

## BÖLÜM 8

# MATEMATİK EĞİTİMİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMA DESENLERİ

**Gamze KURT<sup>1</sup>**  
**Fatih ÖNEL<sup>2</sup>**

### GİRİŞ

Bu bölümde matematik eğitimi araştırmalarında, araştırmacılar tarafından tercih edilen güncel araştırma desenlerinden bahsedilecektir. Bunlar arasında, yalnızca matematik eğitiminde değil, mühendislik bakış açısını ön plana çıkaran STEM yaklaşımının da etkisiyle başka disiplinlerde de öne çıkan tasarım temelli araştırmalardan, bir Japon geleneği olan ders imecesinden, birçok yüksek lisans ve doktora tezinde sıklıkla kullanılan ve öğretmenlere yol gösterici ve yardımcı olabilecek sayısız öğretim yöntemi sunma olasılığı taşıyan öğretim deneylerinden bilgiler sunulacaktır. Ayrıca öğretimin planlanması ve öğretim araçlarında yenilikler sunabilecek varsayımsal öğrenme yörüngeleri hakkında detaylı bilgi verilecek ve örnek araştırmalar üzerinden açıklamalar yapılacaktır.

### TASARIM TEMELLİ ARAŞTIRMALAR

Birçok eğitim araştırmacısı, teori ve pratik arasında iyi bir bağlantı sunması ve eğitim araştırmalarının eğitimin pratiğine etkili bir transferinin olacağını savunması sebebiyle tasarım temelli araştırmaları çok değerli bulmaktadır. Tasarım araştırmaları, ayrıca, bilgi üretilmesine katkı sağlayan ve öğretim pratiğinin güçlendirilmesini sağlayan tasarım ilkelerinin geliştirilmesini ve teori oluşturma ihtiyacını vurgular (Anderson ve Shattuck, 2012).

Tasarıma dayalı araştırmalar temelde, tasarım ve araştırmayı mühendisliğin doğası aracılığıyla bir araya getirerek birtakım varsayımların veya hipotezlerin test edilmesi ile yapılan bilimsel çalışmalardır (Bakker, 2015). Tasarım araştırmaları, tasarım deneyleri ya da gelişim/gelişimsel araştırmalar olarak da bilinen tasarım temelli ya da tasarıma dayalı araştırmalar, bir öğretim tasarımının uygulanan

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Mersin Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi AD. gamzekurt@mersin.edu.tr

<sup>2</sup> Matematik Öğretmeni, Milli Eğitim Bakanlığı, fatihonel@gmail.com

denemeleri ve bu denemelerden öğrenilen etkili yönlerini güçlendirerek, zayıf yönlerini azaltarak bir ürün ortaya koymak için neredeyse bir şirketin bir ürün geliştirmek için yönettiği araştırma-geliştirme çalışmasına benzeyebilecek türde bir araştırma biçimidir (Brown, 1992). Tasarım temelli araştırmalar, daha klasik bir biçimde şöyle tanımlanmıştır:

Prototip üretme mantığıyla hareket ederek, tasarım deneyleri hem belirli öğrenme biçimlerini “mühendislik” yapmayı hem de bu öğrenme biçimlerini, onları destekleyerek tanımlanan bağlam içinde sistematik olarak incelemeyi gerektirir. Bu tasarlanan bağlam, test ve revizyona tabidir ve sonuçta ortaya çıkan ardışık yinelemeler, deneydeki sistematik varyasyona benzer bir rol oynar (Cobb ve diğ., 2003, p.9).

Bir tasarım araştırmasını diğerlerinden farklı kılan temel özellikleri vardır. Bunlar; gerçek bir eğitim bağlamında yer alması, belirli bir müdahalenin test edilmesine ve tasarımına odaklanıyor olması, karma araştırma yöntemlerini kullanıyor olması, birden çok yinelemeli denemeyi içermesi ve bu açıdan döngüsel yapıda olması, araştırmacılar ve uygulayıcılar arasında iş birlikli bir ortaklık sağlıyor olması, tasarım ilkelerini dönüştürüyor ve geliştiriyor olması, daha küresel bir amaca hizmet ediyor olması ve uygulama üzerinde pratik bir etkisinin olması olarak sıralanabilir (Anderson ve Shattuck, 2012). Burada sayılan özellikler başka araştırma desenlerinin de özellikleri arasında sayılabilecek olmasına rağmen, bütün bunları bir arada tutması açısından tasarım temelli araştırmalar hepsinden farklı ve yegâne bir araştırma deseni olarak araştırmacılar tarafından değer görmektedir.

Tasarım temelli araştırmalar, birtakım öğrenme teorilerini geliştirmede veya proto-teori diyebileceğimiz öncü teorilerin geliştirilmesinde de katkı sağlayabilir (Design Based Research Collective, 2003). Tasarım temelli araştırmalar, tasarlama, uygulama, analiz ve yeniden tasarlama fazlarından oluşan bir döngüsel yapıdan oluşur (Cobb, 2001) ve deneme-yanılma sürecinin bilimsel bir süreç içinde tekrar ediyor olması sebebiyle de deneysel araştırma tasarımlarına benzetilir. Deneysel araştırmalardan farklı olarak, yalnızca deneyin (müdahalenin) başarılı olup olmadığına bakılmaz, bu müdahalenin bir ürün ya da bir araç olarak benzer durumlar için işe yarayıp yaramayacağı durumu da tartışılır. Dolayısıyla hem teorik anlamda hem de pratik anlamda bilimsel çıkarımlar yapabiliyor olmasından dolayı çok daha kapsamlı ve yoğun veri üreten bir araştırma sürecidir. Tasarıma dayalı araştırmalar son yıllarda eğitim alanında teorik ve deneysel çalışmalar için daha fazla kabul görmeye başlamıştır ve teoriye temellendirilmiş tasarımları ve öğrenme ortamlarının deneysel analizlerinin birleşimini incelemektedir (Bell, 2004).

Tasarıma dayalı araştırmalar, eğitim ve öğretimde ortaya atılabilecek inovasyonların tasarlanması ve keşfedilmesine odaklanır. Bunlar; eserler, kurumlar, müfredat, öğretim teorileri, etkinlik yapıları, sınıf ortamı, ders kitabı gibi örnekler olabilir. Dolayısıyla, bu açıdan tasarım temelli araştırmalar, bir müdahalenin etkilerini gözlemeye dayalı olan müdahale araştırmalarından (intervention study) ya da eğitim ortamında planlanan bir deneyin, deney grubu üzerindeki etkilerini kontrol grubu ile karşılaştırma yaparak inceleyen bir deneysel araştırmadan farklılık gösterir. Elbette müdahale araştırmaları, ele alınan müdahalenin öğrenme üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışır ve öğrenme teorilerine katkı sunar, ama bir tasarım temelli araştırma bunun ötesine geçerek yeni bir öğrenme teorisini tasarlama ve bu teorinin test edilmesi imkânını sunar (DBRC, 2003).

