili kullanımı konusunda eğitim almalarının önemine vurgu yapmaktadır (Akkan & Çakır, 2012; Çetin vd., 2019; Gökmen vd., 2016; Pişkıntunç vd., 2012). Ayrıca, öğretmen adaylarının matematik öğretimi derslerinde somut manipülatifler kullanarak etkinlik tasarımları ve bu süreçte pratik yapmaları, öğretmenlik becerilerini artırmada önemlidir. Bu durum, öğretmen adaylarının teorik bilgiyle pratik beceriyi birleştirerek öğrenme-öğretme süreçlerinde daha etkili araçlar kullanabilmelerini destekleyecektir. Nitekim Simon (2022) manipülatiflerin öğrenmeyi ve bilgiyi aktarmayı kolaylaştıracak en uygun yöntemlerle kullanılması gerektiğini vurgulamıştır.

Öğretmen adayları tarafından hazırlanan etkinliklerin incelenmesi sonucunda, adayların en yüksek puanları geometri ve ölçme öğrenme alanlarındaki etkinliklerden aldıkları tespit edilmiştir. Bu durumun iki sebebi olabilir. Birinci sebep, geometri öğrenme alanının sayılar ve işlemler ile cebir öğrenme alanlarına kıyasla, günlük hayatla ilişkilendirilmesi kolay daha somut kavramlar içermesi ve bu alanda kullanılan manipülatiflerin kullanımına daha aşina olunmasıyla açıklanabilir. Nitekim Gökmen vd. 'nin (2016) çalışmasında, sınıf ve matematik öğretmenleri matematik derslerinde en çok geometrik cisimleri kullandıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca öğretmenlerin ifadelerinden, bu öğrenme nesnelerinin daha sık tercih edilmesinin, materyallerin kolay erişilebilirliği ve öğretmenlerin bu materyallere olan aşinalıklarıyla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, öğretmen adaylarının geometri öğrenme alanında geliştirdikleri etkinliklerden yüksek puan almalarının, kendi eğitim süreçlerinde geometri manipülatiflerine daha sık maruz

kalmaları ve bu materyalleri kullanmada daha fazla deneyim kazanmalarıyla açıklanabilir. Bu düşüncüyü destekler nitelikte Ünlü'nün (2017) çalışmasında da öğretmen adaylarının en çok geometri manipülatifi kullanmayı düşündüklerini ifade etmişlerdir. İkinci sebep ise verilen eğitimin öğretmen adayları üzerinde olumlu etkisinin olması olarak gösterilebilir. Eğitimin olumlu etkisine ilişkin olarak alanyazında yapılan çalışmalar incelendiğinde öğretmen adaylarının manipülatiflerin kullanımına yönelik verilen eğitim sonrasında gelişme gözlemlenebileceği (Ndlovu & Chiromo, 2019) ve öğretmen adaylarının mesleki bilgileri ve öğretim becerilerinin eğitim sürecinde geliştirilebileceği (Şandır, 2016) belirtilmektedir. Araştırmadan elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının manipülatif bilgi formundaki yanıtlarında, cebir öğrenme alanındaki manipülatiflere ilişkin daha az bilgiye sahip olduklarını ifade etmelerine rağmen, bu alanla ilgili hazırladıkları etkinliklerden, sayılar ve işlemler alanına kıyasla daha yüksek puan aldığını ortaya koymaktadır. Nitekim Simon (2022) araştırmacının manipülatif ve matematiksel kavram arasındaki ilişkiyi net biçimde görebilirken öğrencinin bu ilişkiyi göremeyebileceğinden bahsetmektedir. Dolayısıyla öğretmen adayları da sayılar ve işlemler ile ilgili manipülatiflerde bu ilişkiyi görmekte zorlanmış ve etkili etkinlikler tasarlayamamış olabilirler. Ayrıca verilen eğitimin öğretmen adaylarının manipülatif kullanımına yönelik bilgi ve becerilerini geliştirmesi, cebir öğrenme alanında daha başarılı etkinlikler tasarlamalarına katkı sağlamış olabilir. Öğretmen adaylarının manipülatifleri kullanma becerilerindeki bu gelişme, Ndlovu ve Chiromo'nun (2019) çalışmasıyla da uyumlu olup, araştırmacılar manipülatiflerin kullanımının, özellikle tam sayılar ve tamsayılarda işlemler konusunda kademeli bir gelişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Larbi ve Mavis (2016), cebir öğretiminde manipülatiflerin kullanılmasının öğrencilerin derse aktif katılımını artırdığını, matematik öğrenimine olan ilgilerini yükselttiğini ve matematiksel kavramları daha iyi anlamalarını sağladığını belirtmektedir. Araştırmada, özellikle cebir karolarının etkili bir şekilde kullanılmasının, öğrencilerin cebirsel kavramları daha kolay kavramsallaştırmalarına olanak tanıdığı ve matematiğe yönelik olumlu bir tutum geliştirmelerine katkıda bulunduğu vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, matematiğin öğrenme alanları fark etmeksizin, manipülatiflerin etkili kullanımının kavramsal anlayışı geliştirmek ve öğrenmeyi derinleştirmek adına önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

Öğretmen adaylarının tasarladığı etkinlikler, belirlenen kriterlere göre incelendiğinde, SMZE öğretim tasarımının etkinliklerin niteliğinde iyileştirme sağladığı gözlemlenmiştir. Kriterlere dayalı olarak yapılan değerlendirmelerde, en düşük puanların sayılar ve işlemler öğrenme alanında, en yüksek puanların ise geometri ve ölçme öğrenme alanında olduğu belirlenmiştir. Özellikle etkinlik-kazanım ilişkisi ve kazanım-somut manipülatif ilişkisi kriterlerinde, her üç öğrenme alanında da öğretmen adaylarının yüksek puan aldığı tespit edilmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının kazanımların gerektirdiği bilişsel seviyeyi dikkate alarak matematiksel içerikleri doğru bir şekilde analiz edebildiklerini, bu doğrultuda uygun manipülatifleri seçerek etkinlik tasarlayabildiklerini göstermektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının önceki dönemlerde almış oldukları etkinlik geliştirme ve materyal geliştirme derslerinin, bu becerilerinin gelişimine katkı sağladığı ifade edilebilir.

Öğretmen adaylarının sayılar ve işlemler öğrenme alanında; olası öğrenme güçlüklerine engel olacak şekilde etkinliğin tasarlanması, etkinlikte öğrencileri başarılı kabul eden değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ve sınıf, öğrenci, öğretmen ve etkinlik bağlamlarını dikkate alan etkinlik tasarımı kriterlerinden düşük puan aldıkları görülmüştür. Verilen SMZE öğretim tasarımı, öğretmen adaylarının bir etkinlikte değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ve etkinliğin bulunduğu bağlama uygun şekilde tasarlanması konusundaki eksikliklerini gidermelerine katkı sağlamıştır. Ancak, etkinliklerin olası öğrenme güçlüklerini engelleyecek şekilde tasarlanması kriterinde istenilen düzeyde bir iyileşme sağlanamamıştır. Bu durum, öğretmen ve öğretmen adaylarının öğrenme güçlükleri konusundaki farkındalıklarının az olmasıyla ilişkilendirilebilir (Sawhney & Bansal, 2014; Shukla & Agrawal, 2015). Ayrıca, öğretmen adaylarının eğitim süreçleri boyunca öğrenme güçlükleri konusunun yeterince ele alınmamış olması ve sunulan SMZE öğretim tasarımı süresinin yetersiz kalması da bu duruma neden olmuş olabilir.

Öğretmen adaylarıyla uygulama sonrasında yapılan görüşmeler, SMZE öğretim tasarımının grup çalışmasını destekleme ve teorik bilgilerin pratik uygulamalara aktarılması konusunda olumlu bir katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, öğretmen adayları, belirlenen kriterlere uygun etkinlik hazırlama ve somut materyalleri tanıma konusunda zorluklar yaşadıklarını, ayrıca etkinlik hazırlamanın önemli ölçüde zaman aldığını ifade etmişlerdir. Bu durum, öğretmenlerin materyal kullanımından kaçınmalarında zaman yetersizliğini önemli bir etken olarak gördüklerini ortaya koyan çalışmalarla da (Gökmen vd., 2016; Koparan & Özbey, 2018; Ünlü, 2017) paralellik göstermektedir.

