

Öğrenci Matematiğini Araştırmada Öğretim Deneyi Yöntemi: Kuramsal Temeller ve Örnek Bir Uygulamadan Yansımalar

Teaching Experiment Methodology for Investigating Students' Mathematics: Theoretical Foundations and Reflections from an Exemplary Application

Candaş Uygan*

To cite this article/ Atıf için:

Uygan, C. (2019). Öğrenci matematiğini araştırmada öğretim deneyi yöntemi: Kuramsal temeller ve örnek bir uygulamadan yansımalar. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi – Journal of Qualitative Research in Education*, 7(2), 792-825. doi: 10.14689/issn.2148-2624.1.7c.2s.14m

Öz. Bu çalışmada günümüzün matematik eğitimi araştırmalarında yaygın olarak kullanılan öğretim deneyi yönteminin kuramsal temelleri, tarihsel gelişimi ve farklı türdeki öğretim deneylerinin özellikleri açıklanmıştır. İlk kez 1960'lı yıllarda Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde kullanılan öğretim deneyinin 1976'dan sonra ABD'de "yapılandırmacı öğretim deneyi"; 1990'lı yıllar içerisinde ise "sınıf öğretim deneyi" isimlerinde yeni türlerinin oluşturulduğu bilinmektedir. Sovyet öğretim deneylerinde öğrencilerin hedeflenen matematiksel kazanımları elde etmelerinde öğretmenin müdahaleci desteklerini içeren uygun öğrenme ortamlarının hazırlanması ön plandayken, yapılandırmacı öğretim deneyinde bir veya birkaç öğrencinin ön bilgisine dayanan uygun öğrenme ortamlarının hazırlanması ve öğrenme süreçlerinin modellenmesi odaktadır. Sınıf öğretim deneyinde ise öğrenmenin bireysel boyutunun yanında sosyal boyutu da ele alınmakta ve matematiksel bilginin sınıf normları ve sosyal etkileşimler bağlamında nasıl yapılandırıldığı incelenmektedir. Öğretim deneyinin temel unsurları keşfedici öğretim, öğretim bölümleri, klinik görüşmeler, geriye dönük kavramsal analizler ve öğrenci matematiğine ilişkin yaşayan modeller olarak tanımlanırken, söz konusu unsurlar örnek bir öğretim deneyinden yazarın edindiği deneyimlerle birlikte açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Öğretim deneyi, Sovyet öğretim deneyi, yapılandırmacı yaklaşım, yapılandırmacı öğretim deneyi, sınıf öğretim deneyi.

Abstract. In this study theoretical foundations and historical changes of the teaching experiment method, commonly conducted in the current mathematics education researches, and the features of the various teaching experiment types are explained. The teaching experiment method, first conducted in the Union of Soviet Socialist Republics in 1960s, was then divided to various types like constructivist teaching experiment emerging after 1976 and classroom teaching experiment developing in 1990s in the USA. In the Soviet type teaching experiment, it is aimed to design learning environments in which the teacher intervenes the students' learning processes with intent to obtain prior certain learning achievements stated. The constructivist teaching experiment focuses on the design of learning environments which are appropriate with one or more students' preknowledge and possible alternative learning processes and also aims to model their learning trajectories. In the classroom teaching experiment, in addition to individual psychological factors, social factors are also considered and it is investigated how students' mathematical knowledge is constructed within classroom norms and social interactions. While the main elements of the teaching experiments are exploratory teaching, teaching episodes, clinical interviews, retrospective conceptual analysis and living models of the students' mathematics, in this study the aforementioned elements are explained with relation to the writer's experiences gained from an exemplary teaching experiment.

Keywords: Teaching experiment, Soviet teaching experiment, constructivist approach, constructivist teaching experiment, classroom teaching experiment.

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 11.01.2019

Düzeltilme Tarihi: 25.03.2019

Kabul Tarihi: 29.04.2019

* Sorumlu Yazar/ Corespondence: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye, e-mail: cuygan@ogu.edu.tr ORCID: 0000-0002-2224-5004

Giriş

Yapılandırmacı yaklaşımın eğitime getirdiği yeni bakış açıları öğretmenlerin geleneksel öğretim yöntemlerinin dışına çıkmalarına ve sınıflarındaki öğrenme süreçlerinin nasıl gerçekleştiğini incelemelerine neden olmuştur. Bu noktada, bireylerin öğrenme süreçlerine yönelik derinlemesine incelemeler yapma imkânı sunan nitel araştırma yöntemleri yaygınlaşmıştır (Erickson, 1986). Bunun yanı sıra çeşitli öğrenme alanlarının kendine özgü epistemolojik süreçleri, bu alanların karakterine uygun yeni nitel araştırma desenlerinin doğmasını ve gelişmesini sağlamıştır. Bu alanlardan biri olan matematik eğitimi, matematiksel kavramların nasıl öğrenildiğinin incelenmesinde diğer alanlardan ithal edilen araştırma desenlerini kullanmak yerine kendi araştırma tekniklerini ve desenlerini geliştirmeye ihtiyaç duymuştur.

Matematik, aksiyomlar ve tanımlar üzerine inşa edilmiş, birbiriyle ilişkili soyut kavramların çalışıldığı bir disiplindir (Yıldırım, 2007). Matematik eğitimine yönelik araştırmaların bazıları ise öğrencilerin bu kavramlara ilişkin bilgiyi zihinlerinde nasıl yapılandırdığıyla ilgilenmektedir. Bu nedenle matematik eğitimi araştırmacıları kendilerinden farklı düşünme süreçlerine sahip olan öğrencilerin zihinlerindeki gizemli matematiksel düşünceleri keşfetmeyi amaçlamaktadır (Cobb & Steffe, 2011; Steffe, 1991; Steffe & Thompson, 2000). Matematik eğitimi araştırmacılarının öğrencilerdeki mevcut matematik bilgisini detaylı incelemek için özel bir görüşme tekniği olan klinik görüşmeden (clinical interviews) yararlandıkları bilinmektedir (Zazkis & Hazzan, 1999). Diğer yandan öğrenci zihnindeki matematiksel bilginin ne olduğunun ötesinde, bilginin yapılıırken hangi yolu izlediği ve nasıl gelişim gösterdiğine ilişkin sorular, matematik eğitimi alanında süreç temelli ve öğretimle bir arada uygulanan yeni araştırma yöntemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu çerçevede öğretim deneyi, özel olarak planlanan öğrenme ortamlarında öğrencilerin matematiksel bilgilerini nasıl inşa ettiklerini deneyimlemeyi, bunun yanı sıra bu sürecin adımlarını modellemeyi sağlayan bir araştırma yöntemi olarak ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada öğretim deneyinin kuramsal temelleri, farklı türleri ve bu türler içerisindeki temel unsurlar tanıtılırken; başlıklar içerisinde öğretim deneyiyle ilgili kişisel deneyimlere de yer verilecektir. Böylece, matematik eğitiminde ve matematiksel kavramların öğrenildiği diğer disiplinlerde (fizik eğitimi, kimya eğitimi vb.) güncel bir araştırma deseni olan öğretim deneyi ile ilgili yeni bakış açıları kazanılacağı beklenmektedir.

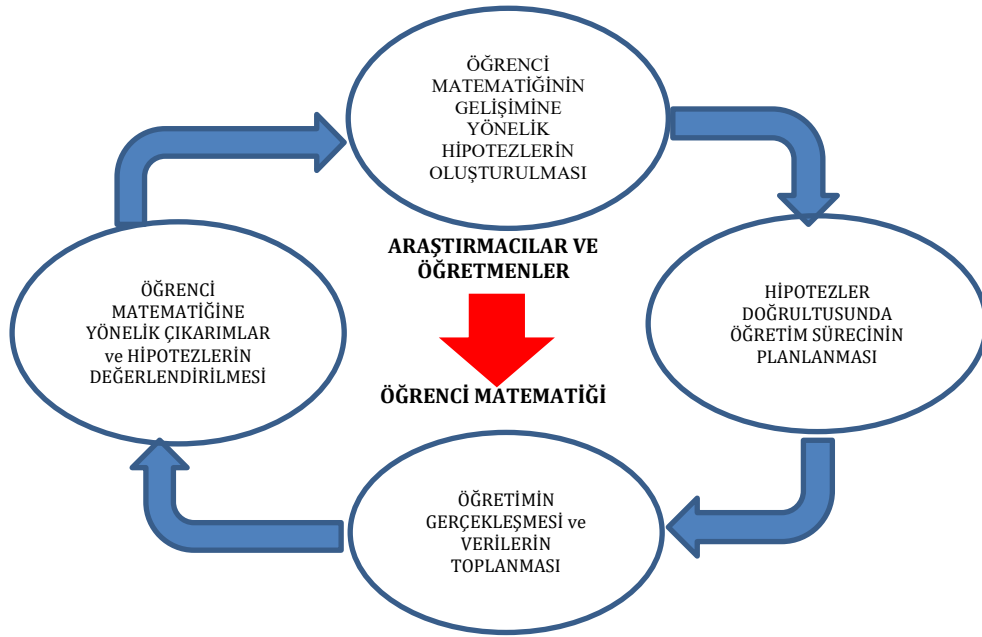
Öğretim Deneyi Nedir?

Öğretim deneyi, araştırmacıların öğrencilerin matematik bilgilerinin ne olduğunu ve tasarlanan öğrenme ortamları içerisinde bu bilgilerin nasıl değişim gösterdiğini yakından deneyimledikleri öğretim temelli bir araştırma deseni olarak tanımlanabilmektedir (Czarnocha & Maj, 2008). Burada “deneyimleme” kelimesi ile kastedilen öğrencilerin zihnindeki matematik gerçekliğini öğrenme sürecinde kullanılan dil, uygulanan işlemler ve yapılan hatalar üzerinden yorumlamak ve bu gerçekliğe ilişkin anlamlar oluşturmaktır. “Öğretim” boyutu ise süreç içerisinde yorumlanan öğrenci matematiğinin gelişimi için çeşitli öğrenme teorilerine dayanan öğrenme ortamlarının hazırlanmasını ve uygulanmasını içermektedir (Steffe & Thompson, 2000). Bahsedilen deneyimsel süreçte öğrencilerin matematik öğrenme süreçlerinin nasıl gerçekleşeceğine yönelik hipotezlerin oluşturulması,

hipotezlerin öğretim sürecinde değerlendirilmesi ve öğrencideki matematik bilgisinin evrimsel sürecine ilişkin çıkarımların yapılması esastır (Simon, 1995). Bu yönüyle öğretim deneyi, okul matematiğinin hem teorik hem de pratik yönüne odaklıdır ve öğrenme süreçleriyle ilgili ulaşılan sonuçların eğitimcilere öğrenci matematiğinin anlaşılmasında önemli ipuçları sağladığı bilinmektedir.

Öğretim Deneyinin Aşamaları

Öğretim deneyinin temel aşamaları Şekil 1’de sunulmaktadır. Şekil 1 oluşturulurken öğretim deneyine yönelik alanyazında ele alınan temel bileşenler ve döngüsel süreç (Cobb, 2000; Simon, 1995; Steffe, 1991; Steffe & Olive, 2010; Steffe & Thompson, 2000) dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Öğretim deneyinin temel aşamaları

Şekil 1’de görüldüğü üzere öğretim deneyinin merkezinde öğrenci matematiğini anlama amacı yer almaktadır. Araştırmacıların ilk aşamada öğrencilerdeki öğrenme süreçlerine ilişkin önceki araştırmaların sonuçlarını ya da kendi öğretimsel deneyimlerini temel alarak öğrenci matematiğinin gelişimine yönelik öncül hipotezleri oluşturdukları görülmektedir. Öncül hipotezler ışığında uygun öğrenme ortamının hazırlanması, öğretimin gerçekleştirilmesi, verilerin analiziyle birlikte öncül hipotezlerin değerlendirilmesi ve ileriye dönük yeni hipotezlerin oluşturulması aşamaları döngüsel biçimde devam etmektedir.

Öğretim deneyindeki hipotezlerin nicel deneysel araştırmalardaki hipotezlerden farklı olduğu dikkate alınmalıdır. Deneysel araştırmalarda süreç öncesinde oluşturulan bir hipotezin araştırma sonunda doğrulanması ya da reddedilmesi söz konusu iken, öğretim deneyinde oluşturulan bir hipotez süreç

boyunca değerlendirilmekte ve ileriye dönük olarak yeniden düzenlenmektedir (Steffe & Ulrich, 2014). Diğer yandan Şekil 1'deki döngüyü gördüğünüzde aklınıza öğretim deneyinin eylem araştırmasıyla benzer bir süreci takip ettiği gelebilir. Bu noktada, benzer aşamalara sahip olan bu iki araştırma desenini ayıran bazı çizgiler bulunmaktadır.

Öğretim Deneyi ile Eylem Araştırmasının Karşılaştırılması

Öğretim deneyi ile eylem araştırması desenin en temel ortak noktası ikisinin de sürece yönelik müdahaleler içermesidir. Eylem araştırmasındaki müdahaleler yerel bir sorunu çözmek için geliştirilen eylem planlarını kapsarken, öğretim deneyinde öğrenci matematiğinin gelişimine olanak sağlayacak öğrenme ortamları tasarlanmaktadır (Cobb, Jackson & Dunlap, 2017). Bu iki araştırma deseninin diğer ortak yönleri ise faydacı (pragmatist) olmaları, sürece yayılan kavramsal analizleri içermeleri (Aşık ve Yılmaz, 2017), geriye dönük değerlendirmelerin ve ileriye dönük yeni planlamaların yapıldığı döngüsel aşamalardan oluşmalarıdır (Mertler, 2012).

Eğitim alanında yapılan eylem araştırmalarında bir uygulayıcı grubu (genellikle öğretmenler) öğretim ortamının eksik yönlerini tamamlamak amacıyla birlikte çalışmaktadırlar (Aşık ve Yılmaz, 2017). Öğretim deneyinde ise çalışma grubu esas olarak araştırmacılardan oluşurken, bu çalışma grubu sürecin gerekliliklerine ya da yürütülen öğretim deneyinin türüne bağlı olarak öğretmenlerle işbirliği yapabilmektedirler. Diğer yandan Cobb, Jackson ve Danlop (2017) iki araştırma deseni arasındaki en önemli farkın amaçlar ve ürünler bağlamında ortaya çıktığını belirtmektedir. Örneğin eylem araştırması yerel boyuttaki sorunlara çözümler geliştirmeyi amaçlarken, öğretim deneyi öğrencilerin öğrenme süreçlerine yönelik genellenebilir teorik modeller üretmeyi amaçlamaktadır. Örnek olarak van Hiele'in (1984) öğrencilerdeki geometrik düşünme düzeylerine ilişkin oluşturduğu modeli ya da Harel ve Sowder'ın (1998) öğrencilerdeki ispat şemalarını yansıtan modeli öğretim deneyi ürünleridir.