Tasarım temelli araştırmalar, matematik eğitimi araştırmalarında da sık sık tercih edilir, yenilikçi bir öğretim ya da öğrenme sürecinin nasıl geliştirileceği ve nasıl inceleneceği sorularını cevaplamaya çalışır ve matematiksel kavramların arasındaki ilişkilerin incelenmesine olanak sağlar (Doorman ve diğ., 2016). 2002 yılından 2011 yılına kadar tasarım temelli araştırmayı bir metot olarak uygulayan ve araştırma makalesi olarak sunulan çalışmalardan bir seçki oluşturarak inceleyen bir araştırmaya göre; matematik, fenden sonra, ikinci sırada yer alan en çok tercih edilmiş disiplindir ve K-12 eğitim dönemi ise, tasarım araştırmalarında en çok tercih edilen yaş grubudur (Anderson ve Shattuck, 2012). Bu açıdan tasarım araştırmaları, araştırma yönünün yanında, öğretmenleri yalnızca beceride değil aynı zamanda hedeflerinde de değişikliklere götüren mesleki gelişime dahil etmenin bir yolu olarak görülmektedir (Fowler ve diğ., 2022). Anderson ve Shattuck (2012)'un eğitim bilimleri alanında tasarım temelli araştırmalarını inceleyen araştırmalarından sonra, Fowler ve diğ. (2022), benzer bir araştırmayı yalnızca matematik eğitimi alanında 317 araştırmayı inceleyerek bir meta-analiz çalışması şeklinde yapmışlardır. Çalışmanın önemli sonuçlarından bazıları şöyle sıralanabilir: Araştırmaların büyük çoğunluğunun alana özgü teorileri anlamaya ve birtakım pedagojik ya da teknolojik öğretimsel araçların kullanımının iyileştirilmesine odaklandıkları ortaya çıkarılmıştır. İstisnalar dışında, bu çalışmaların büyük çoğunluğunun mevcut matematik eğitimi sisteminde gidilebilecek ya da denenebilecek birtakım iyileştirmelerin üzerine olduğunu ve çalışmaların içinde yer aldığı ortama çok az dikkat edildiğini de göstermişlerdir (Fowler ve diğ., 2022). Çalışmanın sonuçları, aynı zamanda, iyi kaynaklara sahip bir araştırma bağlamı ve karmaşık ve uzun soluklu bir araştırma süreci gerektirmesi sebebiyle, yenilikçi yaklaşımları destekler görünen teori geliştirme türlerine gerçekten ulaşmak için tasarım temelli araştırmaların iyi bir tercih olabileceğini göstermektedir.

(Smeyers ve diğ., 2014). Tasarım temelli araştırmalar çoğunlukla bir müdahale içeren durum çalışması olarak ele alınmakta ve bu müdahalelerden neler keşfedilebileceğini amaçlayan bir yöntembilimi uygulamaktadır. Ve bu metodolojik türün etkili bir biçimde uygulanması isteniyorsa, öğretim ve öğrenmenin bileşen unsurlarını ve bunların sistem içinde ne düzeyde etkileri olduğunu belirlemek ve keşfetmek için, araştırmacıların buluşsal-araçsal bilginin yaratılmasının ötesine nasıl geçebileceklerine odaklanmaları gerekmektedir (Fowler ve diğ., 2022). Tam olarak geliştirilmiş bir öğretim müdahalesinin, onun ilk prototipinden bu yana geliştirilmesi durumu aslında teorilerin işlevselleştirilmesi meselesidir, bu nedenle de birçok tasarım temelli araştırma genel bir matematik öğretim teorisi üzerine değil, örneğin teknoloji entegrasyonunun geometri öğrenmeyi nasıl geliştirileceği gibi, konuya odaklı öğrenme teorilerinin geliştirilmesini içerir. Bu da yeni öğrenme teorileri ortaya atmak yerine, var olan teorilerin geliştirilmesini sağlar ki, bu tip tasarım temelli araştırmalara da çoğunlukla OECD dışındaki ülkelerde rastlanmaktadır (Fowler ve diğ., 2022). Bir öğretim yöntemini, ona bağlı olarak çoğunlukla öğrencilerin matematiksel öğrenmelerini veya bir öğretim aracını test etme ve değerlendirmenin ötesine geçerek ve problemi müdahalenin merkezinde yeniden düzenlemeye çalışarak araştıran bu çalışma türü, matematik eğitiminde gerçek ve sürekli değişim için ihtiyaç duyulan bilgiye ve öğrenmeye dayalı değişim türlerini sağlayabilir (Fowler ve diğ., 2021).

Tasarım temelli araştırmalara iyi bir örnek olarak verilebilecek bir araştırma olan Kong (2007)'un araştırması gerçek bir sınıf ortamında kesirlerin öğrenilmesini ve öğretilmesini teşvik etmek için bilişsel bir aracın geliştirilmesini inceler. Kong (2007) kesirlerin öğretiminde kullanılmak üzere bir "grafiksel bölümlenme modeli" geliştirmeyi amaçlamış ve gerçek bir sınıf ortamında uygulamadan önce iki döngüyle test ederek modeli iyileştirmiştir. İlk döngüden elde ettiği bulguları ikinci döngüye başlamadan önce modeli geliştirmek için kullanmış ve birtakım değişiklikler yapmıştır. Başka bir örnek ise, istatistik öğretimindeki güncel problemlerin giderilmesi amacıyla Bakker (2004)'in doktora tezinde hedeflediği istatistik öğretimi araçlarının geliştirilmesi ve bunların incelenmesine yönelik yaptığı tasarım temelli araştırmadır. Bakker (2004) araştırmasında, medyanın nasıl hesaplanacağı, ya da bir grafiğin nasıl çizileceği gibi çoğunlukla "hesaba dayalı" olarak yapılan istatistik öğretimini bir problem olarak ele alır ve bu problemin giderilmesi için, ortaokul öğrencilerinin uygulayabileceği kolaylıkta geliştirilmiş birtakım istatistik yazılımlarını içeren deneye dayalı öğretim teorisi tasarımıyla istatistik öğretiminin kavramsal olarak daha etkili öğretilip öğretilmediğini test etmiş ve incelemiştir. Bakker (2004) bu teorisiyle, öğrencilerin öğrenmelerinde-

ki yapı ve örüntüleri anlamaya yardımcı olabileceğini iddia etmektedir. Bakker (2004)'in araştırma sorusu, "öğrencilerin istatistiksel dağılım kavramı anlayışlarını nasıl geliştirebiliriz?" şeklindedir. Dağılım kavramı istatistikte anahtar bir kavram olarak ele alınır ve başka birçok istatistiksel kavramın anlaşılmasında kilit rol oynar. Nitekim bu ilk soruya cevap ararken tam olarak kavramların bu ilişkisel yapısından ötürü, veri, değişkenlik ve örnekleme kavramlarını da incelemesi gerektiğini fark etmiştir. Buradan hareketle, bir tasarım araştırmasında araştırma sorusunun zaman içinde değişebileceğini/dönüşebileceğini görebiliriz. Bu iki örnek, tasarım temelli araştırmaların döngüsel yapıları nedeniyle uzun soluklu olmalarına rağmen, öğretim açısından çok anlamlı ve etkili sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