Matematik öğretiminde manipülatiflerin etkili kullanımı öğrencilerin soyut kavramları daha iyi anlamalarına ve daha derin kavramsal bağlantılar kurmalarına yardımcı olur. Bu çalışmada, öğretmen adaylarının manipülatiflerle ilgili bilgi ve becerilerden yoksun oldukları ancak bu eksiklikler uygun eğitimle giderilebileceği gözlemlenmiştir. Adayların, özellikle geometri öğrenme alanında daha yüksek başarı

göstermeleri, bu alanın somut kavramlarla ilişkilendirilmesi ve manipülatiflere daha fazla maruz kalmalarıyla açıklanabilir. Öte yandan öğretmen adaylarının cebir ve sayılar konusunda daha fazla desteğe ihtiyaç duydukları ve bu alanlarda manipülatiflerin etkili kullanımını öğrenmeyi amaçlayan uygulamalara daha fazla vurgu yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, öğretmen adaylarının lisans eğitimlerinde, manipülatiflerin kullanımıyla ilgili bilgi ve becerilerini artıracak programların geliştirilmesi önerilmektedir. Eğitim fakültelerindeki öğretim üyeleri, manipülatifleri derslerinde tanıtabilir ve bu materyallerin kullanımıyla ilgili pratik uygulamalar için daha fazla fırsat sağlayabilir. Matematik öğretiminde geometri, cebir, sayılar ve işlemler gibi tüm öğrenme alanlarında manipülatiflerin etkili kullanımı kavramsal anlayışı güçlendirecek ve öğrenci katılımını artıracak, matematiği daha erişilebilir hale getirecektir. İleride yapılacak çalışmalarda, öğretmen adaylarının etkinlikleri geliştirirken olası öğrenme güçlüklerini önlemeye yönelik tedbirler almalarını ve sınıf bağlamını dikkate almalarını sağlamak amacıyla özel olarak tasarlanmış bir eğitim programı uygulanabilir. Ayrıca SMZE benzeri bir öğretim tasarımının matematik öğretmenleri ile gerçekleştirilmesi ve bu eğitimin etkinliğinin değerlendirilmesi de önerilmektedir. Bu öneriler doğrultusunda, matematik eğitiminde manipülatiflerin yaygın kullanımı daha etkili ve kalıcı öğrenme ortamları yaratma yolunda önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

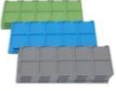
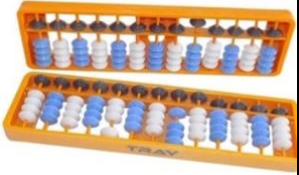
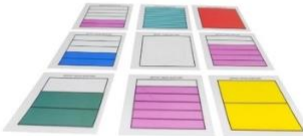
- Ahmad, S. (2024). *Effect of an instructional model "utilizing hands-on learning concrete and virtual manipulatives" on fifth-grade students' academic achievement in mathematics* [Doctoral dissertation]. Universität Würzburg.
- Akkan, Y., & Çakır, Z. (2012). Pre-service classroom teachers opinions on using different manipulatives in mathematics teaching. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 1(1), 68-83.
- Ball, D. L. (1992). Magical hopes: Manipulatives and the reform of math education. *American Educator: the professional journal of the American Federation of Teachers*, 16(2), 14-18.
- Bartolini, M. G., & Martignone, F. (2020). Manipulatives in mathematics education. *Encyclopedia of Mathematics Education*, 487-494. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0>
- Başkale, H. (2016). Nitel araştırmalarda geçerlik, güvenirlik ve örneklem büyüklüğünün belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 9(1), 23-28.
- Boggan, M., Harper, S., & Whitmire, A. (2010). Using manipulatives to teach elementary mathematics. *Journal of Instructional pedagogies*, 3, 1-6.
- Bouck, E. C., & Park, J. (2018). A systematic review of the literature on mathematics manipulatives to support students with disabilities. *Education and Treatment of Children*, 41(1), 65-106.
- Brencht, L.J. (2000). *The relative effects of cooperative learning, manipulatives and the combination of cooperative learning and manipulative on fourth graders' conceptual knowledge, computation knowledge and problem solving skills in multiplication*. (Doctoral Dissertation). Retrieved from Proquest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9985585).
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burns, B.A., & Hamm, E.M. (2011). A comparison of concrete and virtual manipulative use in third- and fourth-grade mathematics. *School Science and Mathematics*, 111, 256-261. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00086.x>
- Büyükgöze Kavas, A., & Bugay, A. (2009). Öğretmen adaylarının hizmet öncesi eğitimlerinde gördükleri eksiklikler ve çözüm önerileri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 13-21.
- Clements, D. H. (1999). Concrete'manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(1), 45-60.
- Cope, L. (2015). Math manipulatives: Making the abstract tangible. *Delta Journal of Education*, 5(1), 10-19.
- Çakıroğlu, E., & Yıldız, B. T. (2007). Turkish preservice teachers' views about manipulative use in mathematics education. In C. S. Sunal & M. Kagendo (Eds.), *The Enterprise of Education*, (pp. 275-289). Information Age Publishing Inc.
- Çetin, H., Aydın, S., & Yazar, M. İ. (2019). Ortaokul matematik öğretmenlerinin manipülatif kullanımına ilişkin tutumlarının ve ihtiyaçlarının incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 10(17), 1179-1200. <https://doi.org/10.26466/opus.525024>
- Demo, H., Garzetti, M., Santi, G., Tarini, G. (2021). Learning mathematics in an inclusive and open environment: An interdisciplinary approach. *Education Sciences*, 11(5), 199. <https://doi.org/10.3390/educsci11050199>
- Dienes, Z. P. (1971). An example of the passage from the concrete to the manipulation of formal systems. *Educational Studies in Mathematics*, 3, 337-352.

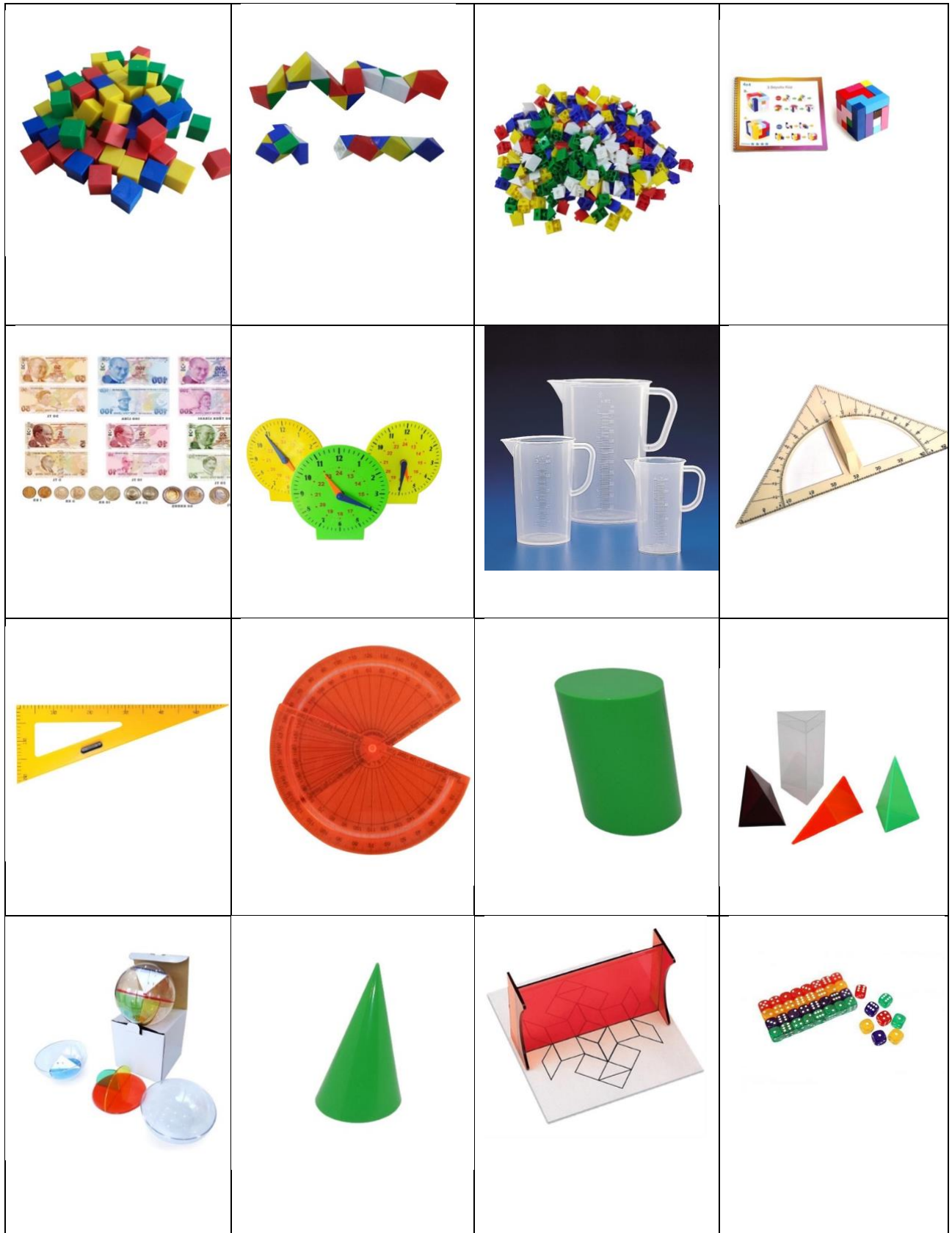
- Domino, J. (2010). *The effects of physical manipulatives on achievement in mathematics in grades k-6: A meta-analysis*. (Doctoral Dissertation). Retrieved from Proquest Dissertations and Theses database.
- Erdem, A., & Öztürk, M. (2023). Manipülatif destekli üstbilişsel planlamaya dayalı öğrenme ortamı tasarımı: Çarpanlar ve katları konusu örneği. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 559-584. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2023..-1099309>
- Golafshani, N. (2013). Teachers' beliefs and teaching mathematics with manipulatives. *Canadian Journal of Education*, 36(3), 137-159.
- Gökmen, A., Budak, A., & Ertekin, E. (2016). İlköğretim öğretmenlerinin matematik öğretiminde somut materyal kullanmaya yönelik inançları ve sonuç beklentileri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 24(3), 859-874.
- Gürbüz, R. (2006). Olasılık kavramlarıyla ilgili geliştirilen öğretim materyallerinin öğrencilerin kavramsal gelişimine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi* 20, 59-68.
- Gürbüz, R. (2007). Olasılık konusunda geliştirilen materyallere dayalı öğretime ilişkin öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Kastamonu Education Journal*, 15(1), 259-270.
- Hidayah, I., Dwijanto, & Istiandaru, A. (2018). Manipulatives and question series for elementary school mathematics teaching on solid geometry. *International Journal of Instruction*, 11(3), 649-662. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11344a>
- Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Kelly, A.C. (2006). Using manipulatives in mathematical problem solving: A performance-based analysis. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 3(2), 184-193.
- Koparan, T., & Özbey, A. (2018). Matematik öğretmeni adaylarının somut materyal geliştirme ve kullanma sürecine yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 277-290.
- Kwon, H., & Capraro, M. M. (2018). The effects of using manipulatives on students' learning in problem posing: The instructors' perspectives. *Journal of Mathematics Education*, 11(2), 35-47.
- Larbi, E., & Mavis, O. (2016). The use of manipulatives in mathematics education. *Journal of Education and practice*, 7(36), 53-61.
- Larbi, E., & Mavis, O. (2016). The Use of Manipulatives in Mathematics Education. *Journal of Education and Practice*, 7(36), 53-61.
- Laski, E. V., Jor'dan, J. R., Daoust, C., & Murray, A. K. (2015). What makes mathematics manipulatives effective? Lessons from cognitive science and Montessori education. *SAGE Open*, 5(2), 2158244015589588.
- Maboya, M. J. (2014). *The relationship between teachers' mathematical knowledge and their classroom practices: a case study on the role of manipulatives in South African primary schools* (Doctoral dissertation, University of the Free State).
- MEB (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni. MEB.
- Moyer, P.S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175-197.
- Moyer-Packenham, P. S., & Bolyard, J. J. (2016). Revisiting the definition of a virtual manipulative. *International perspectives on teaching and learning mathematics with virtual manipulatives*, 3-23.