Öğretim deneyinin eylem araştırmasından ayıran bir diğer özelliği ise matematik eğitimi alanında çeşitli öğrenme teorilerini (sosyokültürel teori, yapılandırmacı yaklaşım) temel alarak ortaya çıkmış ve gelişimini bu disiplin içerisinde sürdürmüş olmasıdır. Bu bağlamda öğretim deneyi adı geçen teorilere dayalı olarak, öğrencilerdeki matematiksel düşünmeyi ve kavramsallaştırmayı destekleyecek öğretimsel tasarımları yapmaya ve öğretim sırasında öğrencilerin öğrenme yollarını modellemeye odaklanmaktadır. Bu yönüyle öğretim deneyi matematiksel içerik, akıl yürütme, problem çözme, iletişim gibi kavramların merkezde olduğu bir yapıya sahiptir ve -matematik eğitiminin yanında- bu kavramların önemli yere sahip olduğu fen bilimleri eğitiminde de kullanılabilir (Komorek & Duit, 2004; Mohan & Anderson, 2009). Diğer yandan eylem araştırması daha geniş bir kullanım alanına sahiptir ve eğitim alanı dışındaki pek çok disiplinde de yerel sorunlara çözüm geliştirmek amacıyla uygulanabilmektedir.

Öğretim Deneyinin Güçlü ve Sınırlı Yönleri

Öğretim deneyinin eğitim alanına en önemli katkısı öğrencilerdeki matematik öğrenme süreçlerine ayrıntılı olarak ışık tutması ve eğitimcilere öğrenci matematiğiyle ilgili kaynak sağlamasıdır (Simon, 1995; Steffe & Olive, 2010). Öğretim ve araştırmanın iç içe gerçekleştiği bu süreçte araştırmacılar öğrenme ortamına aktif olarak katılmakta ve çeşitli veri toplama teknikleriyle öğrenci matematiğindeki gelişimi yakından deneyimlemektedirler. Bu yönüyle öğretim deneyi öğrencilerin belirli bir andaki matematik bilgilerini değil, süreç içinde değişim gösteren bilgilerini de detaylı olarak incelemektedir. Az sayıda öğrenciyle gerçekleştirilen öğretim deneylerinde öğrenme süreci bireylerin bilişsel süreçleri

üzerinden incelenirken (Steffe, 1991; Steffe & Thompson, 2000; Steffe & Ulrich, 2014), sınıfta yürütülen öğretim deneylerinde eğitimciler öğrenmede rol oynayan sosyal ve sosyomatematiksel normlarla ilgili de farkındalık kazanabilmektedirler (Cobb, 2000; Cobb & Yackel, 1996; Cobb, Yackel & Wood, 1989). Öğretim deneyinin bir diğer güçlü yönü öğrencilerin öğrenme yolları dikkate alınarak uygun öğrenme ortamlarının süreç boyunca tasarlanmasıdır. Böylece öğretmenlere öğrenci bilgisinin yanında öğretimsel tasarım süreçleriyle de ilgili zengin kaynaklar sağlanmaktadır.

Öğretim deneyinin sınırlıkları ise, türlerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu noktada öğretim deneyi türlerinin ortaya çıkışındaki kronolojik sıra göz önüne alındığında her öğretim deneyi türünün bir öncekine eleştirel yaklaştığı görülmektedir. Sovyet öğretim deneylerinde belirli bir öğrenme kazanımının ya da öğrenme yolunun sınıfta gerçekleşmesine odaklanan araştırmacılar öğrencilerin gerçekleştirebilecekleri alternatif öğrenme yollarını göz ardı edebilmektedir (Cobb & Steffe, 2011). Diğer yandan yapılandırmacı yaklaşımı benimseyen öğretim deneylerinin öğrencilerdeki alternatif öğrenme yollarını göz önünde bulundurduğu ve onların ön bilgilerine dayalı olarak yeni matematiksel bilgiyi nasıl yapılandırdıklarını ayrıntılı olarak incelediği bilinmektedir (Steffe, 1991). Buna karşılık yapılandırmacı yaklaşıma dayalı olarak yürütülen ilk öğretim deneylerinin temelinde radikal yapılandırmacı bakış açısının bulunduğu görülmektedir. Bu bakış açısında matematik öğrenimi sadece bireysel süreçler üzerinden ele alınırken, bir ya da birkaç öğrenci sınıflarından izole öğrenme ortamlarında gözlenmektedir. Bu yönüyle radikal yapılandırmacı yaklaşıma dayalı öğretim deneyleri matematik öğreniminin sınıf ortamındaki sosyal boyutlarını göz ardı etmektedir. Radikal yapılandırmacı yaklaşımı benimseyen öğretim deneylerinin bir diğer özelliği ise araştırmacının öğrenci matematiğini yakından deneyimlemek amacıyla öğretmen rolünde sürece dâhil olmasıdır. Çalışmayı yürütecek araştırmacıların daha önce öğretmenlik deneyimlerinin olmaması ya da çalışmaya katılacak öğrencinin ön matematik bilgisi konusunda bilgi sahibi olmamaları araştırmanın bir başka sınırlı yönünü ortaya çıkarabilmektedir. Söz konusu sınırlılığın azaltılması için öğretim deneyleri öncesinde araştırmacıların öğrencilerle ilgili ön deneyimler kazanması amacıyla keşfedici öğretim sürecini gerçekleştirmesi önerilmektedir (Steffe & Thompson, 2000). Araştırmacıların öğretmen rolünde dâhil olduğu öğretim deneylerinin bir diğer sınırlılığı da zamanla öğretim sürecinin doğal bir parçası haline gelen araştırmacının öğrenme ortamını dışarıdaki bir gözlemci gibi değerlendirmesinin zorlaşmasıdır. Söz konusu sınırlılığın giderilmesi için katılımcı öğrenciyi daha önceden tanıyan bir öğretmenin ya da ikinci bir araştırmacının öğretim deneyine gözlemci olarak katılması önerilmektedir (Steffe & Ulrich, 2014).

Sınıf ortamında yürütülen ve bireysel öğrenme süreçlerinin yanında sınıf içerisindeki mevcut sosyal normlar, sosyomatematiksel normlar ve matematiksel tartışmalar gibi öğrenmenin sosyal boyutlarına odaklanan öğretim deneylerinde araştırmacının rolü farklılaşabilmektedir. Bu tür öğretim deneylerinde öğretim süreci bir araştırmacı tarafından yürütülebileceği gibi (Simon, 1995) işbirliği kurulan öğretmen tarafından da gerçekleştirilebilmektedir. İkinci durumda araştırmacılar sınıfta gözlemci olarak yer alabilirlerken, uygulama sürecine etkileri sınırlı kalmaktadır (Cobb & Yackel, 1996). Araştırmacılar sınıf içi gözlemlerinde matematik öğreniminin bireysel boyutlarına ek olarak sosyal boyutlarını da derinlemesine incelerlerken, verilerin çözümlenmesi kapsamında ise yeni zorluklarla karşılaşabilmektedirler. Çünkü öğrenme sürecinin hem bireysel hem de sosyal boyutlarına ilişkin toplanan verilerin titiz biçimde ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu durum araştırmacıları öğrenmede rol oynayan pek çok değişkeni kayıt altına alacak veri toplama araçlarını kullanmaya ve daha fazla veriyi analiz etmeye yönlendirmektedir. Ayrıca araştırmacılar öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin çıkarımlar yapmak amacıyla geriye dönük analizleri dikkatli biçimde planlanmalıydılar. Geriye dönük analizlere ilişkin özenli planlamaların yapılmadığı öğretim deneylerinde sonraki öğrenme süreçlerine

yönelik hipotezlerin de özenli biçimde oluşturulamayacağı ve öğrenci matematiğine ilişkin çıkarımların eksik kalacağı bilinmelidir.

Diğer yandan araştırmacıların gözlemci rolünde dâhil oldukları sınıf temelli öğretim deneylerinde -ele alınan bağlama göre- öğretimi yürütecek öğretmenlerin yeni bilgi ve beceriler edinmesi de gerekebilmektedir. Örnek olarak belirli öğretim teknolojisiyle desteklenmiş bir öğrenme ortamının tasarlanmasında ve öğretimin gerçekleştirilmesinde, öğretim sürecini yürütecek öğretmenin söz konusu teknolojiye yönelik teknolojik pedagojik alan bilgisine sahip olması önemlidir (Uygan, 2016). Aksi durumda araştırmacıların, birlikte çalışacakları öğretmen ile mesleki becerileri geliştirmeye dönük ön çalışmaları yapmaları gerekebilmektedir. Bu durumda araştırmacının daha uzun sürece yayılacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Farklı Öğretim Deneyi Türlerinin Ortaya Çıkışı

Günümüzde ABD ve Avrupa ülkelerindeki matematik eğitimi araştırmalarında yaygın olarak kullanılan öğretim deneyinin 1976'dan itibaren yapılandırmacı yaklaşıma dayalı olarak uygulandığı bilinmektedir (Steffe, Hirstein & Spikes, 1976). Diğer yandan bu tarihten önce, SSCB'de Pedagojik Bilimler Akademisinde Vygotsky'nin fikirlerine dayanan farklı öğretim deneylerine rastlanmaktadır (Menchinskaya, 1969a; Menchinskaya 1969b). Thompson (1979, s.2) bu döneme ait çalışmaları "Sovyet öğretim deneyleri" olarak sınıflandırmaktadır.

Sovyet Öğretim Deneyleri

Sovyet öğretim deneylerinin temelinde sosyokültürel teorinin önemli yeri vardır (Arievitch & Haenen, 2005). Sosyokültürel teoride bir insanın zihinsel gelişimi, sürekli olarak çevreye uyum sağlama süreci olarak görülmektedir. Uyum sağlama süreçlerinin gelişimi sosyal öğrenme ortamlarındaki paylaşımlar ile sağlanmaktadır. Birey sosyal etkileşim içindeyken kendisinin ve akranlarının zihinsel işlemlerini harekete geçirmektedir (Vygotsky, 1978). Bunun yanında sosyokültürel teori kapsamında yakınsal gelişim alanı (zone of proximal development) kavramı önemlidir. Yakınsal gelişim alanı bir öğrencinin belirli bir konuyu ya da kavramı tek başına öğrenebilme yeterliği ile bir yetişkinin ya da akranının yardımıyla öğrenebilme yeterliği arasındaki farktır (van de Walle, Karp & Bay-Williams, 2012). Bir öğrencinin yakınsal gelişim alanında olması bu öğrencinin hedeflenen öğrenmeyi tek başına gerçekleştiremediğini ve öğrenciye yetişkin ya da akran desteğinin (scaffolding) sağlanması gerektiğini göstermektedir. Bu destek öğrencinin içinde bulunduğu gelişim alanı kapandıkça azaltılmaktadır. Sosyokültürel teorinin bu boyutları öğretim deneyinde ne tür öğrenme ortamlarının ve destek biçimlerinin oluşturulacağına ışık tutmaktadır. Araştırmacılar hazırladıkları yeni öğrenme ortamları içerisinde öğrencilerin zihinsel işlemlerinin nasıl gelişim gösterdiğini deneyimlemektedir (Elstak, 2007).

Öğretim deneyinin ABD'de yapılandırmacılık temelinde yeni bir kimlik kazandığı yıllarda Thompson (1979) NCTM'in yıllık toplantısında Sovyet öğretim deneylerinin beş temel özelliğe sahip olduğunu açıklamıştır. Sovyet öğretim deneylerinde,

1. Öğrencilerin bir konuyu öğrenirken gerçekleştirdiği düşünsel süreçleri keşfetmek amaçlanmaktadır;
2. Boylamsal incelemeler yapılmaktadır;

3. Araştırmacının öğrencilerin öğrenme süreçlerine müdahalesi söz konusudur;
4. Öğretim deneyi sırasında, elde edilen verilere yönelik çözümlenmeler yapılmaktadır;
5. Nitel veri toplama teknikleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte sınıftaki öğrencilerin mevcut öğrenme düzeylerini betimlemek amacıyla nicel veri toplama tekniklerinin de kullanılabildiği bilinmektedir.

Vygotsky'nin çalışmalarından türeyen ve öğrencilerin öğrenme süreçlerini inceleyen öğretim temelli araştırmalar öğretim deneyinin ilk örneklerini ortaya çıkarmıştır. Diğer yandan Sovyet öğretim deneylerinin, öğretimin hangi boyutlarına odaklandıklarına bağlı olarak farklı türlere ayrıldıkları bilinmektedir.

Farklı tür Sovyet öğretim deneyleri ve araştırmacıların rolleri

Sovyet öğretim deneyleri Menchinskaya (1969a, s.5) tarafından iki türe ayrılmaktadır: “makro şema” ve “mikro şema”. Makro şemada öğrencilerin bir yaş ya da sınıf düzeyinden bir sonrakine geçerken, özel olarak tasarlanmış öğretim ortamında hedeflenen kazanımları gerçekleştirip gerçekleştirmedikleri gözlenmektedir. Mikro şemada ise bir öğrencinin belli bir bilgi ya da beceriyi kazanırken yaşadığı bireysel psikolojik süreçler ayrıntılı olarak incelenmektedir. Bu yönüyle makro şema öğretimsel içeriğe; mikro şema ise öğrenci düşüncesine daha fazla odaklıdır. Makro şema türündeki öğretim deneyine Davydov'un (1975) çalışması örnek verilebilir. Araştırmacı yaptığı öğretim deneyinde, daha önceki çalışmalarında farklı öğrencilerden edindiği deneyimler ışığında, eşitlik ve eşitsizlik kavramlarının öğreniminde öğrencilere destek sağlayacak bir öğretim materyalini hazırlamıştır. Araştırmacı öğretim deneyi sürecinde öğrencilerin materyalden yararlanarak bir eşitliğin iki tarafındaki niceliklerin yerlerini değiştirmelerini, eşitliklerdeki geçişlilik özelliği üzerinde akıl yürütmelerini, bir eşitsizliği eşitlik haline getirmek için ekleme yapmaları gibi daha önceden planlanan işlemleri gerçekleştirmelerini beklemiştir. Süreç içerisinde Davydov, planlanan öğretimsel içerik doğrultusunda öğrencilerin matematiksel deneyimlerini gözlemlemiştir. Mikro şema türündeki öğretim deneyine ise Kantowski'nin (1977) ABD'de yürüttüğü araştırma örnek olarak verilebilir. Kantowski bu çalışmada rutin olmayan geometri problemleri bağlamında bir öğrencinin düşünme süreçlerinin nasıl gerçekleştiğini incelemiş ve süreç boyunca hedef yönelimli akıl yürütme, verileri sürekli olarak analiz etme, öğrenme süreçlerine ilişkin çıkarımlara ulaşma, geriye dönük değerlendirmeler yapma adımlarını uygulamıştır. Böylece Kantowski yürütülen öğretim sırasında bir öğrencinin bireysel psikolojik süreçlerini daha ayrıntılı yansıtan bulgulara ulaşmıştır.