## **DERS İMECESİ**

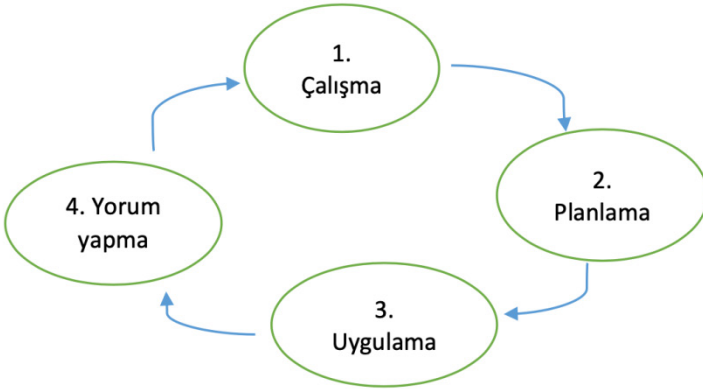
Menşei, Japon profesyonel mesleki öğretmen gelişimi araçlarından biri olan ders imecesi (Japonca'da jugyou kenkyuu), öğretmenlerin işbirliği içinde çalıştıkları ve sürekli olarak araştırma derslerine (Japonca'da kenkyuu jugyou) yorum yaptıkları profesyonel bir mesleki gelişim sürecidir. Araştırma dersleri, öğretmenlerin kendilerinin hazırladığı, planladığı, tartıştığı ve revize ettikleri derslerdir (Lewis, 2000). Ders imecesi 1999 yılında dünya çapında ilgi çekmiş ve "öğretim ve öğrenimi geliştirmek ve profesyonel bir bilgi temeli inşa etmesi" açısından etkili bir yöntem olarak sunulmuştur (Stigler ve Hiebert, 1999; Yoshida 1999, akt. Lewis, 2009, p. 95). İlk olarak, Yoshida (1999)'nın Amerika Birleşik Devletleri'nde bir üniversitede yaptığı doktora çalışmasında yurtdışında tanıtılmış ve dikkat çekmiştir.

Ders imecesinin kökeni 1890'ların sonlarına, ilköğretim okullarındaki öğretmenlerin dersleri eleştirel bir gözle gözlemleyerek ve inceleyerek çalışmaya başladığı zamana kadar götürülebilir (Inagaki 1995, akt. Shimizu, 2020). Öğretmenlerden oluşan çalışma grubu, yeni önerilen öğretim yöntemleri hakkında çalışma toplantıları yapmaya başlar. Dersleri gözlemlemenin ve incelemenin orijinal bir yöntemi olarak ders imecesi, bazı büyük iyileştirmelerle birlikte ülke geneline yayılmıştır (Shimizu, 2020).

Lewis (2000), bir ders imecesinin beş özelliğini şu şekilde açıklamıştır: Birincisi, araştırma dersleri diğer öğretmenler tarafından gözlemlenir. Bu, öğretim üyeleri veya daha geniş bir grup tarafından gözlem yapılabileceği anlamına gelir, hatta ülkedeki herhangi bir kuruma açık olabilir. İkincisi, araştırma dersleri uzun bir süre boyunca iş birliği içinde planlanır. Katılımcı öğretmenler belirli bir konu üzerinde çalışırlar ve o konunun nasıl öğretileceğine dair bir yaklaşım tasarlamaya çalışırlar. Üçüncüsü, araştırma dersleri, bir eğitim/öğretim hedefini veya bir

eğitim vizyonunu gerçekleştirmek için tasarlanır. Araştırma dersinin bu özelliği, ders imecesi grubundaki katılımcıların, bir araştırma dersinin önceki özelliklerinde bahsedilen belirli konunun ötesinde daha geniş bir öğretim hedefine veya vizyonuna sahip olduğu anlamına gelir. Bunlar, örneğin, aynı zamanda ulusal eğitim vizyonunun bir parçası olabildiği için, “aktif problem çözücü olmak” veya “bireyselliği geliştirmek” olabilir. Ders imecesinin süresine bakıldığında bu özellik katılımcı öğretmenlere tuhaf görünmese de aslında kendilerini bilimsel düşünme fırsatlarını geliştirme içinde bulmaktadırlar. Dördüncüsü, araştırma derslerinin kayıt altına alınmasıdır. Kayıtlar ses kaydı, video kaydı, alan notları, gözlem notları veya öğrenci çalışmaları şeklinde yapılabilir. Hatta diğer öğretmenler, ders çalışmasının yapıldığı okulda belirli türde verinin toplanmasını isteyebilir. Sonuncusu ise araştırma derslerinin tartışılmasıdır. Tüm araştırma dersleri bir grup içinde iş birliği içinde planlanır. Daha sonra grup üyeleri, bazen bir öğretim üyesi veya dışarıdan bir araştırmacı ile birlikte yaptıkları çalışmalar hakkında yorumlarda bulunurlar, fikirlerini birbirleriyle paylaşırlar (Lewis, 2000, s. 5-6).

Bir ders imecesi süreci aşağıda Şekil 1’de görüldüğü gibi döngüsel biçimde 4 temel adımdan oluşur: (1) müfredat ve hedefleri çalışmak, (2) araştırma dersini iş birliği içinde planlamak, (3) araştırma dersini uygulamak ve (4) araştırma dersi hakkında fikirleri yansıtmak/tartışmak.



Şekil 1. Bir ders imecesi döngüsü

Çalışma aşamasında, katılımcılar öğretim programı ve hedefler üzerinde çalışırlar ve öğrencilerinin öğrenme gelişimi için uzun vadeli hedefleri seçerler. Planlama aşamasında, grup üyeleri, öğrencilerin beklenen yanıtları da dahil olmak üzere araştırma derslerini iş birliği içinde planlar. Uygulama aşaması, araştırma

dersinin bir grup öğrenciye uygulanması anlamına gelir ve son aşama, uygulanan araştırma dersinin yansıtılmasını içerir, öğretmenler araştırma dersini revize edip etmemeye karar vermeli ve revize edileni yeniden uygulamalıdır. Bu ders imecesi döngüsü, daha fazla revizyona gerek olmadığı kararı alınana kadar döner (Lewis, 2009; Fernandez & Yoshida, 2004).