- Moyer-Packenham, P. S., Westenskow, A., & Salkind, G. (2012). Effects of virtual manipulatives on student achievement and mathematics learning. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Vancouver, Canada.
- Ndlovu, Z.A. & Chiromo, L., (2019). Pre-service mathematics teachers' development process in using manipulatives in number operations. *South African Journal of Childhood Education*, 9(1), 1-11.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. In R. E. Ripple & V. N. Rockcastle (Eds.), *Piaget Rediscovered*, (pp. 7-20).
- Pişkıntunç, M., Durmuş, S., & Akkaya, R. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematik öğretiminde somut materyalleri ve sanal öğrenme nesnelerini kullanma yeterlikleri. *MATDER Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(1), 13-20.
- Puchner, L., Taylor, A., O'Donnell, B., & Fick, K. (2008). Teacher learning and mathematics manipulatives: A collective case study about teacher use of manipulatives in elementary and middle school mathematics lessons. *School Science and Mathematics*, 108(7), 313-325. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17844.x>
- Sawhney, N., & Bansal, S. (2014). Study of awareness of learning disabilities among elementary school teachers. In *Conference: International Education Confer'Education as a Right across the Levels: Challenges, Opportunities and Strategies, New Delhi*.
- Shaw B., (2002). *Manipulatives enhance the learning of mathematics*. Retrieved from <https://www.pdfFiller.com/jsfiller>, 31.08.2022.
- Shukla, P., & Agrawal, G. (2015). Awareness of learning disabilities among teachers of primary schools. *Online Journal of Multidisciplinary Research*, 1(1), 33-38.
- Simon, M. A. (2022). Contributions of the learning through activity theoretical framework to understanding and using manipulatives in the learning and teaching of mathematical concepts. *The Journal of Mathematical Behavior*, 66, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2022.100945>
- Sriraman, B., & English, L. (2005). Theories of mathematics education: A global survey of theoretical frameworks/trends in mathematics education research. *ZDM Mathematics Education*, 37(6), 450-456. doi:10.1007/BF02655853
- Şandır, H. (2016). Investigating preservice mathematics teachers' manipulative material design processes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 2103-2114. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1292a>
- Ummah, S.K. (2017). The abstract form analysis of math concepts based on the multiple representation for pre-service teacher case study in creating math manipulatives. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, 160. 310-314.
- Ünlü, M. (2017). Matematik öğretmen adaylarının matematik derslerinde öğretim materyali kullanımına ilişkin görüşleri. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(1), 10-34. <https://doi.org/10.17244/http-eku-comu-edu-tr.291326>
- Van de Walle, J. A., Karp, S. K., Bay-Williams J. M. (2010). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally*. Pearson Education, Inc.
- Wang, F., & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Yeşildere-İmre, S. (2020). Etkinlik tasarlama ilkeleri. Y. Dede, M. F. Doğan ve F. Aslan-Tutak (Ed.). *Matematik eğitiminde etkinlikler ve uygulamaları içinde* (s. 165-188). Pegem Akademi Yayıncılık.

EK-1 Somut Manipülatif Bilgi Formu

Aşağıda görselleri verilen manipülatiflerin isimlerini yazınız.



Reflections of Mathematics Teacher Candidates in a Mathematics Teaching Environment Enriched with Concrete Manipulatives

Gülçin Oflaz¹ 
Duygu Altaylı Özgül^{2*} 
Kübra Polat³ 

¹ Sivas Cumhuriyet University,
Department of Mathematics and
Science Education, Sivas, Türkiye
erengulcin3@hotmail.com

² Sivas Cumhuriyet University,
Department of Mathematics and
Science Education, Sivas, Türkiye
altayliduygu@gmail.com

³ Sivas Cumhuriyet University,
Department of Mathematics and
Science Education, Sivas, Türkiye
kubrapolat@hotmail.com.tr

*Corresponding Author

Received: 27.01.2025
Accepted: 20.02.2025
Available Online: xx.xx.202x

Abstract:

The purpose of this study is to find out how much primary school math teacher candidates know about concrete manipulatives and to look at the results of a teaching environment that used concrete manipulatives. Additionally, we examined the effects of interventions aimed at preparing activities enriched with concrete manipulatives (ECMA) on the activities developed by the teacher candidates. The study employed the design research model. The study was conducted within a 15-week cycle of designing, creating, and improving activities. The study group of the research consists of 54 teacher candidates who are in the 3rd year of the primary school mathematics teaching program at the Faculty of Education of a university in the Central Anatolia Region. We collected the data for the research using a concrete manipulative knowledge form, an activity evaluation rubric, and a process evaluation form. The research showed that the teachers candidates didn't know enough about and weren't good at using concrete manipulatives. However, these problems could be fixed with training that focused on ECMA. This training helped teacher candidates improve their skills in designing activities using concrete manipulatives, and it particularly enhanced the quality of the activities they created in the fields of algebra and geometry learning. It has been suggested that effective manipulative use programs should be created for first-year college students in order to make them more common in math classes and to improve the conceptual knowledge and teaching skills of people who want to become teachers.

Keyword: Concrete Manipulative, Teacher Candidate, Design Research, Mathematics Education

INTRODUCTION

One of the goals of mathematics education is for students to develop mathematical concepts through real and concrete experiences. In this context, the aim is to prioritize student-centered methods, techniques, and strategies over traditional approaches in mathematics education. The mathematics curriculum proposes the development of learning environments that encourage students to explore and make sense of knowledge, supporting abstract concepts with concrete models. Indeed, in the Maarif Model, mathematics education is structured around five core skill areas: mathematical reasoning, mathematical problem solving, mathematical representation, data handling and data-based decision-making, and the use of mathematical tools and technology. These area skills have been developed by building upon conceptual skills to create a broader integrated skill set. For tasks and situations that general skills alone can't handle, mathematics-specific integrated skills are defined. Conceptual skills and domain-specific mathematics skills are expected to interact closely, reinforcing each other and deepening students' mathematical thinking (Ministry of National Education [MoNE], 2024). However, the abstract nature of mathematical concepts often makes them challenging for students to grasp. Therefore, we need to support the teaching of these concepts with concrete manipulatives. In this process, students are expected to actively participate in learning, interact with these manipulatives, and exchange ideas with their peers to construct their own knowledge.

Concrete manipulatives are mathematical tools and objects or images encountered in daily life designed to concretize abstract mathematical concepts (Van de Walle, 2010). These tools support learning mathematics visually, tactilely, and generally sensorially, and they offer students the opportunity to explore abstract mathematical concepts in a more concrete way (Bartolini & Martignone, 2020). Manipulatives used to learn mathematical ideas or processes don't have to be expensive educational tools, such as symmetry mirrors to teach symmetry or unit cubes to teach volume. They can also be simple things people find daily, like sticks and beans (Golafshani, 2013; Hiebert & Carpenter, 1992; Moyer, 2001). Especially in the primary school years, when students are developing their first mathematical concepts, the use of concrete manipulatives

contributes to the development of reasoning and problem-solving skills (Kelly, 2006). Students have the opportunity to relate mathematical concepts to real-life knowledge by reflecting on manipulatives, which supports conceptual learning and helps the learned information be retained in memory for a longer period of time (Brecht, 2000; Domino, 2010). Additionally, students who develop a deep understanding of concepts experience fewer contradictions in their minds, and this understanding helps minimize the need to memorize rules (Shaw, 2002). In conclusion, concrete manipulatives help make mathematical ideas more real, giving students a solid base to really understand these ideas and building on what they already know to help them learn more math.