ABD'de 1976'dan itibaren (Steffe, Hirstein & Spikes, 1976) uygulanan yapılandırmacı öğretim deneyi (constructivist teaching experiment) dayandığı teori itibariyle öğrenme ortamındaki bireysel süreçlere odaklanmakta ve öğrencilerin matematiksel bilgiyi nasıl yapılandırdığını incelemektedir (Steffe, 1991). İçerdiği bireysel psikolojik analizler nedeniyle yapılandırmacı öğretim deneyinin mikro şemanın özelliklerini yansıttığı bilinmektedir (Cobb & Steffe, 2011). Diğer yandan bu durum mikro şema türündeki tüm öğretim deneylerinin yapılandırmacı yaklaşıma dayandığı anlamına gelmemektedir. Örnek olarak, Kantowski'nin mikro şema türündeki öğretim deneyi yapılandırmacı yaklaşımı temel almamaktadır. Çünkü Kantowski'nin öğretim deneyinde bir öğrencinin öğrenme sürecinin hangi aşamaları takip etmesi gerektiği sürecin başında bellidir. Öğrencilerin bilgiye ulaşmadaki alternatif öğrenme yolları ise ikinci plandadır.

Menchinskaya (1969b, s.79) Sovyet öğretim deneylerinin bakış açılarını açıklarken “*ne bilimsel ne de gündelik bilginin spontane olarak ortaya çıkmadığı; her ikisinin de yetişkinlerin öğretimleri ile*

biçimlendiği” düşüncesinin merkezde olduğunu vurgulamıştır. Diğer yandan yapılandırmacı yaklaşımı temel alan Cobb ve Steffe (2011) yetişkinlerin öğrencilere matematik öğrenimi sırasında yardım edebileceklerini; ancak bu yardımın öğrencinin bilgiyi yapılandırma sürecini belirli kalıplara sokan bir müdahale olmaması gerektiğini belirtmektedir. Bu bağlamda öğrencinin bilgiyi yapılandırma süreci öğrenme ortamındaki deneyimleri ile ortaya çıkmaktadır. Öğrenci bu süreçler içerisinde neyi, nasıl yapılandıracağını kendisi belirlemektedir. Bu nedenle yapılandırmacı öğrenme yaklaşımını temel alan öğretim deneyleri öğrencinin kendi bilgisini yapılandırma süreçlerini incelemeyi ve bu süreci kolaylaştıracak öğrenme ortamlarını hazırlamayı amaçlamaktadır. Yapılandırmacı yaklaşıma dayalı olarak yeniden biçimlendirilen ve uygulanan ilk öğretim deneyleri tarafından “yapılandırmacı öğretim deneyi” olarak isimlendirilmektedir (Steffe & Ulrich, 2014, s.102). Bir sonraki başlıkta bu öğretim deneyi türünün gelişimi ve özellikleri ele alınmaktadır.

Yapılandırmacı Öğretim Deneyi

ABD’de 1976’den itibaren uygulanmaya başlanan yapılandırmacı öğretim deneylerinde (Steffe, Hirstein & Spikes, 1976) radikal yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği ve özel olarak hazırlanmış öğretim ortamlarında bir ya da birkaç öğrencinin bireysel öğrenme süreçlerine odaklanıldığı bilinmektedir (Thompson, 2000). Bu nedenle yapılandırmacı öğretim deneyinin ne olduğunun anlaşılması için öncelikle yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının ve radikal yapılandırmacı bakış açısının bilinmesi gerekmektedir. Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına göre, öğrenme bireyin edilgen kaldığı bir süreç içerisinde değil; bireyin bir bilgiyi mevcut bilgi şeması üzerinden anlamlandırması sonucu oluşmaktadır. Bu noktada sahip olduğumuz bilgi şemalarımız yaşadığımız deneyimleri nasıl yorumladığımızı ve yeni bilgilerimizi nasıl oluşturduğumuzu belirlerken (Piaget, 1964), aynı zamanda anlamlandırmaya çalıştığımız yeni bir olgu mevcut bilgi şemalarımızın yeniden düzenlenmesine neden olabilmektedir.

Yapılandırmacı yaklaşım kapsamında ortaya çıkan bakış açılarından birisi von Glasersfeld’in 1970’li yıllar içerisindeki çalışmalarıyla ortaya koyduğu radikal yapılandırmacı yaklaşımdır (von Glasersfeld, 1995). Radikal yapılandırmacı yaklaşım öğrenme sürecini bireysel bağlamda ve göreceli bir bakış açısıyla ele alırken, Steffe (1991) matematik öğrenimi bağlamında her bireyin öz-düzenlenmiş bilişsel işlemler aracılığıyla kendi matematiksel gerçekliğini oluşturduğunu öne sürmektedir. Bu yaklaşım çerçevesinde Steffe ve Thompson (2000, s.268) öğrencilerin matematik gerçekliklerini (mathematics reality) “öğrenci matematiği (student’s mathematics)” olarak tanımlamış ve bu gerçekliğin onları gözleyen yetişkinlerin matematiksel gerçekliklerinden farklı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle, öğrencilerin matematik yapma yollarının anlaşılması için, yetişkinlerin kendi matematik şemalarının yanında, öğrenci matematiği fenomenine yönelik de bilgi şemaları oluşturması gerekmektedir. Bu fenomenlere yönelik farklı bir terminoloji kullanan Steffe ve Olive (2010) bir öğrencinin sahip olduğu matematiksel bilginin onun için “birinci dereceden matematik bilgisi” olduğunu; bu bireyi gözleyen başka birisinin -örneğin öğretmenin- öğrencinin matematiğine yönelik bilgisinin ise “ikinci dereceden matematik bilgisi” olduğunu açıklamışlardır. Bu noktada birinci dereceden matematik bilgisi, öğrenci matematiği kavramına karşılık gelirken, ikinci dereceden matematik bilgisi Steffe ve Thompson’un (2000, s.268) “mathematics of students” olarak isimlendirdiği ve Aşık ve Yılmaz’ın (2017, s.353) Türkçeye “algılanan öğrenci matematiği” olarak çevirdikleri kavram ile eş anlamlıdır. Öğrencinin birinci dereceden matematik bilgisi, onun kendi matematiksel deneyimlerini düzenlemek, anlamlandırmak ve kontrol etmek için oluşturduğu bir şemadır. İkinci dereceden matematik bilgisi, öğrenciyi gözleyen başkasının öğrencideki birinci dereceden matematik bilgisini nasıl anlamlandırdığını göstermektedir.

ABD’de yapılandırmacı yaklaşımı temel alan araştırmalar 1970’li yıllarda yaygınlaşırken, bu teorinin matematik eğitimine yansımaları, eğitimcilerin öğrenci matematiğine daha fazla odaklanmasına zemin hazırlamıştır (von Glasersfeld, 1995). Bu bağlamda araştırmacılar öğrencilerin matematiksel kavramları nasıl yorumladığını, problem çözümleri sırasında ne tür stratejiler geliştirdiğini ve nasıl akıl yürüttüğünü derinlemesine inceleyen yeni tekniklere ihtiyaç duymuşlardır. Klinik görüşme bu tekniklerden birisi olarak ortaya çıkarken, sonraki pek çok araştırma yönteminin geliştirilmesine de zemin sağlamıştır. İlk kez Piaget (1952) tarafından kullanılan klinik görüşme tekniğinde, çocukların bilişsel süreçlerinin ayrıntılı olarak incelendiği bilinmektedir. Bu görüşme tekniği sonraki yıllarda matematik eğitimi araştırmalarında yaygın bir nitel veri toplama aracı haline gelirken, bu durum klinik görüşmenin nasıl tanımlandığı ve hangi amaçla kullanıldığı üzerinde tartışmaları da beraberinde getirmiştir (Ginsburg, 1981). Klinik görüşme özel bir problem durumunun çözümü kapsamında araştırmacı ile öğrenci arasındaki konuşmaları içeren bir görüşme türü olarak tanımlanmaktadır (Ginsburg, 1997). Görüşme sürecinde araştırmacının rolü öğrencilerin belirli bir matematiksel bağlam üzerinde yeterince düşünüp yanıtlar verecekleri soruları hazırlamaktır. Böylece araştırmacı, öğrencinin matematik bilgisine ve akıl yürütme sürecine yönelik çıkarımlara ulaşabilmektedir (Goldin, 1997). Bunun yanı sıra, Ginsburg (1981) klinik görüşmede keşif, tanımlama ve yeterliği belirleme olmak üzere üç temel amaca vurgu yapmaktadır. Bu amaçlara göre bir klinik görüşmede araştırmacı, bireyin verilen problem durumuna yaklaşımındaki düşünsel temelleri keşfetmeyi; gerçekleştirdiği çözüm adımlarının altında yatan zihinsel süreçleri tanımlamayı; problemi tamamlamadaki yeterliğini belirlemeyi hedeflemektedir. Buradaki “yeterlik” bileşeni, bireyin oluşturduğu çözüm yollarına yönelik motivasyonunu ve inancını değerlendirmeyi kapsamaktadır.

Klinik görüşme, öğrencilerin matematik bilgisini çok boyutlu olarak araştırması nedeniyle matematik eğitimi araştırmalarında özel bir yere sahiptir. Diğer yandan öğrencinin sadece o anki mevcut bilgisine odaklanması nedeniyle klinik görüşmelerin, bilginin öğrenci tarafından nasıl yapılandırıldığı ve öğrenme sürecinin nasıl gerçekleştiğine ilişkin sorulara yeterli yanıtları sağlayamadığı bilinmektedir. Yapılandırmacı bakış açısında bu sorulara yanıt aranması, matematik eğitiminde klinik görüşme tekniğinden türeyen -ancak öğrencinin matematik bilgisinin nasıl geliştiğini de incelediği için klinik görüşmeden daha kapsamlı bir yöntem olan- yapılandırmacı öğretim deneyinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Steffe & Thompson, 2000).

Yapılandırmacı öğretim deneyinin temel amacı öğrencilerin matematiksel bilgiyi yapılandırma sürecini yakından deneyimlemek ve öğrenci matematiğinin tasarlanan öğrenme ortamlarında nasıl değişim gösterdiğini açıklayan modeller inşa etmektir (Cobb & Steffe, 2011). Bu modeller, okullardaki matematik öğretiminin planlanmasında eğitimcilere rehberlik eden kaynakları sunmaktadır.

Yapılandırmacı öğretim deneyinde araştırmacının rolü

Yapılandırmacı öğretim deneyinde araştırmacı, temel amacının öğrenme süreci içerisinde öğrenci matematiğinin nasıl bir yol izlediğini açıklayan modeller inşa etmek olduğunu unutmamalıdır. Bu amaç çerçevesinde araştırmacı, ön matematiksel bilgileri konusunda fikir sahibi olduğu bir ya da birkaç öğrenciyi öğretim deneyinin katılımcıları olarak belirlemeli ve öğrencilerdeki matematiksel bilginin nasıl gelişim gösterebileceğine ilişkin öncül hipotezleri oluşturmalıdır (Cobb, 2011). Öncül hipotezlerin oluşturulmasında farklı öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin daha önceki öğretim deneylerinin sonuçlarından yararlanabileceği gibi, araştırmacı kendi öğretimsel deneyimlerini de temel alabilmektedir. Bunun yanında öğretim deneyi öncesinde katılımcı öğrencilerle yürütülen keşfedici öğretim aşamasının da araştırmacının öğrencilerdeki ön bilgilerin farkında olmasına katkı sağladığı bilinmektedir (Steffe & Ulrich, 2014). Araştırmacının sonraki görevi ise öncül hipotezlere bağlı olarak uygun öğrenme ortamlarını hazırlamak ve uygulama sürecine araştırmacı/öğretmen rolünde katılarak,

öğrencilerin hedeflenen konuya ya da kavrama ilişkin matematiksel bilgiyi nasıl yapılandırıldığını yakından deneyimlemektir. Cobb ve Steffe (2011) bu sürecin araştırmanın amacına bağlı olarak altı haftadan iki aya kadar değişebildiğini belirtmektedir.

Öğretim deneyi boyunca yapılandırmacı bakış açısına göre hareket eden araştırmacı öğrenciye hazır matematiksel bilgiyi sunmak yerine, öğrencinin mevcut ön bilgisini dikkate almalı ve onun kendi matematiksel bilgisini inşa edeceği özel öğretimsel görevleri tasarlamalıdır. Diğer yandan araştırmacının öğretim sürecini titiz biçimde sürdürebilmesi, onun süreç boyunca öğrenci matematiğini ne kadar dikkatli analiz ettiğine bağlıdır. Bu noktada araştırmacı, öğretim deneyinin belirli aşamalarında, öğrenci matematiğinin nasıl değişim gösterdiğini görmek için geriye dönük (retrospective) analizler yapmalıdır (Steffe ve Thompson, 2000). Araştırmacının bu analizler ışığında önceki hipotezlerini gözden geçirerek yeni hipotezlerini oluşturması önemlidir. Öğretim deneyi boyunca takip edilen hipotez oluşturma, öğretimsel görevleri planlama, öğretimsel görevleri uygulama, geriye dönük analizler yapma ve yeni hipotezleri oluşturma döngüsü, öğrenci matematiğinin baştan sona ayrıntılı olarak modellenmesine kadar devam etmektedir (Steffe ve Ulrich, 2014). Araştırmacı, süreç boyunca adım adım inşa ettiği bu model ile matematik eğitimcilerine öğrenci matematiğinin karanlıkta kalan yönlerini bütüncül olarak sunmaktadır.

Bunlarla birlikte Steffe (1991, s.191) yapılandırmacı öğretim deneyini yürütecek matematik eğitimi araştırmacılarının belirli becerilere sahip olması gerektiğine vurgu yapmaktadır:

1. Öğrencilerle matematiksel iletişim kurabilme,
2. Öğrencileri matematiksel görevler içerisine dâhil edebilme,
3. Öğrenci matematiğini çözümleyebilme,
4. Öğrenci matematiğine uygun matematiksel ortamları düzenleyebilme,
5. Öğrencilerin matematiksel deneyimlerini anlayabilme,
6. Matematiksel görevler bağlamında öğrencilerin yansıtma ve soyutlama süreçlerini nasıl destekleyeceğini bilme,
7. Öğrencilerin matematiksel iletişimlerini destekleyici yöntemleri kullanabilme,
8. Uzun vadede öğrencilerin motivasyonlarını nasıl arttıracığını bilme,
9. Diğer matematik/alan eğitimcileriyle hem matematiksel hem de pedagojik konularda iletişim kurabilme becerileridir.

1990'lı yıllar içerisinde öğretim deneylerinin paradigmaları üzerinde yapılan tartışmalarda, öğrenme süreçlerinin sosyal etkileşimlerden bağımsız olarak incelenemeyeceği düşüncesi ağırlık kazanırken, bu tartışmalar gelişmekte olan yeni bir paradigmaya dayanan öğretim deneylerinin gelişimine ön ayak olmuşlardır.