Geleneksel olarak, ders imecesi bir kurumda çalışan öğretmenlerle yürütülmesine rağmen, öğretmen adaylarının dâhil edilebildiği çalışma ortamlarında da kullanılagelmiştir (Leavy, 2014). Fernández (2005) öğretmen adaylarını katılımcı olarak seçen ders imecisini mikroöğretim ders imecesi (MÖDİ) olarak tanımlamıştır ve uygulamanın mikroöğretim biçiminde öğretmen adayları tarafından yapıldığını açıklamıştır. MÖDİ, ders planı hazırlama, revize etme ve uygulama yaparken öğretmen adayları arasındaki işbirliğini geliştirmesi açısından genel ders imecesinden bazı farklılıklar gösterir. MÖDİ çalışmaları, ilk olarak öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgilerini geliştirmek ve incelemek üzere yürütülmüştür (Cavin, 2007). Örneğin, Cavin (2007) çalışmasında, MÖDİ uygulamasını öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimlerini değerlendirmek ve onları teknoloji ile bütünleştirilmiş öğrenci merkezli öğrenme ortamlarında ders planı hazırlama etkinliklerinde bilinçlendirmek için yürütülmüştür. Bununla birlikte, öğretmen adaylarının istatistik öğretimine özel teknolojik pedagojik alan bilgilerini geliştirmeyi ve gelişimlerinin incelenmesini amaçlayan bir çalışma da Kurt (2016)'un doktora çalışmasıdır. Her iki araştırma da, ders imecesinin öğretmen adaylarının pedagojik bilgilerinde gelişme kaydetmiş ve ders imecesi yönteminin, üniversitelerde öğretmen yetiştirme kapsamında ele alınmasını önermiştir.

Ders imeceleri tüm dünyada eğitim bilimleri alanında, diğer disiplinlere nazaran matematik eğitimi alanında daha çok tercih edilmiştir. Öğretmen ya da öğretmen adaylarıyla ders imecesi yürüten birçok çalışma öğretmenlerin pedagojik alan bilgilerinin ve özellikle ders içi soru sorma (questioning) becerilerinin geliştiğini göstermiştir (örn. Leavy, 2014; Cumhuriyet ve Güven, 2022). Bu nedenlerle, Japonya'da kendiliğinden bir hizmet-içi eğitim semineri gibi işleyen, profesyonel mesleki öğretmen gelişimi programları arasında tercih edilen ve önerilen bir uygulama olarak dikkat çekmektedir. Öğretmen adaylarıyla uygulanan birçok çalışma ise, ders imecelerinin öğretmen yetiştirme kapsamında ele alınmasını ve özellikle uygulama anlamında öne çıkan stajların ders imecesi şeklinde yürütülebileceğini önermiştir. Matematik eğitimcilerinin ders imecesini bir araştırma yaklaşımı olarak benimsemeleri ise yenilikçi yöntemlerden biridir ve sıkça kabul görmektedir. Bu özelliği ile de tipik bir profesyonel mesleki gelişim programından ayrılmaktadır (Kurt Birel, 2017).

Matematik eğitimi alanında son zamanlarda yapılan araştırmalar incelendiğinde öğrencilerin öğrenmelerine ve nasıl düşündüklerine odaklanan araştırma desenlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Bu desenler arasında kesin ayrımların olmaması, yaygınlaşma aşamasında olan desenler olması gibi nedenlerden dolayı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu yüzden bu desenleri detaylı olarak açıklamak ve öne çıkan özelliklerini örnekleri ile açıklamak yerinde olacaktır. Öğrencilerin öğrenmelerine odaklanan bu araştırma desenleri yapılandırmacı yaklaşım ışığında gerçekleşen veya gerçekleşmesi beklenen öğrenmeler üzerine odaklanmıştır.

## **TAHMİNİ (VARSAYIMSAL) ÖĞRENME YÖRÜNGESİ**

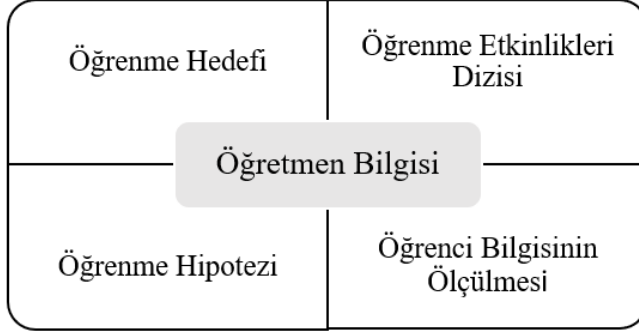
Matematik eğitiminde öğretmenler ve araştırmacılar öğrenme üzerine odaklanırlar. Matematik öğretiminin üç ana bileşeni matematiğin kendisi, öğretimi ve öğrenimidir. Simon (1995) matematik öğretiminin bu bileşenleri için bir teorik çerçeve ortaya koymuş ve buna matematik öğretim döngüsü adını vermiştir. Simon (1995) bu çerçeveyi ortaya koyarken öğrenme ve öğretme sürecine yapılandırmacı bir bakış açısıyla yaklaşmıştır. Yapılandırmacılık herhangi bir konu için bir öğretim yöntemi ortaya koymaktan daha kapsamlı bir anlayış gerektirir (von Glasersfeld, 1995). Bu anlayışa yönelik öğretim gerçekleştirmenin sayısız yolu vardır. Öğrenme yörüngeleri bu yolları keşfetmek için bir araç olarak düşünülebilir.

Öğrenme yörüngeleri için varsayımsal öğrenme yörüngeleri, öğrenme yörüngesi ve öğrenme performansları gibi farklı kavramlar kullanılmaktadır. Tahmini öğrenme yörüngeleri matematik ve fen eğitimi araştırmacıları tarafından araştırmalarında daha çok tercih edilmektedir. Tahmini ya da varsayımsal öğrenme yörüngeleri ortaya konulurken öğrencinin öğrenme sürecinin önceden kesin olarak belirlenemeyeceği sebebiyle Simon (2014) tarafından bu sürecin tahmini ya da varsayımsal olarak belirlendiği düşünülmektedir. Simon (2014) tahmini öğrenme yörüngeleri teorik çerçevesini ders planı, ders kitabı ve materyali hazırlayıcılarına tavsiye ederek bir ders tasarım aracı olarak ortaya koymuştur. Simon ve Tzur (2004) tahmini öğrenme yörüngelerinin detaylarını açıkladıkları çalışmalarında dört temel varsayımı temel almışlardır. Bunlar, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tahmini öğrenme yörüngeleri öğrencilerin mevcut bilgilerini anlamaya çalışır.
- Tahmini öğrenme yörüngeleri matematiksel kavramların öğrenilmesi için bir araçtır.
- Matematiksel görevler öğretim sürecinin önemli bir parçasıdır.
- Öğretmen tahmini öğrenme yörüngelerinin bütün boyutlarının değiştirilmesinde ve geliştirilmesinde aktif rol oynar (Simon ve Tzur, 2004).



Simon (2014) tahmini öğrenme yörüngelerinin dört temel bileşenine vurgu yapar. Aşağıda Şekil 2’de tahmini öğrenme yörüngeleri döngüsüne yer verilmiştir (Simon, 1995, 2014; Simon ve Tzur, 2004):



Şekil 2. Tahmini Öğrenme Yörüngeleri Döngüsü (Simon, 1995, 2014)

Tahmini öğrenme yörüngesinin bileşenleri arasında bulunan ilişkiler tabloda gösterilmiştir. Bu bileşenleri ve aralarında bulunan ilişkileri örnek bir tahmini öğrenme yörüngesi özelinde ele alalım.