Since concrete manipulatives are objects that students can physically grasp and manipulate, they promote active participation in the learning environment (Gürbüz, 2007; Larbi & Mavis, 2016). Reinforcing mathematical concepts with concrete experiences develops students' abstract thinking skills and enhances long-term retention. In this situation, math education theorists who lay out the basic rules all agree that to learn abstract mathematical ideas, one should first learn about real-world objects and then use different mental processes to turn this knowledge into abstract forms (Bruner, 1966; Dienes, 1971; Piaget, 1964). Concrete objects help students make connections between the real world and the mathematical world, and this interaction constitutes the first stage of abstraction (Dienes, 1971). Piaget (1964) stated that individuals should be active in the learning process and acquire knowledge by abstracting from concrete experiences. So, the mental and physical actions that students learn through concrete manipulatives help them think about and abstract mathematical relationships and knowledge. This helps them improve their mathematical thinking skills (Kwon & Capraro, 2018; Sriraman & English, 2005).

Studies show that incorporating real-world objects into the classroom improves students' math performance and increases their enjoyment of the subject (Boggan, Harper & Whitmire, 2010; Clements, 1999; Cope, 2015; Erdem & Öztürk, 2023; Golafshani, 2013; Gürbüz, 2006; Koparan & Özbey, 2018; Kwon & Capraro, 2018; Moyer-Packenham et al., 2012; Larbi & Mavis, 2016; Laski et al., 2015). The effective use of concrete manipulatives in lessons largely depends on mathematics teachers' knowledge, skills, and experience in this area (Brecht, 2000; Maboya, 2014; Moyer, 2001). Despite the general belief that manipulatives facilitate and enhance mathematics teaching, it is important to acknowledge that they are not magical as concrete manipulatives do not have meaning on their own (Ball, 1992). What students take away from manipulatives—and how well they connect to mathematical concepts—depends on the teacher's expertise and the context in which they are used (Ahmad, 2024). In order for concrete manipulatives to be effective in mathematics teaching, teachers need to possess the knowledge and skills to select appropriate manipulatives and use them effectively (Pişkıntunç, Durmuş & Akkaya, 2012; Puchner et al., 2008). Teacher candidates' past experiences and attitudes toward mathematics and its instruction significantly influence their future teaching practices. The quality and content of the courses students take during their university education will have a significant impact on the teacher's qualifications (Büyükgöze Kavas & Bugay, 2009). In this context, the content of the courses not only enhances the student's level of knowledge but also provides opportunities for the teacher to improve their teaching competencies. Thus, teacher candidates not only gain in-depth knowledge but also learn various teaching strategies and methods, shaping their own teaching skills. Therefore, we cannot expect teacher candidates who have received traditional education to adopt different teaching techniques when they begin their profession. So, the quality of their teaching when they start their career is directly related to their undergraduate education. Many teacher candidates do not gain experience working with concrete manipulatives throughout their educational lives. The ability of these candidates to effectively use concrete manipulatives in their teaching careers depends on the development of their knowledge and skills regarding these tools during their undergraduate education. Therefore, it is of great importance for teacher educators to incorporate the use of concrete manipulatives in their lessons (Çakıroğlu & Yıldız, 2007). Studies conducted on this subject suggest that teachers, teacher candidates, and teacher educators should receive training, especially on the use of newly developed concrete manipulatives. It is recommended that teacher candidates practice designing activities using concrete manipulatives in mathematics teaching courses (Akkan & Çakır, 2012; Çetin et al., 2019; Gökmen, Budak & Ertekin, 2016; Pişkıntunç et al., 2012). Indeed, it is noted that teachers tend to use concrete manipulatives in their classrooms that they used during their own schooling or that are familiar to them, while instructors who have never used concrete manipulatives tend to avoid using them in their lessons (Çakıroğlu & Yıldız, 2007; Gökmen et al., 2016).

Since students learn more effectively when they understand mathematical concepts through real and concrete experiences, the use of concrete manipulatives in lessons is particularly encouraged at the elementary and middle school levels. However, it is also known that teachers and teacher candidates have limited experience in selecting appropriate concrete manipulatives and associating them with mathematical concepts. It is not possible for teachers and teacher candidates to use concrete manipulatives at the expected level if they

do not know why they are used or if they have trouble making mathematical ideas real with these tools. In other words, they need to have enough experience with these tools before they can use them in the classroom. Therefore, incorporating more concrete manipulatives into math teaching courses, creating learning environments that promote their use, and providing hands-on experiences can enhance teacher candidates' understanding of how to use these tools effectively—contributing valuable insights to the field. In this study, the level of knowledge of potential math teachers about concrete manipulatives was found, and a teaching environment rich in concrete manipulatives was created, along with reflections from this lesson environment.

The Problem and Sub-Problems of the Research

How can primary school mathematics teacher candidates develop their skills in designing learning environments enriched with concrete manipulatives?

1. What level of scores do primary school mathematics teacher candidates achieve in the learning areas of numbers and operations, algebra, geometry, and measurement activities they have prepared?

1.1. Is there a significant difference in the scores obtained by primary school mathematics teacher candidates across the learning areas of numbers and operations, algebra, geometry, and measurement?

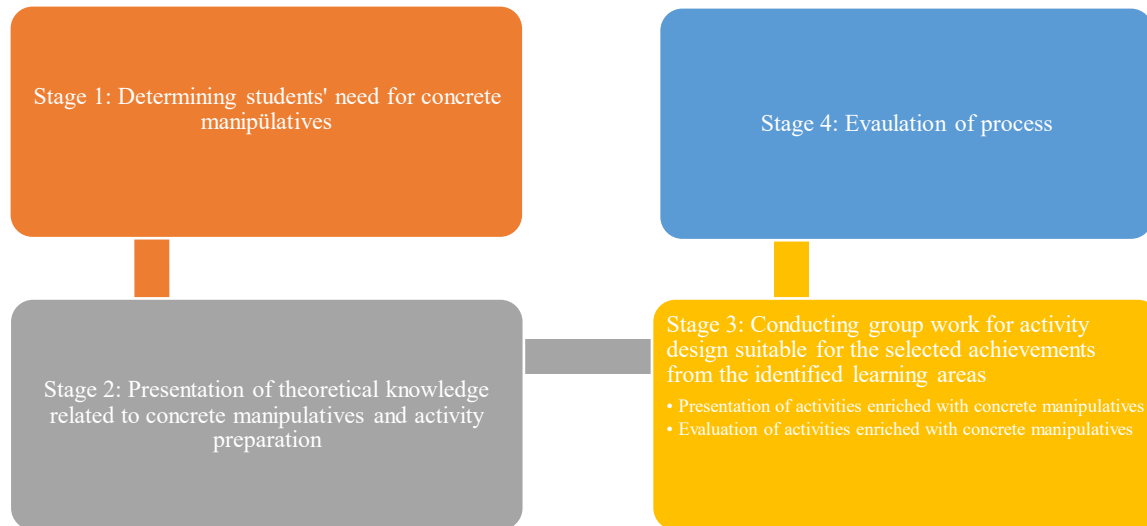
2. How is the distribution of the scores that primary school mathematics teacher candidates receive from the activity evaluation rubric according to the learning areas?

3. What are the views of primary school mathematics teacher candidates regarding the instructional design prepared to support the use of concrete manipulatives?

METHOD

Research Design

The model of this research is design-based research. Design-based research focuses on finding practical solutions to problems and making learning interventions that work. These interventions are then used and tested in real educational settings (Demo et al., 2021). In this research, the interventions that were used to help teacher candidates make activities more fun with concrete manipulatives and how these interventions affected the activities that the teacher candidates made were examined. In design-based research, individuals involved in the problem collaborate to find solutions (Wang & Hannafin, 2005). In this study, teacher candidates and researchers worked collaboratively in the preparation of ECMAs. The researchers and other teacher candidates provided feedback on the activities prepared by the teacher candidates during the process, and efforts were made to improve the activity development process. In design research, an iterative process is involved (Demo et al., 2021). This study conducted a 15-week cycle of activity design, activity creation, and activity improvement. Design research combines different methodologies to carry out multiple data collection processes, aiming to understand a single phenomenon (Wang & Hannafin, 2005). To investigate the types of support provided to teacher candidates during ECMA preparation and the impact of this support on their activities, both qualitative and quantitative data were collected. Qualitative data were obtained as a result of interviews with teacher candidates, while quantitative data were obtained through the evaluation of the activities prepared by the teacher candidates using an activity evaluation rubric. Figure 1 presents the stages involved in this design research. The first phase of the research is a needs analysis for preparing the ECMA. At this stage, we have attempted to identify the teacher candidates' knowledge regarding concrete manipulatives and their corresponding needs. To determine the needs of teacher candidates, an interview form containing questions about the names of concrete manipulatives and the learning areas in which they are used was utilized. When the responses given by the 43 teacher candidates who participated in the interview were examined (Table 1); it was observed that in the area of numbers and operations, 36 teacher candidates scored 0-5 points, and 7 teacher candidates scored 6-10 points in the area of algebra, 41 teacher candidates scored 0-5 points, and 2 teacher candidates scored 6-10 points. We have determined that the teacher candidates' knowledge of manipulatives in these learning areas is quite low. However, in the area of geometry and measurement, one teacher candidate scored 0-5 points, 36 teacher candidates scored 6-10 points, and 6 teacher candidates scored 11-15 points. In this case, it can be said that the teacher candidates have more knowledge about manipulatives in the geometry and measurement learning areas than in other areas. However, the score in this area is also insufficient, so manipulative enriched instruction is needed in all three learning areas.