Sınıf Öğretim Deneyi

Sınıflardaki sosyal etkileşimlerin öğrenme süreçleri üzerindeki rolünün dikkate alınması öğretim deneyinin temelindeki paradigmanın yeniden şekillenmesine yol açmıştır. Bu bağlamda öğrenme

sürecinin bireysel süreçler ışığında mı, yoksa sınıftaki sosyal süreçler bağlamında mı ele alınacağı üzerindeki tartışmalar belirleyici olmuştur (Cobb, 1989; Cobb, Yackel ve Wood, 1989). Birinci bakış açısının temelinde radikal yapılandırmacı yaklaşımın yer aldığı bilinirken, ikinci bakış açısının temelinde ise sosyal yapılandırmacılık ön plana çıkmıştır. Radikal yapılandırmacı yaklaşımı benimseyen araştırmacılar bireysel öğrenme süreçlerindeki psikolojik unsurları derinlemesine incelemeye odaklanmışlardır. Bu araştırmacılara göre öğrenme sürecinde sosyal etkileşimlerin de rolü olmasına karşılık, matematiğin öğrenimi sonuçta öznel bilişsel kazanımlardır ve önemli olan bu bilişsel süreçlerin anlaşılmasıdır. Diğer yandan öğrenme sürecini sosyal yapılandırmacılığın sunduğu bakış açısıyla ele alan araştırmacılar öğrenme sürecinin incelenmesinde sınıf içindeki matematiksel tartışmaların ve paylaşımların sosyal bağlamda nasıl yapılandığına odaklanmışlardır. Bu bakış açısına göre öğrencilerin matematiksel süreçlerinin anlaşılmasında birey odaklı analizler kendilerine daha az yer bulmaktadır (Cobb & Yackel, 1996; Cobb, Yackel & Wood, 1989).

Bununla birlikte Cobb (1989) öğretim deneyinde bireysel ve sosyal öğrenme süreçlerini birlikte incelediği yeni bir yaklaşımı ele almaktadır. Bu yaklaşımda sosyal etkileşimin öğrenme sürecine nasıl yön verdiğinin incelenmesinde Blumer'in (1969) sembolik etkileşimcilik kuramı temel alınmaktadır. Sembolik etkileşimcilik sosyal bir yapı içerisindeki etkileşimler sonucu bireylerin hem kendilerine hem de sosyal yapının diğer unsurlarına semboller/roller atadıklarını ortaya koyan bir kuramdır. Bu sembollerin içerdiği anlamlar içerisinde bireyin sosyal yapı içerisinde kendisini nasıl algıladığı, topluluğu oluşturan unsurları nasıl algıladığı ve topluluğun kendisine yönelik oluşturduğu anlamları nasıl algıladığı ortaya çıkmaktadır. Topluluğun içerisindeki semboller ve algılar bu topluluğu oluşturan bireylerin eylemlerine yön vermektedir. Bu kuramın sınıftaki öğrenme sürecini anlamak amacıyla matematik eğitimi alanına dâhil edilmesi, sosyokültürel kuramın da üzerinde durduğu öğrenciler arası etkileşimin ayrıntılı olarak ele alınmasını sağlamıştır.

Matematik öğrenim süreçlerinin incelenmesinde kullanılan öğretim deneyi deseninin paradigmasında radikal yapılandırmacılık ve sembolik etkileşimcilik kuramlarının sunduğu bakış açılarının bir arada kullanılması 'sınıf öğretim deneyi' olarak isimlendirilen yeni bir öğretim deneyi türünün gelişimini sağlamıştır (Cobb, 2000). Sınıf öğretim deneyi bireysel süreçlerin ya da sosyal bağlamın baskın biçimde ele alındığı öğretim deneylerinden ayrılmaktadır. Sınıf öğretim deneyinde, öğrenme sürecinin anlaşılması için öğrenme ortamındaki sosyal etkileşimlerin, sınıf mikrokültüründeki normların ve bireysel öğrenme süreçlerinin birlikte çözümlenmesi gerekmektedir. Bu araştırma deseni bir yandan öğrencilerin matematiksel etkinliklerini sınıf içi sosyal etkileşimler bağlamında incelerken, diğer yandan öğrencilerin bireysel bağlamdaki matematiksel süreçlerinin analizine odaklanmaktadır. Bu yönüyle Cobb ve Bauersfeld (1995) sınıf öğretim deneyinin gelişmekte olan yeni bir yaklaşımı (emergent approach) temel aldığını belirtmektedirler.

Sınıf öğretim deneyi kapsamında Cobb (2000), yeni bakış açısı doğrultusunda yapılandırmacı öğretim deneyindeki bireysel öğrenme ortamını sınıf öğrenme ortamına genişletmiştir. Yeni yaklaşımda araştırmacı, öğretmen rolünü üstlenerek ya da sınıfın mevcut öğretmeni ile işbirliği yaparak sürece katılmakta ve öğrenme sürecinde rol oynayan sınıf içi sosyal unsurları da ele almaktadır. Bu noktada sınıf öğretim deneyi, yapılandırmacı öğretim deneyinden farklı olarak bireysel öğrenme süreçlerini açıklayan modelleri inşa etmeyi amaçlamamaktadır. Sınıf öğretim deneyi sınıftaki öğrenme sürecini bir sınıf mikrokültürü içerisindeki bireysel ve sosyal boyutları ilişkilendirerek çözümlenmeyi ve sınıftaki matematiksel uygulamaları geliştiren uygun öğrenme ortamlarını tasarlamayı hedeflemektedir.

Sınıf öğretim deneyinin odaklandığı sosyal unsurlar sınıfta yürütülen matematiksel etkinlikler ve sınıf normlarıdır. Sınıf mikrokültürü içerisindeki sosyal normlar bireylerin kendi rollerine, sosyal yapının diğer unsurlarının (öğretmen ve akranlar) rollerine ve matematik öğrenmenin genel doğasına yönelik

inançları sonucu ortaya çıkarken bireylerin bu sosyal yapı içerisinde nasıl davranacaklarını biçimlendirmektedir (Cobb, Yackel & Wood, 1989). Bunun yanında sınıftaki öğrencilerin matematiğin öğrenimine yönelik yaygın inançları ile şekillenen sosyomatematiksel normlar, bir öğrencinin matematikte neyi öğrenmeyi ön plana aldığını, ne tür matematiksel açıklamaları doğru kabul ettiğini ve matematik yapmayı nasıl anlamlandırdığını derin biçimde etkilemektedir (Cobb, 2000). Bu nedenle sınıf öğretim deneyinde matematik öğrenme süreçlerinin çözümlenmesi birincil amaç olsa da, öğrenme sürecinin tüm boyutlarıyla anlaşılmasında sınıf mikrokültürüne ait normların incelenmesi de kritiktir (Cobb, Yackel & Wood, 1989). Bu normların anlaşılmasında -ve yeniden düzenlenmesinde- sınıftaki işbirlikli çalışmaların, paylaşımların ve tartışmaların çözümlenmesi önemli kaynaklar sağlamaktadır.

Cobb (2000, s.321) sınıf öğretim deneyinde matematik öğrenimine ilişkin sosyal ve bireysel bakış açılarını Tablo 1'deki haliyle açıklamaktadır.

Tablo 1.

Sınıf Öğretim Deneyinin Analizinde Temel Alınacak Bireysel ve Sosyal Unsurlar

| Sosyal Bakış Açısı | Bireysel / Psikolojik Bakış Açısı |
|------------------------------------|---|
| Sosyal sınıf normları | Bireyin sınıfta kendi rolüne, diğer öğrencilerin rollerine ve matematiksel etkinliklerin genel doğasına ilişkin inançları |
| Sosyomatematiksel normlar | Bireyin matematiksel inançları ve değerleri |
| Sınıftaki matematiksel etkinlikler | Bireyin matematiksel kavramları ve etkinlikleri |

Tablo 1'de iki başlık olarak verilen sosyal ve bireysel bakış açıları birbiriyle yakından ilişkilidir ve sınıftaki öğrencilerin öğrenme süreçlerinin incelenmesinde bu iki bakış açısının birlikte ele alınması yeni bir yaklaşımı ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla sınıftaki sosyal süreçlerin ele alınması bağlamında etkileşimcidir. Aynı zamanda bu sosyal süreçlere ayrı ayrı katkı sağlayan bireysel etkinliklerin ele alınmasında ise yapılandırmacı bir bakış açısına sahiptir.

Sosyal sınıf normları

Sınıftaki sosyal normların öğrenme süreçlerindeki rolünü ele alan ilk öğretim deneyinde (Cobb, Yackel & Wood, 1989) öncelikle öğrencilerin bireysel süreçlerinin incelenmesinin amaçlandığı bilinmektedir. Buna karşılık araştırmacılar öğretim deneyinin başlangıcında öğrencilerdeki bireysel öğrenme süreçlerini etkileyen beklenmedik sosyal değişkenlerle karşılaştıklarını açıklamaktadırlar. Bu bağlamda öğrencilerin grup çalışmalarında ve sınıf tartışmalarında yaptıkları matematiksel açıklamalar bazı sosyal normlar tarafından şekillenmiştir. Öğrenciler bu normlara bağlı alışkanlıkları doğrultusunda, sınıf içi tartışmalarda kendi anlamlarını oluşturmaya değil, öğretmenin aklındaki yanıtın ne olduğu üzerinde düşünmeye yönelmişlerdir. Öğretmenin ve öğrencilerin öğretimsel beklentileri arasındaki bu uyumsuzluk, sosyal sınıf normlarının öğretmenin rehberliği altında yeniden düzenlendiği bir öğrenme sürecinin yürütülmesini gerekli kılmıştır.

Cobb ve Yackel (1996) sınıf içerisindeki sosyal normların sadece belirli bir bireyin psikolojik süreçlerine atfedilemeyeceğini vurgulamaktadır. Sosyal normlar, bir topluluğun içerisindeki sosyal

etkileşimler sonucu, ortak bir inanç ve düşünce sistemiyle meydana gelmektedir. Bu normlar Cobb, Yackel ve Wood'un (1989) araştırmasında olduğu gibi sosyal düzeni ve sınıftaki işbirlikli etkinlikleri biçimlendirmektedir. Araştırmacılar bu normların değişimi üzerine yaptıkları çalışmalarda -her ne kadar öğretmenin kurumsallaşmış bir otorite olarak büyük etkisinin olduğunu kabul etseler de- öğrencilerin süreç içinde değişen inançlarının normların yeniden biçimlenmesinde önemli roller oynadığını belirlemişlerdir. Bu noktada öğrenciler kendi rolüne, öğretmenin ve akranlarının rolüne, sınıftaki tartışma süreçlerinin ne anlam ifade ettiğine yönelik inançlarını düzenleyerek sosyal normların değişmesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle sosyal etkileşimler sonucu ortaya çıkan ve değişen bireysel inançlar sınıftaki sosyal normların temelindeki psikolojik bileşenler olarak değerlendirilmektedir.

Sınıf öğretim deneyinde ne sosyal ne de bireysel boyutlar diğerinden daha önemli olarak görülmemelidir. Bunun yerine sosyal ve bireysel unsurlar sınıftaki öğrenme sürecinin sürekli etkileşim içerisindeki parçaları olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle Cobb ve Yackel (1996) öğrenme sürecinin araştırılmasında araştırmanın bağlamına uygun olarak psikolojik ve sosyolojik yaklaşımların bulunduğu gözlüklerin dönüşümlü olarak kullanılması gerektiğini açıklamaktadır. Sosyolojik yaklaşım bağlamında, araştırmacılar -sınıf mikrokültürünün içindeki gözlemciler olarak- sosyal normların değişimini araştırmaktadırlar. Psikolojik analizler bağlamında ise sınıf içerisinde odaklanılan belirli bireylerin sınıftaki öğrenme süreçlerini ve inançlarını nasıl düzenledikleri incelenmektedir. Sosyolojik ve psikolojik bakış açılarının dönüşümlü olarak ele alındığı sınıf öğretim deneyinde iki evrimsel sürecin diyalektiği dikkate alınmaktadır. Bu diyalektikte, bireylerin inançlarının değişimiyle sosyal normlar evrimleşirken, değişen sosyal normlar da bireylerin inançlarının nasıl şekilleneceğinde belirleyici olmaktadır.

Sınıftaki sosyal normların nasıl oluştuğu ve geliştiği örnek bir sınıf öğretim deneyi kapsamında (Uygan, 2016) incelenmiş, öğrencilerin geometri yazılımı ile desteklenen öğrenme ortamında geometrik akıl yürütme süreçlerinin değişimi analiz edilmiştir. Araştırmaya dâhil olan sınıf daha önce birbirini tanıyan öğrencileri içeren ve kendi sosyal normlarını oluşturmuş bir sınıf olmakla birlikte, öğrencilerin daha önce matematik derslerinde bilgisayar destekli uygulamalara aktif biçimde katılmadıklarını ve matematik derslerinde bilgisayarın sadece öğretmen tarafından bir öğretim aracı olarak kullanıldığını öğrenmiştim. Dolayısıyla sosyal normlar bağlamında öğrenciler, öğrenme ortamındaki bilgisayarın sadece sınıftaki otorite figürü olan öğretmenin kontrolü altında sürece dâhil edilebileceğine ve kendilerinin sınıftaki rollerinin de öğretmenin bilgisayardaki açıklamalarını takip etmek olduğuna inanmaktaydılar. Diğer yandan öğrencilerin öğretim deneyi sürecinde bilgisayarlardan aktif biçimde yararlanmaları onların zamanla sınıftaki öğretmen ve öğrenci rollerine ilişkin inançlarını değiştirmelerine neden oldu. Yeni sosyal normlar bağlamında öğrenciler bilgisayar destekli çalışmalarda matematiksel fikirler üretmeleri, öğretmenle ve akranlarıyla fikirlerini paylaşmaları ve sınıf tartışmalarına katılmaları gerektiğine inanmışlardı.

Öğretim deneyinin başlarında öğrencilerin bilgisayarlarda iki kişilik gruplar halinde çalışması zamanla bazı öğrencilerin öğrenme sürecinde olumsuz rol oynayan sosyal normların ortaya çıkmasına neden olmuştu. Bu bağlamda evlerinde özel bilgisayarları olmayan bazı öğrencilerin çalışmalarda bilgisayar kullanma sorumluluğunu yanındaki arkadaşına bıraktıklarını gözlemiştim. Bu noktada sınıfta rollere ilişkin oluşan yeni inançlar bazı öğrencilerin matematik öğrenme sürecinde pasif rolde kalmasına neden olmaktaydı. Bu nedenle gruplar içerisinde bilgisayar kullanımına ilişkin baskın rol kazanan öğrencilerin, bu rolü teknoloji liderliği olarak algılamasını ve arkadaşlarını aktif olarak çalışmalara dâhil etmesini sağladım. Sınıftaki sosyal normlar zamanla herkesin işbirlikli çalışma sürecinin bir parçası olduğu yönünde değişim göstermişti. Yeni rollere ilişkin inançlar bilgisayarların daha

paylaşımını kullanılmasına ve sınıftaki tüm öğrencilerin çalışmalara aktif biçimde katılımına olanak vermişti.

Sosyomatematiksel normlar

Sosyal normların pek çok disiplinin öğreniminde sınıflardaki önemli bir değişken olduğunu göz önüne alan Yackel ve Cobb (1996) diğer yandan matematik öğrenme ortamlarının kendine özgü bağlamını da ele alarak matematik öğreniminin belirleyicisi olan sosyal normları sosyomatematiksel normlar olarak adlandırmışlardır. Sosyomatematiksel normlar sınıftaki öğrencilerin gözünde bir probleme yönelik doğru çözüm yollarının neler olduğunu, hangi çözümlerin karmaşık geldiğini ve hangi matematiksel açıklamaların geçerli kabul edildiğini etkilemektedir (Cobb & Yackel, 1996). Bu nedenle öğrencilerin kendi sosyal bağlamlarındaki öğrenme süreçlerinin anlaşılmasına ışık tutmaktadır.