### Öğrenme Hedefi

Bütün program geliştiriciler öğrenme süreci için açık ve anlaşılır bir öğrenme hedefine vurgu yapar. Tahmini öğrenme yörüngelerinde kastedilen öğrenme hedefi de budur. Bu hedef öğretim sürecinin büyüklüğüne göre büyüyüp küçülebilir. Çünkü Simon (2014) tahmini öğrenme yörüngeleri için herhangi bir öğretim süresi sınırı belirtmemiştir. Simon’a (2014) göre tahmini öğrenme yörüngeleri tüm öğrenme süreçlerine uygulanabilir. Tahmini öğrenme yörüngeleri öğrencilerin matematiksel alanda belirli hedeflere ulaşmalarını sağlamak amacıyla oluşturulur (Clements ve Sarama, 2004). Örneğin, öğrenme hedefi bileşenine örnek olarak ortaokul matematik öğretim programında 7. sınıf konuları arasında yer alan özel dörtgenler konusunu inceleyebiliriz. Bu konuda dörtgenlerin özelliklerine ve aralarında yer alan ilişkilerine odaklanmamız beklenir. Öğrenme hedefimizi “dörtgenleri ve aralarındaki ilişkileri açıklar” şeklinde belirleyelim. Burada hedef belirlemenin altında yatan temel bilgiyi ele almakta yarar vardır. Simon (1995) hedef belirleyebilmek için hedefe konu olan kazanımın arka planında yer alan matematiksel bilginin öğretmen tarafından tam olarak bilinmesi gerektiğine vurgu yapar. Eğer öğretmenin özel dörtgenleri, özel dörtgenlerin kritik özelliklerini, kritik özellikleri doğuran geometrik durumları, özel dörtgenlerin aralarında bulunan ilişkileri ve özel dörtgenler arası asimetrik geçişleri bilmediğini varsayarsak,

öğretmenin bu konuda hedef belirlemesi mümkün olmaz. Bu nedenle tahmini öğrenme yörüngeleri aynı zamanda bir tasarım süreci olarak düşünebilir ve öğretmenin bu sürecin tüm boyutlarına yönelik detaylı matematiksel bilgiye sahip olması beklenir. Örnek verecek olursak paralelkenarın özelliklerini, bu özelliklerin hangilerinin paralelkenar için olmazsa olmaz olduğunu ve paralelkenarın hangi özel dörtgenleri kapsadığını ele almayan bir öğrenme hedefi öğrenme sürecinin en başından baltalanmasına neden olacaktır. Özel dörtgenleri ve aralarında bulunan ilişkileri öğrenmek için birden çok yol mümkün olabilir. Öğretmenin sınıfın seviyesine ve öğrencilerin önceki öğrenme deneyimlerine göre bir hedef belirlemesi gerekmektedir. Bu sebeptir ki Simon ve Tzur (2004) ve Simon (2014) öğretmenin bilgisini tahmini öğrenme yörüngeleri için belirleyici güç olarak ortaya koymuştur.

Örneğimizden devam edecek olursak; öğretmen özel dörtgenlerin öğretimi için öğrenme hedefini özel dörtgenlerin dinamik geometri ortamında inşasından yararlanarak öğretmek olarak belirlemiş olsun. Bu durumda öğrencilerin de önceki yıllarda gerçekleştirilen inşa çalışmalarına ve dinamik geometri ortamına hâkim olmaları beklenir. Aksi halde fiziksel materyaller ile özel dörtgenler ve aralarında yer alan ilişkilerin öğretimi de bir seçenek olarak düşünülebilir.

### **Öğrenme Etkinlikleri Dizisi**

Bu aşamada öğretmenden öğretim için bir plan hazırlayıp öğrenme etkinliklerini oluşturması beklenir. Bu etkinliklerin oluşturulmasında temel yaklaşım yapılandırıcı yaklaşım olmalıdır (Simon, 1995). Öğretmenin özel dörtgenleri en kapsamlıdan en dar kapsamlıya olmak üzere, yani yamuktan kareye doğru öğrencilerin inşa etmesini sağlayarak öğrenme etkinlikleri oluşturacağını varsayalım. Burada planlanan etkinlikler öğrenme sürecinin her aşaması için detaylı bilgiler içermelidir. Öğretmen öğrencilerden dinamik geometri ortamında sırasıyla yamuk, paralelkenar, dikdörtgen, eşkenar dörtgen ve kareyi inşa etmelerini isteyebilir. Fakat bu inşa süreci birkaç ders saatinden daha fazla zamanı kapsayacak şekilde planlanmalıdır. Çünkü burada amaç özel dörtgenleri inşa etmek değil bu inşaları, dörtgenleri ve aralarındaki ilişkileri öğrenmede kullanmaktır. Öğretmen dinamik geometri yazılımında özel dörtgenleri hangi sırayla ele alacağına ve dörtgenleri öğrencilerin zihninde hangi sıra ile yapılandıracağına bu adımda karar verir. Her bir özel dörtgenin inşası birtakım sorgulamaları ve tartışmaları da içerisinde barındırmalıdır. Örneğin paralelkenar inşa etmenin birden fazla yolu vardır. Öğrenci bu yollardan hangisini seçmiştir ve bu yolu seçerken zihninde hangi matematiksel gerekçeleri kullanmıştır? Bu süreçlerin ele alınması gerekmektedir.

### **Varsayımsal Öğrenme Süreci (Öğrenme Hipotezi)**

Öğretmen öğrenme sürecine ait ders tasarımlarını yaparken öğrencilerin nasıl öğrenebileceğine ve öğrenme sürecinde ortaya çıkabilecek olası durumlara ilişkin hipotezler kurar; işte bu hipotezler tahmini öğrenme yörüngelerinin üçüncü temel bileşenlerini oluşturur (Simon, 1995, 2014). Öğrenme hipotezi bileşenini özel dörtgenler üzerinden örneklendirelim. Öğretmen öğrencilerin özel dörtgenlerin her birini inşa ederek ve birbirlerine dönüşümlerini görmelerini sağlamanın öğretimde etkili olacağını düşünmektedir. İşte öğretmenin bu fikrine öğrenme hipotezi diyebiliriz. Peki, bu süreç nasıl gerçekleşir? Burada yine öğretmenin matematik alan bilgisi ve pedagojik alan bilgisi devreye girmektedir. Paralelkenarın inşasını ele alalım. Öğrenciler karşılıklı eş doğru parçalarından yararlanarak paralelkenar inşa etmiş olsunlar. Şimdi burada öğretmenin öğrenme hedefi özel dörtgenler ve aralarında bulunan ilişkiler olduğu için öğretmenin inşa sürecinden sonra bazı sorulara ve görevlere yer vermesi beklenir. Paralelkenarın değişmeyen özellikleri için sürükleme görevlerine, paralelkenarın diğer dörtgenlerle olan ilişkileri için ise dönüştürme görevlerine ve bu görevler ile ilgili sorulara yer verilmesi gerekir. İşte bu soru ve görevlerin hepsi öğrenme sürecinden önce öğretmen tarafından tahmin edilen yani hipotezi kurulan süreçlerdir.