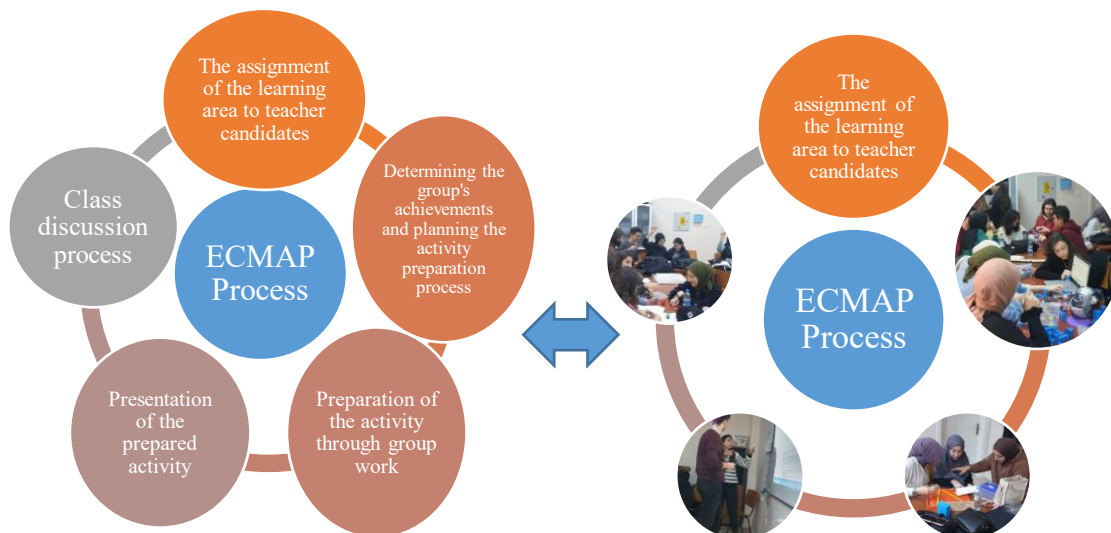
Figure 1*Design Research Stages***Table 1***Responses of Teacher Candidates to the Manipulative Information Form*

Score	Numbers and Operations Learning Area (f) (f)	Algebra Learning Area (f)	Geometry and Measurement Learning Area (f)
0-5	36	41	1
6-10	7	2	36
11-15	-	-	6
16-20	-	-	-
Total	43	43	43

The second phase involves presenting theoretical knowledge about concrete manipulatives and activity preparation to teacher candidates over a period of five weeks. In this phase, the content of the theoretical knowledge provided to the teacher candidates is presented in Table 2. In the third phase, the groups that were formed over a period of 10 weeks designed activities that were suitable for the selected achievements in the learning areas. At this stage, we assigned the teacher candidates a learning area and prepared an activity every two weeks. In this learning area, the teacher candidates have determined an achievement based on the class level of their choice. They have planned the process of preparing an activity according to the achievement they have chosen, and they have presented their activities as a group. The entire class examined and discussed the presented activity, sharing ideas related to it. The ECMA cycle has worked for each of the learning areas in order: numbers and operations, algebra, geometry, and measurement. After the learning area was assigned to the teacher candidates, they were able to work in the classroom with concrete manipulatives at their convenience for a week. Figure 2 schematizes the groups' process of preparing the ECMA [ECMAP]. In the fourth stage, teacher candidates provided feedback on the process using the process evaluation form.

Table 2*The Content of Theoretical Knowledge Given to Teacher Candidates*

Week	Theoretical content	Process
1	The theoretical foundations of the concept of activity	The theoretical foundations of the concept of activity have been provided.
2	The historical development of the activity	The historical development of mathematical activities has been examined.
3	Principles of activity design	The principles of activity design have been demonstrated with examples.
4	Interdisciplinary activities in mathematics education	Examples of STEM activities in mathematics education have been provided. The achievements in the middle school mathematics curriculum have been examined according to classes and learning areas.
5	Manipulatives and the introduction of the middle school mathematics curriculum	General information about manipulators has been provided. Examples of concrete manipulatives have been shown, and a sample activity has been presented. Group discussions have been held on the applicability of the given concrete manipulatives to the learning outcomes in the area of numbers and operations.

Figure 2*ECMA Preparation Process***Study Group**

The study group of the research consists of 54 teacher candidates who are in the 3rd year of the primary school mathematics teaching program at the Faculty of Education of a university in the Central Anatolia Region. We determined the study group using the criterion sampling technique. The criterion determined in this study is that the teacher candidates have completed part of the courses on mathematics teaching and learning approaches and are continuing to take courses related to the teaching of mathematics learning areas. Thus, it is expected that they will relate the knowledge and experiences they have gained in preparing activities enriched with concrete manipulatives to other mathematics teaching

courses. At the beginning of the implementation, we divided the teacher candidates into 10 groups based on their preferences. No changes were made to these groups during the application period.

The Role of the Researcher

One of the researchers working on this study was responsible for identifying the needs of the teacher candidates (Phase 1), teaching theoretical concepts related to real-world manipulatives and planning activities (Phase 2), and leading groups in designing activities that aligned with the selected learning areas (Phase 3). Other researchers were involved in the evaluation phase (Phase 4) of the activities prepared by the teacher candidates regarding concrete manipulatives and the process of gathering feedback from the teacher candidates. All the researchers participated in reporting and data analysis.

Data Collection Tools and Data Analysis

In this study, researchers primarily used the *"Concrete Manipulative Knowledge Form"* to identify the needs of teacher candidates. The form includes visuals of manipulatives suitable for various learning areas in mathematics education. We asked the teacher candidates for the names of these manipulatives (Appendix-1). Based on the answers to this form, the needs of the teacher candidates were found when it comes to manipulatives. Theoretical information about manipulatives and planning activities was then given in line with these needs. The researchers also used an activity evaluation rubric that they made based on the activity design principles summed up by Yeşildere İmre (2020, p.176) to collect data for this study (Table 3). In total, teacher candidates worked in groups of 5-6, forming 10 groups, and each group prepared an activity for each of the learning areas: numbers and operations, algebra, geometry, and measurement. In this case, a total of 30 activities related to the three learning areas were evaluated by the researchers. Firstly, the activities developed by the teacher candidates working in 10 groups were scored by the researchers using an evaluation rubric. This rubric consisted of six main criteria: an analysis of the activity's goals, the purpose of designing the activity, an assessment of student knowledge, the choice of examples to be looked at in the activity, the writing of instructions, the evaluation, and the design of the process for putting the activity into action. Each criterion included sub-criteria, and activities were scored on a three-point scale (0, 1, or 2 points), with a maximum possible score of 20 points. The findings section presents descriptive information regarding the scores obtained from the activities prepared by the groups in each learning area. To determine whether there were significant differences in scores, researchers first assessed whether the data followed a normal distribution. Since the scores did not exhibit a normal distribution, the Wilcoxon Signed-Rank nonparametric test was conducted.

Table 3

Activity Evaluation Rubric

Design principles	Criteria	Point		
		Empty - inappropriate (0 points)	Partially (1 point)	Full (2 points)
1. Analysis of the targeted outcome of the activity	1.1. The relationship between activity and achievement			
	1.2. Do not consider the warnings included in the achievement			
2. The purpose of designing the activity	2.1. The alignment of the learning outcome and the purpose of the activity			
	2.2. Use of concrete manipulatives appropriate for the achievement			
3. Evaluation of student information	3.1. Designing the activity to prevent possible student difficulties			

3.2. Taking into account students' prior knowledge in the activity

Table 3 (Continued)

Design principles	Criteria	Point		
		Empty - inappropriate (0 points)	Partially (1 point)	Full (2 points)
4. Selection of examples to be examined in the activity and writing of guidelines	4.1. The questions in the activity should be prepared to explore the relationship that students are expected to discover			
	4.2. The instructions in the activity should be sufficient and clear			
5. Evaluation	Determining the evaluation criteria that consider students successful in the activity			
6. Design of the activity implementation process	Activity design that takes into account the contexts of class, student, teacher, and activity			

We collected the written opinions of teacher candidates using a structured interview form to evaluate the post-implementation process. We asked teacher candidates in the form, "What are your views on the ECMA instructional design?" and then conducted content analysis on the obtained data.

Validity-Reliability

In qualitative research, ensuring credibility (external reliability) is most effectively achieved when researchers control their biases and engage in prolonged interaction to better understand the group under study (Başkale, 2016). The researchers in this study have a long-standing relationship with the group under study. In this regard, the researchers effectively managed their biases, allowing the students to freely express themselves. The credibility of the research is further supported by data collected through interviews and activities designed by teacher candidates. Additionally, feedback was obtained from academics working in the field of mathematics education during the development of data collection tools and the interpretation of the data. To enhance internal reliability (consistency), the analysis and interpretation of the data were conducted collaboratively by three researchers. In terms of the transferability (external validity) of the results, the inclusion criteria and the established criteria for the study group have been explained in detail within the study group. Additionally, the research methods, implementation process, and analysis process have also been presented in detail. Providing sufficient evidence regarding the accuracy of the data strengthens external reliability (confirmability).