Öğretim sürecinde sosyomatematiksel normların rolünü ortaya koyan araştırmalardan biri Yackel ve Cobb'un (1996) öğretim deneyidir. Çalışma kapsamında, öğretimi gerçekleştiren öğretmen düzenli olarak öğrencilere bir problemi farklı yoldan çözen birisinin olup olmadığını sorarken, sınıftaki sosyomatematiksel normların ilk olarak bu çözüm yollarının kullanılmasında belirleyici olduğu görülmüştür. Bu bağlamda öğrencilerin genelinin, öğretmenin fikrini duyana kadar, farklı çözüm yollarının neler olduğunu ve neyin matematiksel farklılık olarak değerlendirileceğini bilmedikleri ortaya çıkmıştır. Öğretim deneyinin sonraki aşamalarında öğretmen daha önce kullanmadığı sorgulayıcı yöntemleri öğretime dâhil ederken, öğrenciler çözüm yollarına ilişkin yapılan sınıf tartışmaları içerisinde bir otoriteden (öğretmen) bağımsızca fikirlerini savunmayı öğrenmişlerdir. Bu gelişim süreciyle birlikte matematik öğrenme ortamında oluşan yeni roller, inançlar ve ortak matematiksel fikirler sınıfta farklı çözüm yollarının bağımsızca sorgulandığı sosyomatematiksel normların doğmasına zemin hazırlamıştır.

Sosyomatematiksel normların analiz edilmesi eğitimcilerle sınıftaki öğrenme süreçlerine hangi düşünce kalıplarının yön verdiği ve öğrenme ortamının nasıl geliştirileceği konularında bilgi vermektedir. Bu noktada sınıftaki öğrenci topluluğunun, matematik tartışmaları bağımsızca yürütebilecek "entelektüel özerkliğe" kavuşması matematik eğitiminin örtük amaçlarından biridir (Cobb, 2000). Entelektüel özerklik, bireylerin matematik yaparken kendi matematiksel kapasitelerinden nasıl yararlanacaklarına ilişkin farkındalıklarını belirtirken, matematiksel etkinliklerde öğretmenin ya da bir kitabın beyanına bağımlı olmayı kapsayan "entelektüel dışerikliğin" karşıtı olarak kullanılmaktadır (Cobb & Yackel, 1996, s. 179). Bir sınıfta entelektüel özerkliğe sahip olan öğrenciler üretilen matematiksel fikirlerin doğruluğunu ya da yanlışlığını bağımsızca değerlendirebilmektedirler. Diğer yandan entelektüel özerkliğin gelişimi için öğrencilerin bir tartışmada mümkün olduğunca çok fikir paylaşımı yapması yeterli değildir. Bu noktada öğrencilerin hangi fikrin bir tartışmaya matematiksel katkı sunacağıyla ilgili farkındalık kazanmış olması gerekmektedir (Cobb, 2000). Bu farkındalık düzeyleri, sınıfta hangi matematiksel çözümlerin ya da açıklamaların kabul edilir olduğu konusundaki sosyal uzlaşıları yansıtan sosyomatematiksel normlar kapsamında gelişmektedir.

Örnek sınıf öğretim deneyi üzerinden bir sınıfın oluşturduğu sosyomatematiksel normlara örnekler verilebilir. Gerçekleştirilen öğretim deneyinde (Uygan, 2016), teknoloji destekli öğrenme ortamı kapsamında öğrencilerin geometri yazılımını kullanırken yazı tahtası ya da kâğıt gibi geleneksel araçlar üzerinden çalıştıkları geometrik temsillerden (çizimler) farklı temsil biçimlerini (geometrik oluşumlar) inşa etmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda geleneksel araçların sunduğu temsil biçimi olan çizimler, geometrik kavramlara ilişkin zihindeki görüntüyü yazı tahtası ya da kâğıt üzerine resmetmeyi içerirken, geometrik oluşumlar geometrik kavramların temel özelliklerini uygun araçlarla (pergel, açılöçer, yazılım araçları vb.) inşa etmeyi kapsamaktaydı (Laborde, 1993). Bununla birlikte daha

önceden geleneksel öğretim araçlarının kullanıldığı öğrenme ortamında biçimlenmiş sosyomatematiksel normlar öğrencilerin kavramları inşa etme görevlerinde yazılımın oluşum araçları yerine çizim yapma araçlarını yeterli kabul etmelerine neden olmuştu. Bu noktada yazılımda yürütülen oluşum çalışmalarında öğrenciler ya baştan itibaren kavramların çizimlerini yapmaktaydılar ya da bir kavramın bazı temel özelliklerini inşa ettikten sonra göreve çizim araçlarıyla devam etmekteydiler. Bunun yanı sıra öğrencilerin çizimleri çoğunlukla geometrik kavrama ilişkin zihindeki prototip bir görüntüyü yansıtıyordu. Örnek olarak, dikdörtgen prototipi kısa ve uzun kenar çiftlerine sahip olan ve uzun kenar çifti düzlemde yatay konumda; kısa kenar çifti de dikey konumda görselleştirilen bir dörtgen çizimini içermekteydi. Öğrenciler tamamladıkları görevler sonunda öğretmenden ekranlarındaki sonuçları sürekli olarak test etmesini beklemekteydiler. Bu noktada öğrenciler tamamladıkları temsil biçimini değerlendirmeye ve tartışmaya yönelik entelektüel özerkliğe henüz kavuşmamışlardı.

Geometri yazılımında oluşturulmuş bir temsil biçimini değerlendirmenin en hızlı yolu ekrandaki şekilleri belirli noktalarından fare (mouse) yardımıyla sürüklemektir (Arzarello, Olivero, Paola & Robutti, 2002; Baccaglioni-Frank, 2010). Bu işlem tamamlanmış olan temsil biçiminin oluşum olup olmadığı konusunda kullanıcıya dönüt veriyordu. Temsil biçimi eğer bir oluşum ise sürükleme sırasında temel özelliklerini koruyordu. Bunun yanında öğrenciler bu değerlendirme sırasında geometrik bir kavramın prototipi dışındaki temsillerini görme fırsatı buluyorlardı. Örnek olarak ekrandaki sürüklemelerde karenin de dikdörtgenin temel özelliklerini içerdiği anlaşılmaktaydı. Yazılımın bu özelliği zamanla sınıftaki sosyomatematiksel normların yeniden düzenlenmesine neden oldu. Öğrenciler ilerleyen oluşum çalışmalarında sürükleme yardımıyla hem kendi sonuçlarını hem de akranlarının sonuçlarını değerlendirme, oluşumların eksik yönleri üzerinde akıl yürütme ve yeni yöntemler üzerinde tartışma geleneğini oluşturdular. Bunun yanı sıra öğrenciler çalışmalarında geometrik kavramların temel özellikleri arasındaki ilişkileri de dikkate alma alışkanlığı kazandılar. Öğrencilerin birbirleriyle ve öğretim teknolojisiyle olan etkileşimler sonucunda entelektüel özerkliğin gelişim gösterdiği yeni sosyomatematiksel normlar ortaya çıkmıştı.

Sınıftaki matematiksel uygulamalar

Sınıf öğretim deneyinin üçüncü odak noktası olan sınıf içi matematiksel uygulamalar, öğrencilerin bireysel bağlamdaki matematik öğrenme süreçlerinin dışında topluluk olarak da matematiksel gelişimlerini nasıl gerçekleştirdiklerine ışık tutmaktadır. Bu uygulamaların analiz edilmesi sonucu öğrencilerdeki matematiksel fikirlerin nasıl oluştuğu, paylaşıldığı ve dönüşüm geçirdiği sınıf mikrokültürünün sosyal boyutlarıyla ilişkili olarak yorumlanmaktadır. Öğrencilerin bireysel bağlamdaki matematiksel kavramları ve etkinlikleri öğrenme ortamının psikolojik bileşenleri olmakla birlikte, bu psikolojik bileşenler sınıftaki sosyal süreçler kapsamında birbirlerini etkileyen ve dönüştüren bir ilişki içerisindeyler (Cobb & Yackel, 1996). Öğrenciler bu sosyal süreçlerde fikirlerini paylaşarak ve savunarak matematiksel uygulamaların gelişimine katkıda bulunurken, diğer yandan da sınıftaki matematiksel uygulamalar ışığında kendi matematiksel fikirlerini ve etkinliklerini yeniden düzenlemektedirler.

Öğrencilerin matematiksel uygulamalar kapsamında fikirlerini nasıl düzenlediğine aynı öğretim deneyinden örnekler verilebilir. Yürütülen sınıf öğretim deneyinde ‘Dörtgenler’ konusuna yönelik uygulamalar öğrencilerde eşkenar dörtgen kavramına yönelik yeni fikirlerin gelişmesini sağladı. Bu bağlamda eşkenar dörtgen oluşumunun amaçlandığı matematiksel görevlerde öğrencilerin hızlıca eşkenar dörtgenin eş kenarlarını inşa edecekleri ve doğrudan sonuca ulaşacakları stratejiler üzerinde düşündükleri görülmüştü. Öğrencilerdeki bu düşünce biçimi, eşkenar dörtgenin kenarlarının özelliğine dayalı tanımını (tüm kenarları eş olan dörtgene eşkenar dörtgen denir) temel almaktaydı.

Bununla birlikte öğrenciler doğrudan eş kenarları oluşturacakları bir strateji kullanamadılar. Bu durum onları eşkenar dörtgenin diğer özellikleri üzerinde tartışmaya ve sosyal etkileşim içerisinde fikirlerini yeniden yapılandırmaya yönlendirmişti. Öğrencilerin yeni matematiksel fikirleri eşkenar dörtgenin köşegenlerini merkeze almaktaydı. Bu noktada öğrenciler daha önceki çalışmalarda eşkenar dörtgende köşegenlerin birbirini dik ortaladığını ve köşegenlerin eşkenar dörtgenin simetri eksenleri olduğunu keşfetmişlerdi. Öğrenciler bu bilgileri üzerine inşa ettikleri yeni stratejilerde köşegenlerin oluşturulmasını birinci hedef olarak belirlediler. Bu kapsamda yazılımdaki ‘dik doğru’, ‘orta dikme’ ve dönüşüm geometrisi araçlarını içeren yeni stratejilerde, öğrenciler birbirini dik ortalayan köşegenlere sahip olan bir dörtgenin kenarlarının da eş olduğu fikrini geliştirdiler. Ortaya çıkan bir başka fikir de köşegenleri simetri eksenine olacak biçimde oluşturulan dörtgende de kenarların birbirine eş olduğuydu. İki matematiksel fikir de eşkenar dörtgen oluşumunun tamamlanmasını sağlamıştı. Bu matematiksel uygulamalar kapsamında tartışılan ve geliştirilen yeni matematiksel fikirler, öğrencilere eşkenar dörtgenin köşegen özelliğine dayalı tanımlarını da anlama olanağı verdi.

Sınıf öğretim deneyinde araştırmacının rolü

Sınıf öğretim deneyi araştırmacılara öğrencilerin bireysel öğrenme süreçlerinin ötesinde, bir öğrenci topluluğunun oluşturduğu sınıf mikro-kültüründe öğrenmeye etki eden sosyal unsurları araştırma sorumluluğu da vermektedir (Cobb, 2000). Bu nedenle araştırmacı sınıftaki sosyal ve sosyomatematiksel normları anlamak ve matematiksel tartışmalarda öğrencilerin matematiksel fikirlerinin nasıl değişim geçirdiğini belirlemek için uygun veri toplama araçlarını kullanmalı ve söz konusu boyutlara ilişkin geriye dönük analizleri gerçekleştirmelidir. Araştırmacılar bu analizler sonucu sosyal süreçler ile bireysel süreçler arasındaki ilişkileri keşfetmekte ve öğrenci matematiğinin değişimine yönelik bütüncül değerlendirmeler yapmaktadır.

Sınıf öğretim deneyinde araştırmacıların sürece öğretmen ya da gözlemci rolünde katılabilecekleri daha önce açıklanmıştı. Araştırmacıların sürece gözlemci olarak dâhil oldukları öğretim deneyinde öğretim süreci sınıfın mevcut öğretmeni tarafından yürütülmektedir. Bunun yanında araştırmacıların sınıftaki öğrenme sürecine yönelik hipotezlerini oluştururken (Simon, 1995), öğretim bölümlerinden elde ettiği verileri analiz ederken ve yeni öğretim bölümlerinin planlamasını yaparken öğretmenle işbirliği içerisinde çalışması önemlidir. Araştırmacılar yeni öğretimsel planlamalar yaparken sınıfta matematiksel tartışmalara olanak sağlayacak görevleri hazırlamalıdır. Diğer yandan çalışmanın yürütüldüğü sınıf kültürü içerisinde bazı sosyal ve sosyomatematiksel normların öğrencilerin matematiksel tartışmalara kapalı olmalarına ve kendi fikirlerini oluşturmaktan kaçınmalarına neden olabileceği de dikkate alınmalıdır (Cobb, Yackel & Wood, 1989). Bu durumlarda araştırmacının görevi bu normların sınıf tarafından yeniden yapılandırılmasını sağlayacak öğrenme ortamlarını hazırlamaktır.

Öğretim Deneylerinin Temel Öğeleri

Öğretim deneyinin nasıl yürütüldüğü temel aldığı yaklaşıma bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte 1976’dan itibaren yapılandırmacı yaklaşımla birlikte gelişim gösteren öğretim deneylerinin genel olarak bazı öğeleri içerdiği bilinmektedir. Bunlar keşfedici öğretim (exploratory teaching), öğretim bölümleri (teaching episodes), geriye dönük kavramsal analizler (retrospective conceptual analysis) ve öğrenme sürecine ilişkin deneyimsel ‘yaşayan’ modellerdir (living experiential models) (Steffe & Thompson, 2000; Steffe & Ulrich, 2014). Bu aşamalar sonraki alt başlıklarda örnek bir öğretim deneyinde (Uygan, 2016) yaşanan deneyimler kapsamında açıklanmıştır.

Örnek Bir Öğretim Deneyi

Bu bölümde ele alınan örnek öğretim deneyinin ortaya çıkışında Türkiye'deki ortaokullarda dinamik geometri yazılımlarının (DGY) matematik öğretimine nasıl entegre edilebileceğine yönelik pedagojik ihtiyaçlar dayanak oluşturmuştur. Bu noktada Türkiye'deki ortaokul matematik öğretimi programlarında (MEB, 2009; MEB, 2013) DGY'nin öğretmenlere temel bir öğretim teknolojisi olarak önerildiği bilinmektedir. Buna karşılık, kendine özgü matematiksel temsil türleriyle birlikte epistemolojik yönden geleneksel öğretim araçlarından derin biçimde ayrılan DGY'nin öğrenme sürecinde ne tür olanaklar sağladığı ve öğrencilerin geometri öğreniminde bu araçtan nasıl yararlanacakları öğretmenlerce yanıtı belirsiz sorular olarak öne çıkmaktadır. Bu sorulara bağlama dönük yanıtlar sunmak araştırmanın temel motivasyonunu oluşturmuştu.