### **Öğrenci Bilgisinin Ölçülmesi**

Tahmini öğrenme yörüngeleri döngüsünün son aşaması öğrenci bilgisinin ölçülmesidir. Öğrenci bilgisinin ölçülmesinde amaç öğrenme sürecinin etkililiğini ortaya koymaktır. Tahmini öğrenme yörüngelerinin tüm aşamaları öğretimin etkililiğini arttırmak için sürekli test edilerek yenilenir (Simon, 1995, 2014). Öğretmen, öğrenci bilgisinin ölçülmesi sonucu elde edilen sonuca göre öğrenme yörüngesinin bileşenleri üzerinde çalışarak güncellemeler yapabilir. Öğrenci bilgisinin ölçülmesi ile öğretmen kendi öğretme bilgisini kullanarak çeşitli iyileştirmeler yapabilir. Öğrenci bilgisinin ölçülmesi bileşenini de özel dörtgenler örneği üzerinden açıklayalım. Öğrencilerin paralelkenarı inşa ederken eş doğru parçalarından yararlandıklarını varsayalım. Paralelkenar inşasında kullanılacak bir diğer yöntem ise eş açılar yöntemidir. Öğrenciler eş doğru parçaları yöntemine odaklanarak eş açıları göz ardı edebilir. Öğretmen bu durumu öğrencilerin paralelkenarın özelliklerine verdikleri yanıtlardan anlayabilir. Böylece öğrenme etkinlikleri dizisinde güncellemeler gerekebilir. Öğretmen öğrenme etkinliklerine açılarla eşliğine yönelik görevler ekleyerek bu durumun iyileştirilmesini sağlayabilir. Böylece öğrenme yörüngelerinin dinamik yapısı sayesinde öğretimi iyileştirmeye yönelik müdahaleler gerçekleştirilmiş olur.

Simon (1995) tahmini öğrenme yörüngesinin basit bir döngüsünü tanımlamış ve bu döngüye ait detaylı bilgileri de açıklamıştır. Öğretmen bilgisinin döngünün tüm aşamalarını nasıl etkilediğine yönelik açıklamalara Simon (2014)'ın çalışmasından ulaşılabilir.

Tahmini öğrenme yörüngelerinin matematik öğretimi için oldukça değerli olduğunu söyleyebiliriz. Bunun nedenleri arasında öğretime yönelik doğrudan müdahaleler yapılabilmesi, öğretmenin bilgisini tüm boyutlarda kullanması, dinamik bir süreç olması ve elde edilen sonuçların matematik öğretmenlerine ışık tutması gösterilebilir. Matematik öğretimi konusunda her öğretim ortamında zorlanılan konular bulunmaktadır. Öğretmen tahmini öğrenme yörüngelerini sınıf ortamında öğrenme eksiklerinin olduğu durumlarda işe koşabilir. Okullarda matematik öğretmenleri zümresi matematik öğretimine yönelik iyileştirmeler yapmak için tahmini öğrenme yörüngelerinden yararlanabilir. Tahmini öğrenme yörüngesinin tamamlanan döngüsü sonucu ortaya ders planları konulabilir. Bu planlar materyal hazırlayıcılar tarafından kullanılabilir. Bu bakımdan tahmini öğrenme yörüngelerinin matematik öğretimini sürekli gelişen ve dinamik bir yapıya dönüştürebileceği düşünülmektedir.

### **Öğretim Deneyi**

Öğretim deneyi 2000'li yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlayan nitel yaklaşımlar içerisinde yer alan bir araştırma desenidir (Akın ve Kabael, 2016). Öğretim deneyi de tıpkı tahmini öğrenme yörüngeleri gibi öğrencilerin öğrenme süreçlerine odaklanmaktadır. Araştırmacı öğrencilerin öğrenmelerini ilk elden deneyimlemek istediğinde öğretim deneyi desenini kullanabilir. Matematik eğitimi öğrencilerin nasıl öğrendiklerini araştırmak için başka alanların desenlerini kullanmak yerine kendi desenini ortaya koymuştur (Uygan, 2019). Öğretim deneyi bu desenlerden biridir. Öğretim deneyi öğrencilerin yeni bir yöntem veya modelin eğitim ortamına planlı bir şekilde dâhil edilmesiyle öğrencilerin öğrenmelerini ilk elden tespit etmeye yarayan yöntemdir (Cobb ve Steffe, 1983). Uygan (2016) ise öğretim deneyini “özel olarak tasarlanmış öğrenme ortamlarında öğrencilerin matematiksel bilgiyi nasıl inşa ettiklerini deneyimlemeyi ve bu sürecin aşamalarını ortaya koymayı amaçlayan bir araştırma deseni” olarak tanımlamıştır. Bu tanımlardan anlaşıldığı üzere eğer araştırmacı yapılandırmacı bir bakış açısı ile tasarlanan bir müdahale durumunda öğrenme ortamını doğrudan incelemeyi amaçlıyorsa öğretim deneyi araştırma desenine başvurabilir.

Öğretim deneyi, araştırma sorusu olarak “öğrenciler nasıl öğreniyor? Öğrencilerin öğrenme süreçleri nasıldır?” temelinde soruları incelemektedir. Öğretim

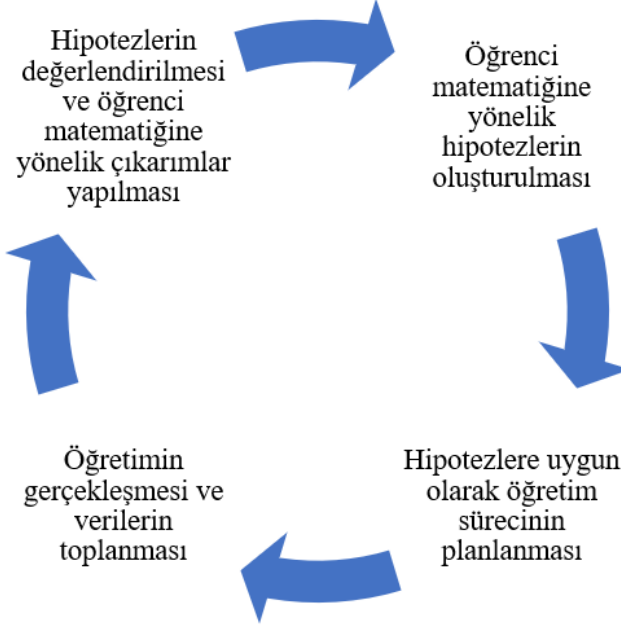
deneyi ismi nedeniyle deneysel araştırma desenlerini çağrıştırabilir. Adeta yeni bir değişkenin öğrenme ortamına katkısı nicel olarak araştırılıyor izlenimi verebilir. Fakat araştırmacılar, öğretim deneyinde *deney* kavramını, nicel araştırmalarda yer alan hipotez test etme sürecinden farklı olarak öğrenme ortamına yapılan müdahale ve bu müdahale sonucu oluşan sürecin doğrudan incelenmesi şeklinde ele almaktadırlar.