Ethics Committee Approval

Ethical committee approval was obtained in the decision numbered E-60263016-050.06.04-213749, dated 30.09.2022, from the Social and Human Sciences Ethics Committee of Sivas Cumhuriyet University Scientific Research and Publication Ethics.

RESULTS

The scores obtained by teacher candidates from the activities they prepared in the areas of numbers and operations, algebra, geometry, and measurement are presented in Figure 3. According to Figure 3, teacher candidates received the lowest scores in the area of numbers and operations and the highest scores in the activities of the geometry and measurement learning areas. While no group received full points in the area of

numbers and operations, all groups received full or near-full points in the area of geometry and measurement. Furthermore, with the exception of Group 3, all groups showed an increase in their activity scores. A significant difference was observed between activity scores in the following learning areas of algebra—numbers and operations ($z = -4.620$; $p < 0.001$), geometry and measurement—numbers and operations ($z = -6.045$; $p < 0.001$), and geometry and measurement—algebra ($z = -5.808$; $p < 0.001$). These differences were identified through the descriptive statistics of the Wilcoxon Signed-Rank test. To determine which measurement this significant difference favors, the Ranks Table is presented in Table 4. As shown in Table 4, the mean rank value for the difference scores between algebra and numbers and operations indicates that the value for negative ranks is higher than that for positive ranks. Accordingly, it can be said that the teacher candidates received higher scores from the activities they developed in the algebra learning area compared to the activities they developed in the numbers and operations learning area. Similarly, it was observed that the groups' scores in the geometry and measurement learning areas are higher than their scores in the numbers, operations, and algebra learning areas. Based on the data obtained within the scope of the second subproblem of the study, the distribution of the scores received by teacher candidates for activity development criteria according to learning areas is presented in Figure 4.

Figure 3

The Scores Obtained by Groups from Activities Developed According to Learning Areas

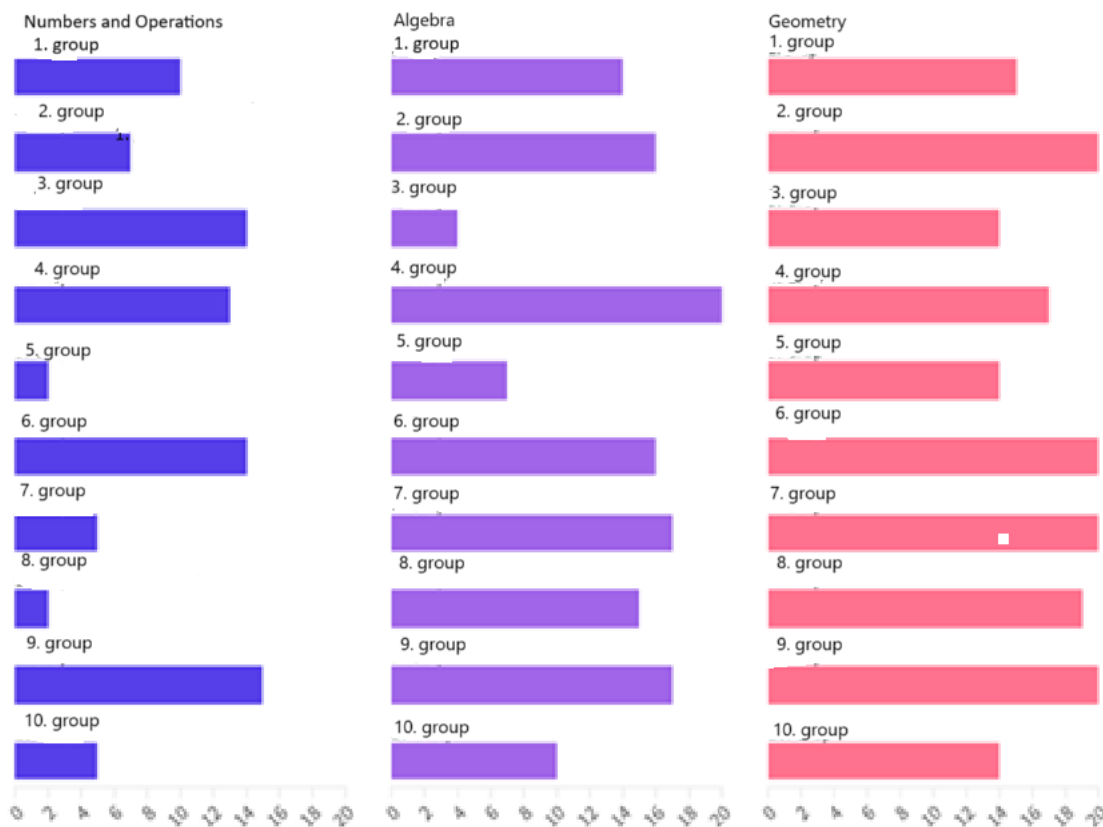


Table 4

Wilcoxon Signed-Rank Test

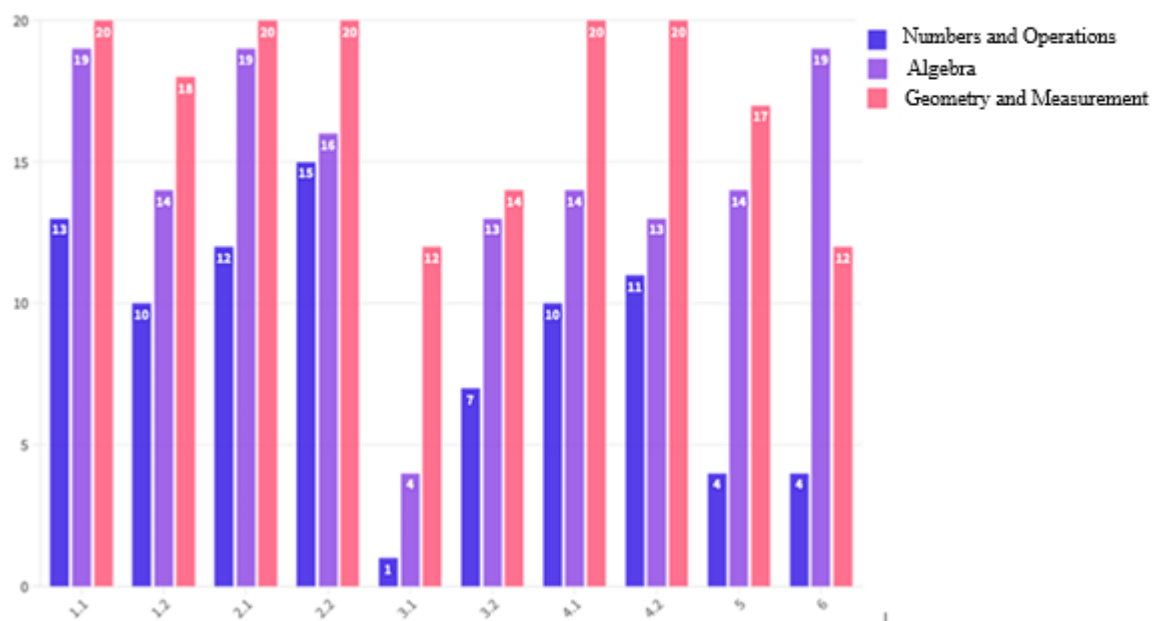
		N	Average Rank	Sum of Rows
Algebra-Numbers and Operations	Negative Rows	5	39,00	195,00
	Positive Rows	48	25,75	1236,00
	Equal	0		
	Total	53		
Geometry and Measurement – Numbers and Operations	Negative Rows	0	,00	,00
	Positive Rows	48	24,50	1176,00
	Equal	5		
	Total	53		
Geometry and Measurement	Negative Rows	5	13,50	67,50

- Algebra	Positive Rows	48	28,41	1363,50
	Equal	0		
	Total	53		

According to Figure 4, we can see that the teacher candidates did not do well on the tasks of planning the activity to make sure students did not have any problems with learning in all three areas (3.1), coming up with criteria for judging how well students did in the activity (5), and planning the activity with the class, student, teacher, and activity in mind (6). Additionally, while an increase in scores was observed for criteria 5 and 6, the increase in scores for criterion 3.1 was more limited compared to the other criteria. Again, based on the scores they received in the three learning areas, it was generally observed that the lowest scores were in numbers and operations, while the highest scores were in geometry and measurement across all criteria. It was determined that the highest score in the sixth criterion was in the algebra learning area. In the areas of geometry and measurement, the groups got full marks for establishing a link between the activity and the learning outcome (1.1), making sure that the purpose of the outcome and the activity were aligned (2.1), using real-world tools that were appropriate for the outcome (2.2), planning questions for the activity that would help students find the relationships they were supposed to (4.1), and making sure that the instructions for the activity were sufficient and clear (4.2). In addition, the teacher candidates scored high in all three learning areas for the 1.1 and 2.2 criteria. The criteria-based activities developed by teacher candidates have improved over time.

Figure 4

Distribution of Teacher Candidates' Scores by Learning Areas



Regarding the third sub-problem, the opinions of teacher candidates on the ECMA instructional design provided to support the use of concrete manipulatives are presented in Table 5.