Araştırma kapsamında bir öğretim teknolojisi olarak ele alınan DGY, geometrik kavramlara ilişkin temsiller üzerinde dinamik manipülasyonların yapıldığı ve bu manipülasyonların kullanıcıya kavramların özellikleriyle ilgili geri bildirimler sağladığı deneysel ortamlar olarak tanımlanabilmektedir (Leung, 2008; Leung, 2015). Bu bağlamda DGY'nin sağladığı öğrenme ortamı, öğrenciler için özel bir matematik laboratuvarıdır. DGY'de geometri yaparken kullanılan *geometrik oluşumlar (figures/constructions)*, kâğıt ve yazı tahtası üzerindeki *çizimlerden (drawings)* derin bir şekilde ayrılmaktadır (Laborde, 1993). Bu matematiksel temsil biçimlerinin özelliklerine 'Sosyomatematiksel Normlar' alt başlığında değinilmiştir.

Araştırmanın amacına uygun teorik çerçevelerin ve desenin belirlenmesi ardından, sıra araştırmanın gerçekleştirileceği okulun ve sınıfın seçilmesine gelmişti. Kentte sosyo-ekonomik durumu yüksek ve orta düzeyde olan pek çok bölgedeki ortaokulun bilgisayar dersliğini kapatmış olması araştırmacıyı sosyo-ekonomik durumu orta-düşük düzeydeki bölgede yer alan bir ortaokula yönlendirdi. Bu okuldaki bilgisayar dersliği, evlerinde özel bilgisayar ya da internet bulunmayan öğrencilerin araştırma türündeki ödevlerini yapabilmeleri için çalışır durumdaydı. Bunun yanında okuldaki bir yedinci sınıf şubesi de 21 öğrenciden oluşmaktaydı ve bu durumun DGY destekli etkinliklerin verimini arttırabileceği düşünülmüştü.

Yürütülen sınıf öğretim deneyindeki teknoloji destekli öğrenme bağlamı, sınıftaki öğretim sürecini yürütecek olan öğretmenin DGY destekli öğretim konusunda deneyimli olmasını zorunlu kılmaktaydı. Bu noktada araştırmacının izleyebileceği yollardan birisi sınıfın mevcut matematik öğretmenine bu konuda eğitim vermektir. Ancak DGY'ye yönelik teknolojik pedagojik alan bilgisinin olası gelişim süresi göz önüne alındığında mevcut öğretmen için yapılacak eğitimin uzun bir zamana yayılması söz konusuydu. Bu seçenek bir doktora tez araştırmasındaki süre kısıtlaması göz önüne alındığında riskli bir durum oluşturmaktaydı. İkinci seçenek, DGY destekli öğretim konusunda deneyimli bir öğretmeni okul dışından sağlamak ve bu öğretmenin mevcut sınıftaki öğrencileri daha yakından tanıyacağı bir pilot çalışma yürütmektir. Ancak öğretim deneyi başladığında bu öğretmenin haftada iki ya da üç gün araştırmanın yürütüleceği okula gelmesi gerekecekti. Üçüncü seçenek DGY konusunda deneyimli öğretmenlerin çalıştığı bir ortaokulda bu araştırmayı yürütmektir. Ancak kentte bilgisayar dersliğine sahip olan bir diğer ortaokulda da hem öğretmenlerin DGY konusunda deneyimleri bulunmamaktaydı hem de sınıflar daha kalabalıktı. Mevcut şartlar değerlendirildiğinde araştırmacı sınıf öğretim deneyine araştırmacı/öğretmen rolünde katılmaya karar verdi.

Araştırmacının daha önce bir öğretim deneyi yürütmemiş olması ve karşısında daha önce birlikte çalışmadığı bir öğrenci topluluğunun olması onun dikkate alması gereken konulardı. Bu bağlamda öğrencilerin geometri çalışmalarında bilgisayarı kullanma becerileri ne düzeydeydi? Araştırmacının henüz fiziksel koşullarına yabancı olduğu bir bilgisayar dersliğinde yürütülecek öğretim deneyinde

karşılaşabileceği teknik ve öğretimsel sorunlar neler olabilirdi? Yanıtı henüz belirsiz olan bu sorular araştırmacıyı, öğretim deneyinin yürütüleceği sınıfla, 2014 – 2015 öğretim yılının güz döneminde bilgisayar dersliğinde sekiz haftalık keşfedici öğretim sürecini gerçekleştirmeye yöneltti. Sonraki alt başlıkta öncelikle keşfedici öğretimin ne olduğu ve hangi özellikleri içerdiğiyle ilgili açıklamalar yapılmış, daha sonra araştırmacının bu süreç ile ilgili deneyimlerine yer verilmiştir.

Keşfedici öğretim

Keşfedici öğretim, daha önce bağımsızca bir öğretim deneyi yürütmemiş olan araştırmacıların, öğretim deneyine katılmadan önce öğrenci matematiğine ilişkin ön deneyimler kazanması amacıyla gerçekleştirmeleri gereken bir aşamadır (Steffe & Thompson, 2000). Bu aşama araştırmacılara öğrencilerin matematiksel kavramları nasıl anlamlandırdıkları ve öğrenmenin nasıl bir yol takip ettiği ile ilgili bilgiler sağlarken, aynı zamanda öğretim deneyine katılacak öğrencilerin belirlenmesine de zemin hazırlamaktadır. Keşfedici öğretim aşamasında araştırmacıların kendi kavramsal ve işlemsel bilgilerini bir kenara bırakmaları ve -öğrencilere kendi bilgilerini empoze etmeksizin- sadece öğrenci matematiğine odaklanmaları kritiktir. Aksi durumda araştırmacıların öğrenci matematiği yerine kendi matematik bilgilerini ön plana almaları ve araştırma sürecinde “tuzağa” düşmeleri söz konusudur (Stolzenberg, 1984). Keşfedici öğretimin bir diğer amacı da öğrencilerin matematik bilgilerini hangi süreçlerle yapılandırabileceklerine ilişkin çıkarımlarda bulunmak ve öğretim süreciyle ilgili başlıca hipotezleri oluşturmaktır. Bu hipotezlerin belirlenmesi, yapılandırmacı öğretim deneyinin bilimsel anlamda bir “deney” niteliğine sahip olmasında büyük öneme sahiptir (Steffe & Ulrich, 2014). Ancak bu hipotezler nicel deneysel araştırmalardaki hipotezler gibi düşünülmemelidir. Çünkü öğretim deneyi kapsamındaki hipotezler sürece bağlı olarak değişikliğe uğrayabilmektedir.

Yürüttüğüm öğretim deneyi kapsamında bilgisayar dersliğinde gerçekleştirdiğim keşfedici öğretimde öğrencilerin geometri problemlerindeki akıl yürütme süreçlerinin ne olduğunu görmem ve öğretim deneyi için öncül hipotezlerimi oluşturmam önemliydi. Buradan hareketle birinci haftadan itibaren kameraların da dâhil olduğu bilgisayar dersliğinde öğrencilerle karşılıklı olarak birbirimizi tanımayı, öğrencilerin geometrik akıl yürütme ve teknolojik bilgi bağlamında ön öğrenmelerinin farkında olmayı ve ortamdaki veri toplama araçlarına uyum sağlanmasını amaçladım. Bu nedenle keşfedici öğretimde, öğrenme ortamının fiziksel olanaklarını da dikkate alarak, öğrencilerin bilgisayarlarda bireysel ya da ikişerli gruplar halinde çalışmalarını uygun gördüm. Bunun yanında ikili grupların oluşumunda sınıfa müdahale etmek yerine bu süreci doğal akışına bırakmaya karar verdim. Dikkate almam gereken bir diğer önemli konu ise, öğrencilerin DGY ile ilk kez öğretim deneyi içerisinde tanışacak olmalarıydı. Çünkü öğretim deneyi içerisinde öğrencilerin baştan sona bu teknolojiyi nasıl öğrendikleriyle ilgili matematik eğitimcilerine bir kaynak sağlamayı da amaçlamıştım. Bu nedenle öğretim deneyinden önce yürüttüğüm keşfedici öğretim kapsamındaki etkinliklerde DGY’de farklı bir bilgisayar yazılımını kullandım. Bu yazılım da geometri öğretimini destekleyen bir yazılımdı ve öğrencilerin geometri çalışmalarında yazılım kullanma becerilerini bu teknoloji aracılığıyla değerlendirdim. Bu çalışmalar farklı yeterliklere sahip odak öğrencilerin belirlenmesinde bana önemli veriler sağladı. Süreç içerisinde bilgisayardaki matematiksel görevler üzerinde bağımsızca çalışan öğrencileri iyi düzeyde; zaman zaman akranlarının ya da öğretmenin desteğine ihtiyaç duyan öğrencileri orta düzeyde; sık sık akranlarının ya da öğretmenin desteğini isteyen öğrencileri ise düşük düzeyde teknoloji yeterliğine sahip olarak sınıflandırdım.

Keşfedici öğretim devam ederken öğrencilerin bilgisayarlarda ikişerli olarak çalışmaları, kaydedilen bilgisayar ekran görüntülerinde akıl yürütme süreçlerinin bireysel olarak nasıl gerçekleştiğini değerlendirmeyi bulanıklaştırıyordu. Bu durum öğretim deneyi sürecindeki veri toplama araçlarının klinik görüşmelerle de desteklenmesini gerekli kılarken; klinik görüşmeleri kaç odak öğrenciyle ve ne

sıklıkla yürüteceğim elimdeki zamanı ve öğrencilerin motivasyonlarını dikkate aldığımda dikkatlice planlamam gereken konular olarak öne çıktı. Bu aşamada, öğrencilerin ikili gruplar içerisinde çalıştıklarını da göz önüne alarak, üç gruptan altı öğrencinin bireysel olarak klinik görüşmelere katılmasına karar verdim. Bu sayede her birinin akıl yürütme süreçlerinin gelişimini derinlemesine incelemeyi hedefledim.

Klinik görüşmelere katılacak odak öğrencileri belirlemek için, keşfedici öğretimin sonunda bilgisayar kullanma becerileri farklılaşan on bir öğrenciyle geometrik akıl yürütmeye odaklı problemlerin yer aldığı ön klinik görüşmeleri gerçekleştirdim. Keşfedici öğretim sürecinin ve klinik görüşmelerin verilerinin analizi sonucunda 11 öğrencinin akıl yürütme süreçlerini, klinik görüşmelere yönelik tutumlarını, bilgisayar dersliğinde kiminle birlikte çalıştıklarını ve evlerinde özel bilgisayarları olup olmadığını dikkate alarak; aynı bilgisayarda çalışan Atakan-Veli; Sera-Sıla, Lale-Nuray ikililerini (öğrencilerin gerçek isimleri değildir) araştırmanın altı odak öğrencisi olarak belirledim. Odak öğrencilerden Atakan ve Sera iyi düzeyde, Sıla ve Lale orta düzeyde, evlerinde özel bilgisayarları olmayan Veli ve Nuray ise düşük düzeyde teknoloji yeterliğine sahipti. Böylece her bir ikili, teknoloji yeterliği bağlamında farklı kombinasyonda seçilmişti.

Keşfedici öğretim sürecindeki matematiksel tartışmalar bana sınıftaki öğrencilerin geometrik yapılar üzerinde ilişkilendirme yapabildiklerini göstermişti. Bununla birlikte, öğrenciler matematiksel görevlerde ileri düzeyde genelleme yapma, dinamik düşünme ve tümdengelimli akıl yürütme türündeki düşünme biçimlerini sınırlı olarak gerçekleştirmişlerdi. Bu noktada, öğrencilerin DGY’de bu akıl yürütme süreçlerini kullanma olanağı bulacakları uygun öğrenme ortamlarını hazırlamayı hedefledim. Bu bağlamda DGY’de sürüklenme stratejilerinin kullanıldığı, geometrik yapıların özelliklerinin analiz edildiği ve DGY destekli ispatlar üzerinde tartışıldığı öğrenme ortamlarının öğrencilerin akıl yürütme süreçleri için önemli fırsatlar sunacağını tahmin etmekteydim. Öğretim deneyindeki temel hipotezim öğrencilerin bu çalışmalarla dinamik düşünme, genelleme ve tümdengelimli akıl yürütme süreçlerini geliştirecekleriydi.

Öğretim bölümleri

Öğretim bölümleri öğretim deneyi kapsamında öğretim süreçlerinin gerçekleştiği ve öğrenci etkinliklerine ilişkin verilerin toplandığı kısımlardır. Öğretim bölümünün temel öğeleri bir öğretici, katılımcı öğrenciler ve öğretim bölümlerini kaydeden bir araştırmacıdır. Öğretim bölümlerinde öğreticinin kim olacağı öğretim deneyinin temel aldığı yaklaşıma bağlı olarak değişmektedir. Bir ya da birkaç öğrencinin bireysel öğrenme süreçlerini incelemeye odaklanan yapılandırmacı öğretim deneyinde öğretim bizzat araştırmacı tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle öğretici, araştırmacı/öğretmen (teacher/researcher) olarak adlandırılmaktadır (Steffe & Ulrich, 2014). Bu tür öğretim deneylerinde araştırmacı/öğretmenin gerçekleştirdiği öğretim bölümlerinin öğrencileri yakından tanıyan bir gözlemci (bir öğretmen ya da ikinci bir araştırmacı) tarafından da takip edilmesi önemlidir. Sınıf öğretim deneyinde ise öğretici rolü araştırmacılarından birisinde ya da sınıfın mevcut öğretmeninde olabilir (Cobb, 2000).