Öğretim deneyi için standart bir formdan bahsedilemez, çünkü öğretim deneyinde araştırmacı öğrenme ortamına yapacağı müdahaleye ve öğrencilerin öğrenmelerini ilk elden deneyimlemeye göre öğretim ortamını tasarlar (Steffe ve Thompson, 2000). Öğretim deneyi içerisinde bir dizi klinik görüşmeyi barındırır (Akın ve Kabael, 2016). Bu klinik görüşmeler açık uçlu ve rutin olmayan problemleri içerir ve öğretim deneyinin her aşamasında kullanılabilir. Öğretim deneyinde araştırma sürecinde yapılandırmacı yaklaşıma uygun olarak farklı öğretim yöntem ve teknikleri kullanılarak, bu tekniklerin öğrencilerin öğrenme süreçlerine etkileri ilk elden deneyimlenmeye çalışılır (Akın ve Kabael, 2016). Öğretim deneyi açıklanırken araştırmacı/öğretmen kavramları beraber kullanılmıştır. Bunun nedeni öğretim deneyinde ders öğretmeninin hem araştırmacı hem de öğretmen olarak ortamda bulunabileceği duruma dikkat çekmektir. Örneğin, Önel (2021) çalışmasında hem öğrencilerin dersini yürüten öğretmen hem de araştırmacı olarak araştırma sürecini yürütmüştür. Öğretim deneyinde araştırmacı öğretme görevi olmadan ders öğretmeninin yaptığı öğretimi inceleyerek öğrencilerin öğrenme süreçlerini ilk elden deneyimleyebilir. Öğretim deneyi bu sürecin tasarlanmasında katı kuralların yerine sürecin planlanmasını araştırmacıya bırakmıştır.

Öğretim deneyi iki boyuttan oluşmaktadır: Bunlardan ilki, öğrencilerin matematiksel öğrenmelerini ve akıl yürütmelerini nasıl deneyimlediklerini gözlemlemektir. Öğretim deneyinin diğer boyutu ise öğretimdir. Öğretim boyutunda öğrenme kuramlarının eğitim ortamına aktarılması için planlanması ve uygulanması yer alır. Bu öğretim içinde birden fazla öğretim birimini ve verinin kaydedilip değerlendirilerek diğer öğretim bölümlerinin hazırlanmasına yol göstermesini içerir (Steffe ve Thompson, 2000). Öğretim deneyi ile elde edilen veriler öğrenci matematiğinin anlaşılması ve öğrenme sürecine yönelik çıkarımlar yapılması için önemlidir (Uygan, 2019).

Öğretim deneyinde araştırmacı öğrenme ortamına yönelik hipotezler oluşturur ve bu hipotezler deneysel çalışmalarda yer alan hipotezlerden farklı olarak süreç boyunca değerlendirilir ve yeniden düzenlenir (Steffe ve Ulrich, 2014). Örnek olarak öğretmenin yapılandırmacı yaklaşımla yepyeni bir teknikle bir öğretim yapacağını düşünelim. Bu durumda yapılan öğretim ile öğrencilerin nasıl

öğrenecekleri üzerine bazı varsayımlar yapılır. Bu varsayımlar öğretim deneyinin hipotezlerini oluşturur. Bu hipotezler öğretim sürecinin her bir bölümünde elde edilen sonuçlara göre yeniden düzenlenmeye her zaman açıktır.



Şekil 3. Öğretim deneyinin aşamaları (Uygan,2016)

Şekil 3'te Uygan (2016) tarafından ortaya konulan öğretim deneyinin aşamalarına yer verilmiştir. Öğretim deneyi öğrenci matematiğine yönelik hipotezlerin oluşturulması ile başlar. Burada anlatılmak istenen öğretim ortamına yapılacak müdahalenin öğretime yönelik katkısının açıkça ortaya konulmasıdır. Örneğin kesirler konusuna yönelik benzetimler ile hazırlanan bir öğretim tasarımı düşünelim. Burada öğrencilerin benzetimler yardımıyla kesirleri iyi öğrenebileceğini varsaymak araştırmacı/öğretmen tarafından belirlenmiş bir hipotezdir.

Hipotezlere yönelik öğretim sürecinin planlanması ise öğretim deneyinin ikinci aşamasını oluşturur. Benzetimler kullanılarak kesirler konusunun nasıl öğretileceği bu aşamanın temel konusunu oluşturur. Örneğin benzetimlerin hangi aşamalarda kullanılacağı, kesirlerin hangi alt konularında benzetimlere başvurulacağı, öğretim sürecine yönelik hangi görevlerin işe koşulacağına bu aşamada karar verilir. Burada araştırmacı/öğretmen hazırladığı görevlerin ve problemlerin yapılandırmacı bakış açısı ile ele alınmak zorunda olduğunu unutmamalıdır.

Çünkü öğretim deneyinde yapılandırmacı yaklaşım ışığında hazırlanan etkinlikler öğrencilerin öğrenme süreçlerini detaylı olarak ortaya koyabilir (Cobb ve Steffe, 1983). Örneğin Urgan (2016) ortaokul 7. sınıf matematik öğretim programının büyük bir bölümüne yönelik görevler hazırlayarak yapılandırmacı yaklaşımı temel alan bir öğretim deneyi yürütmüştür. Çalışmasında öğretim sürecinin tüm detaylarıyla planlandığı görülebilir.

Öğretim sürecinin planlanmasında öğretmenin, grubun ve konunun özelliklerini iyi tanınması büyük önem taşımaktadır. Bu aşama ciddi hazırlık ve planlama içeren bir süreci kapsar. Öğretim süreci planlanırken pilot çalışmalar araştırmacıya ışık tutabilir. Pilot çalışma sayesinde öğretim süreci mümkün olduğunca işlevsel olarak tasarlanabilir. Öğretim deneyinde pilot çalışmaların, araştırmacıya araştırma ortamına hazırlaması, araştırmanın noksan yanlarının giderilme fırsatı sunması, olası sorunların önceden ortadan kaldırılması gibi hususlarda önemli rol oynadığı söylenebilir.