When the opinions in Table 5 are examined, the Positive category includes codes such as "activation, engaging, supporting group work, developing a positive attitude, and concretization," while the Negative category includes codes such as "inability to prepare activities according to criteria, long preparation time, and unfamiliarity with concrete materials." It can be said that the ECMA design is particularly viewed positively in terms of supporting group work and transforming theoretical knowledge into practice for teacher candidates. However, the teacher candidates stated that they had difficulties in preparing activities that met the criteria and in recognizing concrete materials, and that preparing tasks took up a lot of their time.

Table 5*The views of teacher candidates on the instructional design of ECMA*

Category	Code	f	The expression "öğretmen adayı"
Positive	Activation	18	<i>We were active at every stage of activity development throughout the period.</i>
	Interesting	25	<i>We saw many manipulatives we didn't know before as part of the course. It was very interesting, we liked it.</i>
	Supporting group work	32	<i>It was better to work in a group while preparing the activity. We complemented each other's shortcomings. Better things emerged.</i>
	Developing a positive attitude	22	<i>While developing an activity seemed very difficult, we realized that we could develop an activity within the scope of this course.</i>
	Concretization	29	<i>We had the opportunity to apply the theoretical knowledge we had previously acquired through the practices and feedback we received in this course. In a way, we have made our knowledge concrete.</i>
Negative	Inability to prepare an activity that meets the criteria	10	<i>We had difficulty integrating some criteria into the activity.</i>
	Long preparation time	38	<i>Preparing an activity that meets the criteria took a lot of our time both during and outside of class.</i>
	Failure to recognize tangible materials	30	<i>We had never seen some manipulatives before. We need to do more research on how to prepare an activity with them.</i>

DISCUSSION, CONCLUSION, RECOMMENDATIONS

Using concrete manipulatives to teach challenging and abstract mathematical concepts enables students to develop a deeper understanding and establish conceptual connections (Hiebert & Carpenter, 1992). The most meaningful learning experiences occur when students actively make sense of mathematical concepts and construct their own understanding. Manipulatives help students understand math concepts better by putting abstract ideas into real-world situations and making the learning process more interactive (Boggan et al., 2010). Therefore, the inclusion of concrete materials in the learning process has the potential to create student-centered learning environments that make understanding permanent. In this context, it is important for teachers and teacher candidates to be able to incorporate manipulatives into the learning environment for effective mathematics teaching.

The goal of this study was to assess math teacher candidates' knowledge of concrete manipulatives and support them in developing strategies for their effective use in the classroom. The needs analysis revealed that teacher candidates had limited knowledge and experience with concrete manipulatives. Researchers have found that teachers appreciate the use of manipulatives but don't know how to use them properly (Burns & Hamm, 2011; Hidayah, Dwijanto & Istiandaru, 2018; Puchner, Taylor, O'Donnell & Fick, 2008). Additionally, teachers find it challenging to design lessons that effectively integrate manipulatives and struggle to create manipulatives that incorporate mathematical facts and principles (Ummah, 2017).

In this study, interviews conducted with teacher candidates revealed that they do not have sufficient knowledge about manipulatives and experience difficulties in preparing activities using them. This finding highlights the need to place greater emphasis on manipulatives and real-life examples of their effective use in teacher education programs. It is well-known that a significant number of teacher candidates lack hands-on experience with concrete manipulatives throughout their educational journey. It is clear that teacher educators should put more emphasis on using concrete manipulatives in their lessons. This is because candidates' ability to use these materials effectively in their classes depends largely on the knowledge and practice they acquire during their college education. Studies in this area show how important it is to train teachers, teacher

candidates, and teacher educators, especially in how to use new concrete manipulatives effectively (Akkan & Çakır, 2012; Çetin et al., 2019; Gökmen et al., 2016; Pişkintunç et al., 2012). Additionally, incorporating activity design using manipulatives in mathematics teaching courses allows teacher candidates to gain hands-on experience, improving their instructional skills. This situation will support teacher candidates in combining theoretical knowledge with practical skills, enabling them to use more effective tools in the teaching-learning process. Indeed, Simon (2022) underscored the importance of using manipulatives in conjunction with the most suitable methods to enhance learning and knowledge transfer.

As a result of examining the activities prepared by the teacher candidates, it was determined that they received the highest scores in the fields of geometry and measurement. There could be two reasons for this situation. The first reason can be explained by the fact that the field of learning geometry contains more concrete concepts that are easier to relate to daily life compared to the fields of learning numbers and operations and algebra, and that there is greater familiarity with the use of manipulatives used in this field. Indeed, in the study by Gökmen et al. (2016), classroom and mathematics teachers indicated that they used geometric solids most frequently in mathematics lessons. Additionally, based on the teachers' statements, it is understood that the more frequent preference for these learning objects is related to the easy accessibility of the materials and the teachers' familiarity with them. Similarly, the high scores that teacher candidates got for the geometry learning activities they created can be explained by the fact that they used geometry manipulatives more often while they were in school and learned how to use them better. Supporting this idea, Ünlü (2017) also noted that teacher candidates expressed the most intention to use geometry manipulatives. The second reason for these high scores may be the positive impact of training. When looking at the research that has been done on the positive effects of education, it is noted that teacher candidates' use of manipulatives gets better after training (Ndlovu & Chiromo, 2019) and that their professional knowledge and teaching skills can improve during training (Şandır, 2016). The research shows that even though the teacher candidates said they didn't know as much about manipulatives in the algebra learning area on the manipulative knowledge form, the activities they planned for this area got them higher scores than those they planned for the numbers and operations area. Indeed, Simon (2022) mentions that while the researcher can clearly see the relationship between manipulatives and mathematical concepts, the student may not be able to perceive it. Therefore, teacher candidates may have struggled to see this relationship in manipulatives related to numbers and operations, and they may not have been able to design effective activities. Additionally, the training provided may have contributed to the development of teacher candidates' knowledge and skills in using manipulatives, enabling them to design more successful activities in algebra. This aligns with the findings of Ndlovu and Chiromo (2019), who observed that manipulative use improved over time, particularly in working with whole numbers and integers. Similarly, Larbi and Mavis (2016) state that the use of manipulatives in algebra instruction increases students' active participation in class, enhances their interest in learning mathematics, and helps them better understand mathematical concepts. Their study emphasizes that using algebra tiles correctly helps students understand algebraic ideas better and helps them develop a positive view of math. Regardless of the area of math being studied, these results show that using manipulatives correctly is very important for improving conceptual understanding and strengthening learning.

When the activities designed by teacher candidates were examined according to the specified criteria, it was observed that the ECMA instructional design provided an improvement in the quality of the activities. The criteria-based evaluations showed that geometry and measurement scored highest and numbers and operations scored lowest. Teacher candidates scored high in all three learning areas, particularly in the criteria of activity-outcome relationship and outcome-concrete manipulative relationship. This situation indicates that the teacher candidates can correctly analyze mathematical content by considering the cognitive level required by the achievements and can design activities accordingly by selecting appropriate manipulatives. Additionally, the activity development and material development courses they had taken in previous semesters likely contributed to these skills. However, teacher candidates struggled in the numbers and operations area, particularly in designing activities that would help students learn without any problems, establishing clear success criteria, and creating activities that account for classroom dynamics, student needs, teacher roles, and activity implementation. The provided ECMA instructional design contributed to addressing the deficiencies of teacher candidates in determining evaluation criteria for an activity and designing it in accordance with its context. However, it did not lead to the desired level of improvement in designing activities to prevent possible learning difficulties. This challenge may be attributed to the low awareness of learning difficulties among teachers and teacher candidates (Sawhney & Bansal, 2014; Shukla & Agrawal, 2015). It may also stem from insufficient coverage of learning difficulties in teacher training programs and the limited time allocated to implementing the ECMA instructional design.

Interviews conducted with teacher candidates after the practice reveal that the ECMA instructional design positively contributes to supporting group work and transferring theoretical knowledge to practical applications. However, the teacher candidates stated that they faced difficulties in preparing activities that met the specified criteria and in recognizing concrete materials. They also mentioned that preparing activities took a significant amount of time. This situation is similar to studies showing that teachers report not using materials because they do not have enough time (Gökmen et al., 2016; Koparan & Özbey, 2018; Ünlü, 2017).

The effective use of manipulatives in mathematics teaching helps students better understand abstract concepts and establish deeper conceptual connections. In this study, it has been observed that teacher candidates lack knowledge and skills related to manipulatives, but these deficiencies can be addressed with appropriate training. The candidates performed better, especially in learning geometry. This is likely because they connected it with real-world concepts and had more opportunities to use manipulatives. On the other hand, it is understood that teacher candidates need more support in algebra and numbers and that there should be greater emphasis on practices aimed at learning the effective use of manipulatives in these areas. In this context, it is recommended to develop programs in teacher candidates' undergraduate education that will enhance their knowledge and skills related to the use of manipulatives. Faculty members in education departments can introduce manipulatives in their courses and provide more opportunities for practical applications related to the use of these materials. In mathematics education, the effective use of manipulatives in all learning areas, such as geometry, algebra, numbers, and operations will strengthen conceptual understanding and increase student engagement, making mathematics more accessible. In future studies, a specially designed training program can be implemented to help teacher candidates address potential learning difficulties and consider the classroom context while developing activities. We also recommend implementing a teaching design similar to ECMA with mathematics teachers and evaluating the effectiveness of this training. In line with these recommendations, the widespread use of manipulatives in mathematics education is considered an important step toward creating more effective and lasting learning environments.