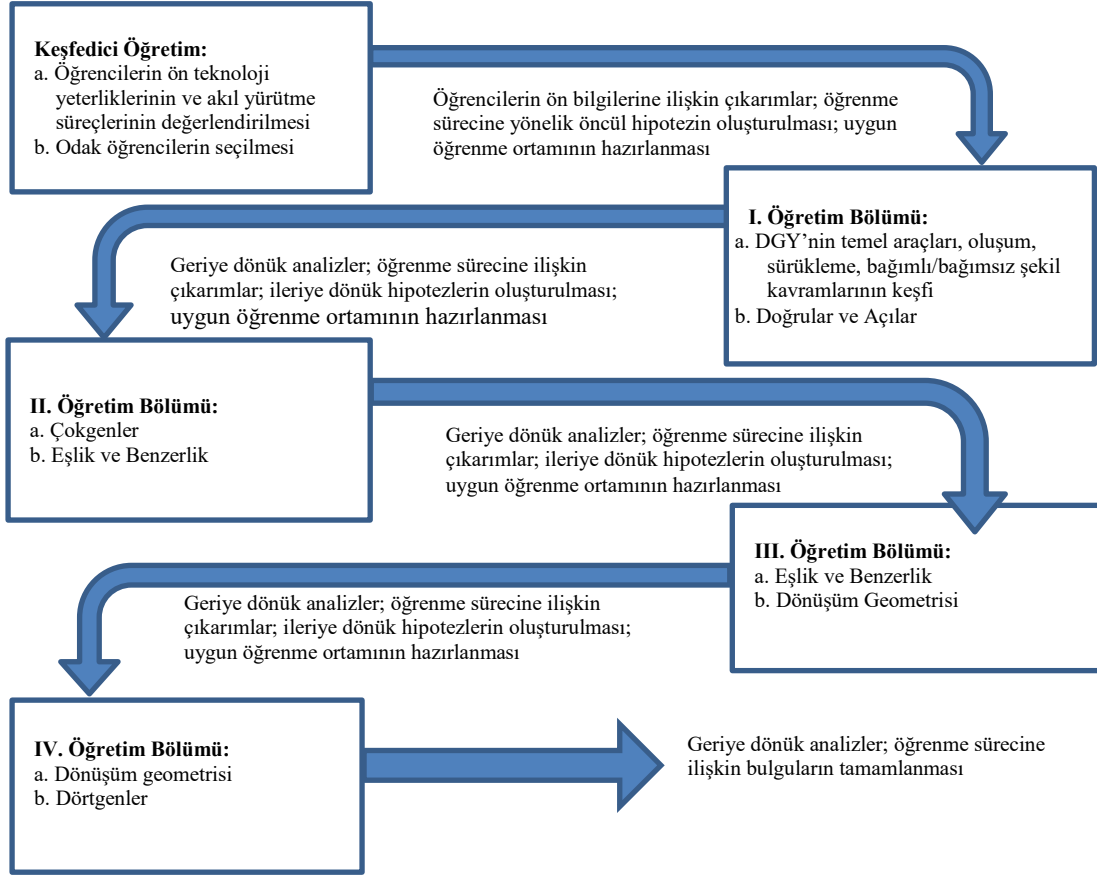
Öğretim deneyine ilişkin verilerin toplanmasında temel araç öğretim bölümüne ilişkin gözlem ve video kayıtlarıdır. Toplanan veriler her bir öğretim bölümü ardından analiz edilmektedir. Analizlerden elde edilen bulgular hem süregelen öğrenme süreçlerinin anlaşılmasında hem de öğrencilerin sonraki öğrenme yollarına ilişkin hipotezlerin oluşturulmasına kaynak sağlamaktadır (Steffe, 1991). Yapılandırmacı öğretim deneyine ilişkin öğretim bölümlerinde araştırmacı/öğretmen öğrenci matematiğini deneyimleyeceği uygun öğretim etkinliklerini yürütmekte ve sürece ilişkin verileri toplamaktadır. Araştırmacı/öğretmen, öğretim bölümlerinin sonunda öğrenme sürecine ilişkin yaptığı

analizlerle hipotezlerini değerlendirirken; öğrencilerin sonraki öğrenme yollarının gelişimine zemin hazırlayabileceğini düşündüğü öğrenme ortamlarını tasarlamaya odaklanmaktadır. Araştırmacılar sınıf öğretim deneyinde de öğretim bölümlerine öğretmen rolünde katılabilmektedir. Öğretim sürecinin sınıfın mevcut öğretmeni tarafından yürütüldüğü sınıf öğretim deneylerinde ise araştırmacılar öğretim bölümlerine gözlemci olarak katılmaktadır (Cobb, Yackel & Wood, 2011) ve öğretim bölümlerinin planlanmasında ve değerlendirilmesinde öğretmen ile birlikte çalışmaktadırlar.

Öğretim deneylerinde sürecin çıkış noktasını oluşturan öncül hipotezin değerlendirilmesi dışında, araştırmacının bir diğer görevi de öğretim deneyi süresince yeni hipotezleri oluşturmak ve test etmektir (Simon, 1995). Öğrencilerin sonraki öğretim bölümlerindeki olası öğrenme yollarına ilişkin öngörülerini yansıtan bu hipotezler geride kalan öğretim bölümlerinin kayıtlarının analiz edilmesinin ardından değerlendirilmekte ve yeniden düzenlenmektedir (Hackenberg, 2010; Steffe & Ulrich, 2014). Hipotezlerin oluşturulmasındaki temel kaynaklar öğrencilerin öğretim bölümleri içerisindeki matematiksel etkinlikleri ve kullandıkları dil olmakla birlikte, araştırmacılar öğrencilerin söylemlerinin ve davranışlarının altındaki olası anlamlara yönelik çıkarımlarda bulunmaktadır.

Araştırmacının öğretmen rolünde katılacağı bir öğretim deneyinin öncesinde, öğrencileri daha yakından tanımak ve öğrenci matematiğine ilişkin ön deneyimler kazanmak amacıyla keşfedici öğretim sürecini gerçekleştirildiğini biliyoruz (Steffe & Thompson, 2000). Bununla birlikte öğretim bölümlerini yürüten ve veri topladığı öğretim ortamının bir parçası haline gelen araştırmacının bu süreci dışarıdaki bir gözlemci gibi yorumlaması zorlaşmaktadır. Ayrıca, her ne kadar keşfedici öğretim sürecinde öğrencilerle ilgili bilgi edinilse de araştırmacı/öğretmenin öğretim bölümleri içerisinde beklenmedik bir öğrenci hatası ya da anlamlandıramadığı bir işlem ile karşılaşmasının olağan bir durum olduğu da unutulmamalıdır. Bu olası durumlarda, araştırmacının öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin daha güvenilir çıkarımlar yapması için, öğretim bölümlerini takip eden bir (dış) gözlemciye danışması önerilmektedir (Steffe & Ulrich, 2014). Bu nedenle öğrencileri daha önceden tanıyan deneyimli bir öğretmenin ya da ikinci bir araştırmacının sürece yönelik değerlendirmeleri araştırmacı/öğretmenin gözünden kaçan noktaları aydınlatabilmektedir. Bu değerlendirmeler hem öğrenci matematiğinin anlaşılmasına, hem de sonraki öğrenme ortamlarının tasarlanmasına değerli katkılar sağlamaktadır. Örnek olarak, yürüttüğüm öğretim deneyinde keşfedici öğretim aşamasını tamamladığımda öğrencilerin hem matematiksel hem de teknoloji bağlamındaki ön bilgileri konusunda fikir sahibi olmuştum. Bunun yanında araştırmacı/öğretmen olarak yürüteceğim öğretim bölümlerinde, ortaokulda çalışan ve sınıfı daha önceden tanıyan bir matematik öğretmenin sürece tanıklık etmesi ve öğrenci matematiğine ilişkin bana danışmanlık yapması önemliydi. Bu nedenle sınıfın mevcut matematik öğretmeni danışman rolünde sürece dâhil oldu.

Yürüttüğüm öğretim deneyi, süreç boyunca yaptığım değerlendirmeler ve yeni planlamalar sonucunda dört öğretim bölümünü içerecek biçimde tamamlandı (Şekil 2).



Şekil 2. Örnek bir öğretim deneyinin içerdiği öğretim bölümleri

Şekil 2’de her bir öğretim bölümü, matematiksel içerikleriyle birlikte bütüncül olarak görülebilmektedir. Öğretim bölümlerinin detayları için Uygun (2016) incelenebilir.

Klinik görüşmeler

ABD’de 1976’dan sonra yürütülen öğretim deneylerinin Piaget’nin (1952) klinik görüşme tekniğinden türediği ve öğrenci matematiğinin gelişimine odaklanan daha kapsamlı bir süreci içerdiği daha önce açıklanmıştır. Bu noktada bazı araştırmacılar bir öğrenciyle bireysel olarak yürütülen yapılandırıcı öğretim deneyini klinik görüşmenin özel bir türü olarak ifade etmektedir (Engelhardt, Corpuz, Ozimek & Rebello, 2004). Bu nedenle öğrenci matematiğinin ortaya çıkarılmasını amaçlayan iki yöntem arasında organik bir bağ olduğu söylenebilir.

Bir sınıfta yürütülen öğretim deneyinde, araştırmacılar öğrenme sürecine ilişkin verileri gözlem, video kayıtları ve öğrenci ürünleri aracılığıyla toplayabilmektedir. Bunun yanında araştırmacılar öğrencilerin belirli bir aşamadaki sahip oldukları matematiksel bilgiyi ya da akıl yürütme biçimlerini daha ayrıntılı biçimde görmeyi amaçlayabilirler. Bu tür durumlarda klinik görüşme tekniği öğretim deneyi kapsamında veri çeşitlenmesi sağlayan özel bir veri toplama aracı olarak kullanılabilir (Cobb & Steffe, 1983). Böylece araştırmacılar özel olarak odaklandıkları bazı öğrencilerin matematiksel bilgiyi

nasıl yapılandığına ilişkin daha güvenilir çıkarımlara ulaşabilmektedirler. Klinik görüşme oturumları öğretim deneyinin öncesinde, öğretim bölümlerinin aralarında ve öğretim deneyi sonunda gerçekleştirilebilmektedir (Elstak 2007).

Yürüttüğüm öğretim deneyi kapsamında gerçekleştirdiğim klinik görüşmeler, öğrencilerin bireysel akıl yürütme süreçleriyle ilgili daha detaylı veriler toplamamda önemli bir veri toplama aracı olmuştur. İlk aşamada kullanmayı planladığım veri toplama araçları sınıftaki öğretimi farklı açılardan kaydeden ve odak üç adet kamera, öğrencilerin DGY'deki ürünleri, bilgisayar ekranındaki işlemleri kaydeden bir yazılım ve araştırmacı günlüğüydü. Bu süreçte odak öğrencilerin öğretim bölümlerindeki akıl yürütme süreçlerini, sınıf içi tartışmaların ve ekrandaki işlemlerin video kayıtları üzerinden analiz etmeyi amaçlamıştım. Diğer yandan bu kayıtlar, ağırlıklı olarak öğrenme sürecinin sosyal boyutlarına ilişkin verileri sunmaktaydı. Öğrenciler sınıf içi tartışmalar sonunda kendi matematik bilgilerini nasıl yapılandırmaktaydı? Akıl yürütme süreçlerindeki bireysel farklılıklar nelerdi? Öğrencilerin matematik öğrenme süreçlerinde yararlandıkları yazılıma ilişkin bireysel kullanım şemaları nasıl ortaya çıkmaktaydı? Bilgisayar ekranına yönelik kayıtlar da bu sorulara net yanıtlar bulmamı zorlaştırıyordu. Çünkü odak öğrenciler bilgisayardaki işlemleri iki kişilik grup çalışmaları içerisinde dönüşümlü olarak gerçekleştiriyorlardı. Bu çalışmalarda öğrencilerin matematiksel kavramları nasıl inşa ettiklerine ve işlemler sırasında nasıl akıl yürüttüklerine yönelik güvenilir bir çıkarım yapamıyordum. Bu nedenle öğretim deneyinin öncesinde, öğretim bölümlerinin aralarında ve öğretim deneyinin sonunda odak öğrencilerin katıldığı klinik görüşme oturumlarını gerçekleştirmeye karar verdim.

Birinci öğretim bölümünde öğrencilerin DGY'nin temel araçlarına ve kavramlarına yönelik öğrenme süreçlerine odaklanmıştım. Bu doğrultuda öğrencilerin 'Doğrular ve Açılar' konusu kapsamında temel DGY araçlarını kullanabilecekleri basit etkinlikleri tamamlamalarını sağladım. Öğrencilerin DGY'yi kullandıkları sırada karşılaştıkları bazı zorluklar sonraki öğretim bölümlerine dönük önlemler almamı sağlamıştı. Bununla birlikte DGY'ye yönelik öğrenci zorluklarını daha detaylı görmeli ve gerekirse bu zorlukların birbiriyle nasıl ilişkili olduğunu analiz etmeliydim. Bu amaç doğrultusunda birinci klinik görüşme oturumunu gerçekleştirmeye karar verdim. Yürütülen klinik görüşmede öğrencilerin temel DGY araçlarını kullanmalarını gerektiren "*Doğru oluşturabilir misin?, Dik doğru oluşturabilir misin?*" gibi kısa işlemlerle çok sayıda soru sordum. Klinik görüşmenin bulguları öğrencilerin zaman zaman göreve uygun aracı seçemediklerini, seçilen aracın prosedürünü uygulayamadıklarını, aracı yanlış menülerde aradıklarını, araçların ikonlarını karıştırdıklarını, fare kullanımına dayalı anlık hatalar yaptıklarını ve DGY'de çizim ile oluşumu birbirinden ayırt edemediklerini göstermişti. Bu zorlukların nedenlerini incelediğimde bazılarının temelinde matematiksel kavramlara ilişkin bilgi eksikliğinin, keşfedici öğretim sürecinde kullanılan yazılıma dayalı alışkanlıkların, bazı DGY araçlarındaki pedagojik sınırlıkların ve geleneksel öğretim ortamlarında kullanılan geometrik temsil biçimlerine (çizimlere) yönelik alışkanlıkların bulunduğunu gördüm. Bu bulgular ikinci öğretim bölümünü planlarken alacağım öğretimsel kararlarda bana ışık tutmuştu.

İkinci öğretim bölümünde öğrenciler 'Eşlik ve Benzerlik' konusu kapsamında 'benzerlik oranı' kavramını keşfettikleri ve uzunluklar üzerinde orantısal akıl yürütme süreçlerini gerçekleştirdikleri DGY çalışmalarını tamamlamışlardı. Üçüncü öğretim bölümünde dönüşüm geometrisi kapsamında DGY destekli çalışmaları yürütecektim. Bu çalışmalarda yansıma dönüşümü içerisindeki ilişkilerin anlaşılması için yansıma doğrusu kavramının özelliklerinin keşfedilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin keşfi için orta dikme kavramına ilişkin ön bilgilere sahip olunmalıydı. Buradan hareketle ikinci klinik görüşme oturumunda öğrencilerin orta dikme inşası yapacakları bir geometrik yer problemine yer vermeye karar verdim. Görüşmenin bulguları, öğrencilerin ilgili problemde 'izi aç' aracı ve sürüklenme stratejileri aracılığıyla belirli özellikteki noktalar üzerinde ilişkilendirme yaptıkları,

dinamik düşündükleri ve söz konusu noktalar kümesinin bir orta dikme oluşturduğuna yönelik genelleme yaptıklarını gördüm. ‘Doğrular ve Açılar’ konusuna ilişkin benzer geometrik yer çalışmaları önceki öğretim bölümlerinde de tamamlanmıştı. İkinci klinik görüşme oturumu, geride kalan öğretim bölümleri sonunda öğrencilerin geometrik yer çalışmalarında DGY’yi etkin biçimde kullandıklarını ve orta dikmenin özelliklerini kullandıklarını göstermişti.