Öğretimin gerçekleşmesi ve verilerin toplanması aşamasında ise araştırmacı planladığı öğretimi uygular. Bu arada tüm veri toplama araçları ortamda hazır olmalıdır. Klinik görüşmelere yönelik tüm hazırlıklar tamamlanmalıdır. Öğretim deneyinin verileri araştırma süresince öğrenciler tarafından verilen yanıtlar, öğrencilerin açıklamaları ve öğrencilerin öğrenme aşamalarından oluşmaktadır. Öğretim deneyinin her aşamasında olduğu gibi bu aşamada da döngüsel bir süreç yer alabilir. Araştırmacı öğrenme sürecinin her döngüsünde toplanan veriyle yapacağı iyileştirmeleri devreye sokarak farklı öğrencilerle yeni veri toplayabilir. Araştırmacı döngüyü durdurmak için ortaya çıkan veri zenginliğine bakabilir. Eğer öğrencilerin öğrenmelerine yönelik detaylı veri ortaya konuluyor ise döngü sonlandırılıp bir sonraki aşamaya geçilebilir. Araştırmacı bu süreci öğretimin gerçekleştirilmesi aşamasında ortaya koyabileceği gibi tüm öğretim deneyini bir döngü olarak da ele alabilir.

Son olarak hipotezlerin değerlendirilmesi ve öğrenci matematiğine yönelik çıkarımların yapılması aşamasında artık araştırma sürecine yönelik çıkarımlar ortaya konulabilir. Öğrencilerin öğrenme düzeyleri hipotezlerin geçerliliği ve doğruluğu hakkında bize fikir verebilir. Öğrencilerin kesirleri öğrenme düzeyleri hakkında toplanan detaylı veri, hipotezi değerlendirmemizi sağlar. Hipotezler değerlendirildikten sonra öğrenci matematiğine yönelik çıkarımlar yapılır. Bu çıkarımlar hem öğretmenlere hem de araştırmacılara öğrencilerin öğrenme süreçleri hakkında detaylı bilgiler sunabilir. Araştırmacılar ve öğretmenler, öğretme süreçlerinde bu çıkarımları göz önünde tutabilir.

Öğretim deneyinin yapılandırmacı yaklaşımı temel alması, öğrencilerin öğrenmelerini derinlemesine ele alması ve öğrenme sürecine yönelik detaylı veri sağlaması yönünden matematik öğretimi için önemli olduğu düşünülmektedir. Öğrenme ortamında öğrencilerin güçlük çektiği konularda ya da kavram yanlışlarının giderilmesi açısından öğretim deneylerinde elde edilen sonuçlar matematik öğretiminde bir yenilik olarak kullanılabilir. Araştırmacı ve öğretmenler daha önce yapılmış öğretim deneyi çalışmalarından elde edilen bulgular sayesinde öğretimlerine ve araştırmalarına yön verebilirler. Örneğin kesirler konusunun öğretiminde zorlanan bir öğretmen incelediği araştırmalarla kendi öğretim sürecini yapılandırmacı yaklaşım ışığında yeniden düzenleyebilir. Önel (2021) yürüttüğü öğretim deneyi sonucunda öğrencilerin dinamik geometri ortamında dörtgenleri öğrenmeleri için tasarlanan ve uygulanan çalışma kağıtlarını öğrenme materyali olarak araştırmacıların ve öğretmenlerin kullanımına sunmuştur. Bütün bu katkılarının yanında öğretim deneyi bir tasarım temelli araştırmanın içerisine yerleştirilerek etkinlik, ders planı ve ders materyali geliştirmede işlevsel rol oynayabilir.

## KAYNAKÇA

- Akın, A. & Kabael, T. (2016). Bir matematik eğitimi araştırmasına dayalı öğretim deneyi deneyimi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi (Journal of Qualitative Research in Education)*, 4(3), 7- 27.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Bakker, A., & Eerde, D. V. (2015). An introduction to design-based research with an example from statistics education. In *Approaches to qualitative research in mathematics education* (pp. 429-466). Springer, Dordrecht.
- Bell, P. (2004). On the theoretical breadth of design-based research in education. *Educational Psychologist*, 39(4), 243-253.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The journal of the learning sciences*, 2(2), 141-178.
- Cavin, R. M. (2007). *Developing technological pedagogical content knowledge in preservice teachers through microteaching lesson study*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, The Florida State University.
- Clements, D., & Sarama, J. (2004). Learning trajectories in mathematics education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 81-89.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A. A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cobb, P. ve Steffe, L. P. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(2), 83-94.
- Cumhur, F., & Güven, B. (2022). The effect of lesson study on questioning skills: improving students' answers. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(4), 969-995.
- Design-Based Research Collective (DBRC). (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Doorman, M., Bakker, A., Drijvers, P., & Wijaya, A. (2016). Design-based research in mathematics education. In *Sriwijaya University Learning and Education International Conference* (Vol. 2, No. 1, pp. 21-46).



- Fernández, M. L. (2005). Learning through microteaching lesson study in teacher preparation. *Action in Teacher Education*, 26(4), 37-47.
- Fernandez, C., & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- Fowler, S., Cutting, C., Fiedler, S. H., & Leonard, S. N. (2022). Design-based research in mathematics education: trends, challenges and potential. *Mathematics Education Research Journal*, 1-24.
- Inagaki, T. (1995) *A historical research on teaching theory in Meiji-Era (in Japanese)*. Hyuuron-Sya, Tokyo.
- Kurt, G. (2016). *Technological pedagogical content knowledge (TPACK) development of preservice middle school mathematics teachers in statistics teaching: A microteaching lesson study*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Kurt Birel, G. (2017). Matematik eğitimi araştırmaları bağlamında yeni bir yaklaşım: Ders imecesi. *Studies in Educational Research and Development*, 1(1), 60-82.
- Leavy, A. (2014). Looking at practice: revealing the knowledge demands of teaching data handling in the primary classroom. *Mathematics Education Research Journal*, 1-27.
- Lewis, C. (2000). Lesson Study: The Core of Japanese Professional Development. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association* (New Orleans, LA, April 24-28, 2000).
- Önel, F. (2021). *Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin geometrik düşünme becerilerinin dinamik geometri ortamında incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi.
- Shimizu, Y. (2020). Lesson study in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education*, 472-474. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Simon, M.A. (2014). Hypothetical learning trajectories in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education*, 272-275. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Simon, M. A., & Tzur, R. (2004). Explicating the role of mathematical tasks in conceptual learning: An elaboration of the hypothetical learning trajectory. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 91-104.
- Smeyers, P., de Ruyter, D. J., Waghid, Y., & Strand, T. (2014). Publish yet perish: On the pitfalls of philosophy of education in an age of impact factors. *Studies in Philosophy and Education*, 33(6), 647-666.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. R. Lesh and A. E. Kelly (Eds.). *Handbook of research design in mathematics and science education* içinde (s. 267-307). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Steffe, L. P., & Ulrich, C. (2014). Constructivist teaching experiment. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education*, 134-141. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York, NY: Free Press.
- Uygan, C. (2016). *Ortaokul öğrencilerinin zihnin geometrik alışkanlıklarının kazanımına yönelik dinamik geometri yazılımındaki öğrenme süreçleri*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Uygan, C. (2019). Öğrenci matematiğini araştırmada öğretim deneyi yöntemi: Kuramsal temeller ve örnek bir uygulamadan yansımalar. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 792-825.
- von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. London: Falmer Press.