REFERENCES

- Ahmad, S. (2024). *Effect of an instructional model “utilizing hands-on learning concrete and virtual manipulatives” on fifth-grade students’ academic achievement in mathematics* [Doctoral dissertation]. Universität Würzburg.
- Akkan, Y., & Çakır, Z. (2012). Pre-service classroom teachers opinions on using different manipulatives in mathematics teaching. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 1(1), 68-83.
- Ball, D. L. (1992). Magical hopes: Manipulatives and the reform of math education. *American Educator: the professional journal of the American Federation of Teachers*, 16(2), 14-18.
- Bartolini, M. G., & Martignone, F. (2020). Manipulatives in mathematics education. *Encyclopedia of Mathematics Education*, 487-494. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0>
- Başkale, H. (2016). Nitel araştırmalarda geçerlik, güvenirlik ve örneklem büyüklüğünün belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 9(1), 23-28.
- Boggan, M., Harper, S., & Whitmire, A. (2010). Using manipulatives to teach elementary mathematics. *Journal of Instructional pedagogies*, 3, 1-6.
- Bouck, E. C., & Park, J. (2018). A systematic review of the literature on mathematics manipulatives to support students with disabilities. *Education and Treatment of Children*, 41(1), 65-106.
- Brencht, L.J. (2000). *The relative effects of cooperative learning, manipulatives and the combination of cooperative learning and manipulative on fourth graders’ conceptual knowledge, computation knowledge and problem solving skills in multiplication*. (Doctoral Dissertation). Retrieved from Proquest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9985585).
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burns, B.A., & Hamm, E.M. (2011). A comparison of concrete and virtual manipulative use in third- and fourth-grade mathematics. *School Science and Mathematics*, 111, 256-261. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00086.x>
- Büyükgöze Kavas, A., & Bugay, A. (2009). Öğretmen adaylarının hizmet öncesi eğitimlerinde gördükleri eksiklikler ve çözüm önerileri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 13-21.
- Clements, D. H. (1999). Concrete’manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(1), 45-60.
- Cope, L. (2015). Math manipulatives: Making the abstract tangible. *Delta Journal of Education*, 5(1), 10-19.
- Çakıroğlu, E., & Yıldız, B. T. (2007). Turkish preservice teachers’ views about manipulative use in mathematics education. In C. S. Sunal & M. Kagendo (Eds.), *The Enterprise of Education*, (pp. 275-289). Information Age Publishing Inc.
- Çetin, H., Aydın, S., & Yazar, M. İ. (2019). Ortaokul matematik öğretmenlerinin manipülatif kullanımına ilişkin tutumlarının ve ihtiyaçlarının incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 10(17), 1179-1200. <https://doi.org/10.26466/opus.525024>

- Demo, H., Garzetti, M., Santi, G., Tarini, G. (2021). Learning mathematics in an inclusive and open environment: An interdisciplinary approach. *Education Sciences*, 11(5), 199. <https://doi.org/10.3390/educsci11050199>
- Dienes, Z. P. (1971). An example of the passage from the concrete to the manipulation of formal systems. *Educational Studies in Mathematics*, 3, 337-352.
- Domino, J. (2010). *The effects of physical manipulatives on achievement in mathematics in grades k-6: A meta-analysis*. (Doctoral Dissertation). Retrieved from Proquest Dissertations and Theses database.
- Erdem, A., & Öztürk, M. (2023). Manipülatif destekli üstbilişsel planlamaya dayalı öğrenme ortamı tasarımı: Çarpanlar ve katları konusu örneği. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 559-584. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2023..-1099309>
- Golafshani, N. (2013). Teachers' beliefs and teaching mathematics with manipulatives. *Canadian Journal of Education*, 36(3), 137-159.
- Gökmen, A., Budak, A., & Ertekin, E. (2016). İlköğretim öğretmenlerinin matematik öğretiminde somut materyal kullanmaya yönelik inançları ve sonuç beklentileri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 24(3), 859-874.
- Gürbüz, R. (2006). Olasılık kavramlarıyla ilgili geliştirilen öğretim materyallerinin öğrencilerin kavramsal gelişimine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi* 20, 59-68.
- Gürbüz, R. (2007). Olasılık konusunda geliştirilen materyallere dayalı öğretime ilişkin öğretmen ve öğrenci görüşleri. *Kastamonu Education Journal*, 15(1), 259-270.
- Hidayah, I., Dwijanto, & Istiandaru, A. (2018). Manipulatives and question series for elementary school mathematics teaching on solid geometry. *International Journal of Instruction*, 11(3), 649-662. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11344a>
- Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Kelly, A.C. (2006). Using manipulatives in mathematical problem solving: A performance-based analysis. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 3(2), 184-193.
- Koparan, T., & Özbey, A. (2018). Matematik öğretmeni adaylarının somut materyal geliştirme ve kullanma sürecine yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 277-290.
- Kwon, H., & Capraro, M. M. (2018). The effects of using manipulatives on students' learning in problem posing: The instructors' perspectives. *Journal of Mathematics Education*, 11(2), 35-47.
- Larbi, E., & Mavis, O. (2016). The use of manipulatives in mathematics education. *Journal of Education and practice*, 7(36), 53-61.
- Larbi, E., & Mavis, O. (2016). The Use of Manipulatives in Mathematics Education. *Journal of Education and Practice*, 7(36), 53-61.
- Laski, E. V., Jor'dan, J. R., Daoust, C., & Murray, A. K. (2015). What makes mathematics manipulatives effective? Lessons from cognitive science and Montessori education. *SAGE Open*, 5(2), 2158244015589588.
- Maboya, M. J. (2014). *The relationship between teachers' mathematical knowledge and their classroom practices: a case study on the role of manipulatives in South African primary schools* (Doctoral dissertation, University of the Free State).
- MEB (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni. MEB.

- Moyer, P.S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 175-197.
- Moyer-Packenham, P. S., & Bolyard, J. J. (2016). Revisiting the definition of a virtual manipulative. *International perspectives on teaching and learning mathematics with virtual manipulatives*, 3-23.
- Moyer-Packenham, P. S., Westenskow, A., & Salkind, G. (2012). Effects of virtual manipulatives on student achievement and mathematics learning. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Vancouver, Canada.
- Ndlovu, Z.A. & Chiromo, L., (2019). Pre-service mathematics teachers' development process in using manipulatives in number operations. *South African Journal of Childhood Education*, 9(1), 1-11.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. In R. E. Ripple & V. N. Rockcastle (Eds.), *Piaget Rediscovered*, (pp. 7-20).
- Pişkıntunç, M., Durmuş, S., & Akkaya, R. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematik öğretiminde somut materyalleri ve sanal öğrenme nesnelerini kullanma yeterlikleri. *MATDER Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(1), 13-20.
- Puchner, L., Taylor, A., O'Donnell, B., & Fick, K. (2008). Teacher learning and mathematics manipulatives: A collective case study about teacher use of manipulatives in elementary and middle school mathematics lessons. *School Science and Mathematics*, 108(7), 313-325. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17844.x>
- Sawhney, N., & Bansal, S. (2014). Study of awareness of learning disabilities among elementary school teachers. In *Conference: International Education Confer'Education as a Right across the Levels: Challenges, Opportunities and Strategies*, New Delhi.
- Shaw B., (2002). *Manipulatives enhance the learning of mathematics*. Retrieved from <https://www.pdfFiller.com/jsfiller>, 31.08.2022.
- Shukla, P., & Agrawal, G. (2015). Awareness of learning disabilities among teachers of primary schools. *Online Journal of Multidisciplinary Research*, 1(1), 33-38.
- Simon, M. A. (2022). Contributions of the learning through activity theoretical framework to understanding and using manipulatives in the learning and teaching of mathematical concepts. *The Journal of Mathematical Behavior*, 66, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2022.100945>
- Sriraman, B., & English, L. (2005). Theories of mathematics education: A global survey of theoretical frameworks/trends in mathematics education research. *ZDM Mathematics Education*, 37(6), 450-456. doi:10.1007/BF02655853
- Şandır, H. (2016). Investigating preservice mathematics teachers' manipulative material design processes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 2103-2114. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1292a>
- Ummah, S.K. (2017). The abstract form analysis of math concepts based on the multiple representation for pre-service teacher case study in creating math manipulatives. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, 160. 310-314.
- Ünlü, M. (2017). Matematik öğretmen adaylarının matematik derslerinde öğretim materyali kullanımına ilişkin görüşleri. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(1), 10-34. <https://doi.org/10.17244/http-eku-comu-edu-tr.291326>
- Van de Walle, J. A., Karp, S. K., Bay-Williams J. M. (2010). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally*. Pearson Education, Inc.

Wang, F., & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.

Yeşildere-İmre, S. (2020). Etkinlik tasarlama ilkeleri. Y. Dede, M. F. Doğan ve F. Aslan-Tutak (Ed.). *Matematik eğitiminde etkinlikler ve uygulamaları içinde* (s. 165-188). Pegem Akademi Yayıncılık.

APPENDIX-1 Concrete Manipulative Information Form

Write the names of the manipulators shown in the images below.