Üçüncü öğretim bölümünde öğrenciler gerçek yaşam durumlarından resimleri içeren DGY çalışmaları aracılığıyla yansıma dönüşümünü analiz ettiler. Söz konusu çalışmalar öğrencilerin yansıma doğrusunun özelliklerine ve simetrik yapılarla ilişkilerine yönelik genellemeler yapmalarına olanak sağlamıştı. Bu çalışmaların ardından DGY’de verilen eş çokgenlerin simetrik olup olmadığını ispatlamaya yönelik problemlerde öğrencilerin çeşitli düşünme yollarından yararlandığını gözledim. Bu aşamada öğrencilerin DGY’deki ispat süreçlerinde nasıl akıl yürüttüklerini daha detaylı görmek için çözüm yollarını daha yakından deneyimlemem gerekmekteydi. Buradan hareketle üçüncü klinik görüşme oturumunda odak öğrencilerin ispat türündeki iki problem üzerinde bireysel olarak çalışmalarını sağladım. Bu problemler DGY’de verilen eş çokgenlerin arasında yansıma dönüşümü olup olmadığını ispatlamaya yönelikti. Klinik görüşme bulguları öğretim deneyi sırasında öğrencilerde gözlediğim düşünme biçimlerini sınıflandırmama olanak vermişti. Birinci problem kapsamında Nuray ekrandaki çokgenlerin ve yaptığı çizimlerin görünüşü üzerinden sadece algıya dayalı çıkarımlar yaparken; Sıla ve Lale çokgenler arasında rastgele çizdikleri doğrular ve ‘doğruda yansıt’ aracı yardımıyla deneme-yanılma stratejisini kullandılar. Diğer odak öğrencilerden Atakan ve Veli ise ispat sürecinde yansıma doğrusunun özelliklerine dayalı akıl yürüttüler. Buna karşılık Atakan ve Veli’nin ispat süreci hatalı sonuçlar da verebilen geri-çıkarma (abduction) türündeki akıl yürütme biçimini (Peirce, 1960) içermekteydi. Altıncı öğrenci Sera ise yansıma doğrusunun orta dikme özelliğini dikkate alarak tümdengelimli akıl yürütme sürecini gerçekleştirdi. Yaptığım analizler, öğrencilerin birinci problemde dört farklı çözüm yolunu takip ettiklerini göstermişti. Diğer yandan bazı öğrencilerin ikinci problem kapsamında akıl yürütme süreçlerini ve çözüm yollarını değiştirdiklerini gördüm. Örnek olarak Atakan ikinci problemde öncelikle geri-çıkarma üretirken, sonrasında bu akıl yürütme biçiminin ulaştırdığı sonuca güvenmemiş ve yansıma doğrusunun ‘orta dikme’ özelliği üzerinden tümdengelimli çıkarımlara ulaşmıştı. Üçüncü klinik görüşme oturumunun bulguları, dördüncü öğretim bölümüne yönelik hazırlayacağım yeni ispat çalışmalarında hangi boyutlara dikkat edeceğim konusunda bana yeni ipuçları vermişti.

Dördüncü öğretim bölümündeki sınıf içi tartışmalarda pek çok öğrenci daha önce kullandığı düşünme biçimini değerlendirme ve geliştirme olanağı yakalamıştı. Yeni ispat süreçlerinde tümdengelimli akıl yürütme süreçlerini içeren çeşitli stratejilerin sınıf tarafından benimsenmiş olduğunu gördüm. Öğrencilerin DGY’de geliştirdikleri stratejileri daha yakından deneyimlemek ve odak öğrencilerin akıl yürütme süreçlerindeki değişimi modellemek amacıyla ispat türündeki problemleri yeniden ele aldığım dördüncü klinik görüşme oturumunu gerçekleştirdim. Klinik görüşmedeki problemde öğrencilerin DGY’de verilen iki eş çokgenin arasında yansıma dönüşümü olup olmadığını ispatlamalarını istemişim. Ortaya çıkan bulgular, Atakan, Veli, Sera, Lale ve Nuray’ın çokgenlerin karşılıklı köşe noktaları arasında oluşturulan doğru parçalarının orta dikmelerini karşılaştırdıklarını; Sıla’nın ise bu doğru parçalarından birisinin orta dikmesi ile diğerinin orta noktasını ilişkilendirdiğini göstermişti. Bu bağlamda öğrencilerin tümü yansıma doğrusunun ‘orta dikme’ özelliğinden yararlanmışlar ve tümdengelimli akıl yürütme süreçlerini içeren iki farklı strateji kullanmışlardı. Bu stratejilerden birincisinin sınıfta daha yaygın olarak kullanıldığı anlaşılmaktaydı.

Öğretim deneyi boyunca gerçekleştirdiğim klinik görüşme oturumları bana farklı başarı düzeylerindeki öğrencilerin akıl yürütme biçimlerinin DGY’deki öğrenme ortamlarında nasıl

değiştğine yönelik detaylı veriler sağlamıştı. Bu sayede öğretim deneyinin bir diğer unsuru olan geriye dönük kavramsal analizler için süreç boyunca zengin veri setleri oluşturmuş oldum.

Geriye dönük kavramsal analizler

Öğretim bölümlerinin video kayıtlarına ilişkin yapılan geriye dönük kavramsal analizlerin öğretim deneyinin kritik unsurlarından birisi olduğu bilinmektedir. Geriye dönük kavramsal analizlerle, öğretim bölümlerine ilişkin elde edilen kayıtlar baştan itibaren yeniden çözümlenirken, bu sayede öğrencilerdeki matematiksel kavramların ve akıl yürütme süreçlerinin nasıl gelişim gösterdiği görülmektedir (Hackenberg, 2010). Geriye dönük analizler titiz bir çalışma sürecini içermektedir. Bu noktada öğretim deneyi yürütmeyi amaçlayan pek çok araştırmacının geriye dönük kavramsal analizler için yeterli planlamayı yapmadıkları için süreci başarıyla gerçekleştiremedikleri bilinmelidir (Steffe & Ulrich, 2014). Öğretim bölümleri içerisinde öğrenci matematiğini yakından deneyimleyen araştırmacı öğrenme ortamında neler olduğunu aklında tutarken, bu bilgiler video kayıtlarının analizi ile birlikte daha net bir resim sunmakta ve araştırmacının öğretim bölümü sırasında öğrencilerde fark edemediği bazı spontane öğrenmeleri de görmesini sağlamaktadır. Bunun yanında geçmiş öğretim bölümlerine ilişkin video kayıtlarının yeniden incelenmesi araştırmacının daha önceki deneyimlerini hatırlamasına, yeni ve eski bulgular arasındaki bağlantılar kurulmasına ve öğrencilerdeki yeni öğrenmelere zemin hazırlayan etkenlerin farkında olmasına da olanak vermektedir.

Yürüttüğüm öğretim deneyi kapsamındaki üçüncü klinik görüşme oturumunda odak katılımcılar DGY’de iki eş çokgenin gizli bir doğruya göre simetrik olup olmadıklarını incelemişlerdi. Görüşmenin ilerleyen dakikalarında katılımcılardan Atakan ve Veli ekrandaki iki eş çokgenin karşılıklı köşelerinin orta noktalarını oluşturdu ve orta noktaların doğrudan olduklarını belirterek, verilen çokgenlerin söz konusu noktalarından geçen doğruya göre simetrik olduklarını açıkladılar. DGY’deki problemde katılımcılara verdiğim çokgenler gerçekten de söz konusu doğruya göre simetrikti, ancak Atakan ve Veli’nin izledikleri yöntem, klinik görüşmenin ikinci problemde onların hatalı yanıtlar vermesine neden oldu. İkinci problemde DGY’de verilen iki eş çokgen arasında yansıma dönüşümü değil, ötelemeli yansıma dönüşümü vardı ve ötelemeli yansıma da orta noktalar yine doğrudan olarak gözlenmekteydi. Veli yaptığı gözleme dayanarak yeni verilen çokgen çiftinin de simetrik olduğunu açıklamıştı. Atakan ise orta noktaların doğrudan olduklarını gözlemesine karşılık tereddüte düşmüştü. Çünkü çokgenleri birbirine doğru sürüklediğinde köşe noktalarının ve orta noktaların hiçbir durumda çakışmadıklarını fark etmişti. Buradan hareketle Atakan yansıma doğrusunun farklı özelliklerini de dikkate aldı ve çokgenlerin karşılıklı köşelerini birleştiren doğru parçalarını çizdi. Ardından her bir doğru parçasının orta dikmesini oluşturdu. Atakan’a göre verilen çokgenler gizli bir doğruya göre simetrik ise, bu doğru söz konusu doğru parçalarının tümünün orta dikmesi olmalıydı. Ancak katılımcı doğru parçalarının orta dikmelerinin çakışık olmadığını keşfetti ve çokgenlerin simetrik olmadıklarını açıkladı. Bu ilginç bir bulguydu. Çünkü Atakan ve Veli öğretim bölümlerinde aynı bilgisayarda çalışıyorlardı. Ancak Atakan’ın düşünme sürecinin farklı geometrik ilişkileri de ele aldığı görülüyordu. Öğretim bölümlerine ilişkin geriye dönük analizlerimde Atakan’ın simetrik çokgenleri incelerken sürükleme işlemini daha sık kullandığını ve figürlerin hareketli manipülasyonlar sırasındaki davranışlarını daha detaylı incelediğini fark ettim. Veli ise yaptığı açıklamalarda nesnelerin DGY’deki davranışlarını daha az dikkate almaktaydı ve bakış açısı belirli nesnelerin ilişkisine odaklanmaktaydı. Bununla birlikte sınıftaki farklı katılımcıların DGY’deki stratejilerini incelediğimde Atakan ve Veli’nin stratejilerinden farklı ilginç bir veriyle daha karşılaşmaktaydım. Kimi katılımcılar orta noktalarından geçen doğruyun yansıma doğrusu olup olmadığını görmek amacıyla DGY’deki “doğrudan yansıt” aracını kullanmışlar ve aldıkları dönütlere yardımıyla stratejilerini gözden geçirmişlerdi. Geriye dönük kavramsal analizlerim katılımcıların akıl

yürütme süreçlerinin DGY'nin farklı araçlarına yönelik bireysel kullanım şemalarıyla biçimlendiğini göstermişti. Geriye dönük kavramsal analizler öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin ayrıntıları daha iyi görmeme neden oldu. Elde ettiğim bulgular doğrultusunda, sonraki öğretim bölümünde orta nokta temelli stratejilerin farklı örnekler üzerinde tartışıldığı bir etkinlik hazırlamaya karar verdim.

Araştırmacılar eski öğretim bölümlerine ilişkin video kayıtlarını incelerken daha önceden deneyimledikleri öğrenci etkileşimlerini yeniden yorumlayabilmekte ve öğrencilerin matematik bilgilerine ilişkin çıkarımlarını yeniden değerlendirebilmektedirler. Bu yönüyle geriye dönük kavramsal analizler araştırmacının öğrenci matematiğini incelerken bakış açılarını zenginleştirmesini ve fikirlerini değerlendirmesini sağlamaktadır (Steffe & Thompson, 2000). Söz konusu analiz sürecinin dikkatlice uygulanması, yapılandırmacı öğretim deneyi kapsamında öğrenci matematiğine ilişkin modellerin de titizlikle oluşturulmasına imkân vermektedir.

Öğrenci matematiğini yansıtan deneysel ve 'yaşayan' modeller

Öğrenci matematiğinin gelişim sürecini yansıtan -yeniden düzenlenebilir- modellerin yapılandırmacı öğretim deneyinin en kritik ögesi olduğu söylenebilir. Çünkü yapılandırmacı öğretim deneyinin temel amacı öğrencilerdeki bireysel öğrenme yollarının modellenmesidir. Ackermann (1995) öğretim deneyinin bu ögesine ilişkin düşüncelerini şu şekilde ifade etmiştir (s. 346):

... Araştırmacının odağı (öğrencilerin) öğrencilerin akıl yürütme süreçlerinin özgün yapılarını anlayarak, bu süreçlerin kendi içlerindeki tutarlılığını ortaya koymak ve bu süreçlerin farklı bağlamlarda değişen ya da aynı kalan özelliklerini derinlemesine incelemektir.

Bu noktada öğretim deneyinin 'yaşayan' ürünleri olarak ortaya çıkan modeller, eğitimcilerle öğrenci matematiğindeki örüntüleri görme ve bu örüntüye uygun öğrenme ortamlarını oluşturmada kaynak oluşturmaktadır. Bu modellerin inşasında en önemli konu öğrencilerin öğrenme yollarını biçimlendiren sınırların nasıl oluşturulacağıdır. Bu sınırlar öğrencilerin süreç içerisinde yaptıkları hatalar aracılığıyla oluşmaktadır (Steffe & Ulrich, 2014). Bu noktada öğrencinin neleri yapamadığının anlaşılması, neleri yapabildiğine ilişkin çıkarımların çerçevesini oluşturmaktadır. Bunun yanında öğrenme yollarının sınırları genellikle keskin çizgilerle oluşturulmamakta ve araştırmacının deneyimleri doğrultusunda yeniden düzenlenmektedir (Steffe, 1991). Elde edilen bulgular ışığında şekillenen modeller, matematik eğitimcilerine kendi öğrencilerinin matematik öğrenme süreçlerinin nasıl gerçekleşebileceği ve uygun öğrenme ortamlarının nasıl hazırlanacağı konularında ipuçları sağlamaktadır.

Diğer yandan model oluşturma, araştırmacının yaratıcılığını gerektiren bir süreçtir. Bu sürecin önemli noktalarından birisi araştırmacının öğrenci gibi düşünmeye çalışmasıdır. Bu bağlamda araştırmacılar öğretim bölümleri sırasında kendilerine "Bu işlemlerin öğrencinin bakış açısında bir anlamı olması için, öğrencinin aklından hangi düşünceler geçiyor olabilir?" sorusunu sürekli sorması gerekmektedir (Thompson, 1982). Araştırmacının yukarıdaki sorulara verdiği yanıtlar öğrenci matematiğine ilişkin yapılan modellemenin alt yapısını oluşturmaktadır. Araştırmacı, öğrencilerin açıklamalarında ve eylemlerinde bir örüntüyü fark etmesinin ardından matematiksel kavramların öğrencilerin zihninde nasıl yapılandığına yönelik teorik bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu teorik çerçeve, matematik eğitimcilerine öğrenci matematiğinin gelişim süreciyle ilgili ipuçları sunan bir kaynak sağlamaktadır.

Öğrencilerin bireysel öğrenme süreçlerini açıklayan modellerin inşa edilmesi, radikal yapılandırmacı yaklaşıma dayanan yapılandırmacı öğretim deneyinin birincil amacıdır. Bununla birlikte sınıf öğretim deneyi, öğrenme sürecinin bireysel ve sosyal boyutlarını bir arada incelemekte ve matematik öğrenme

sürecinin anlaşılmasında sınıf içi uygulamaları ve tartışmaları da analiz etmektedir. Bu noktada, yapılandırmacı öğretim deneyinden farklı olarak, bireysel öğrenme süreçlerinin modellenmesi sınıf öğretim deneyinin temel unsuru olarak ele alınmamalıdır.

Sonuç ve Öneriler

Geride bıraktığımız yüzyılda sosyokültürel ve yapılandırmacılık teorilerinin matematik eğitime sunduğu yeni bakış açıları sınıflardaki öğretimin öğrenci bilgisini merkeze alan yeni yaklaşımları benimsemesine yol açmıştır. Bu durum matematik eğitimi araştırmalarında da öğrencilerin matematik öğrenme süreçlerinin bireysel ve sosyal boyutta nasıl gelişim gösterdiğini anlamayı kritik hale getirmiş ve alana özgü bir araştırma deseni olan öğretim deneyinin doğmasını sağlamıştır. Öğretim deneyi öğretimin ve araştırmanın iç içe gerçekleştiği ve öğrencilerdeki öğrenme süreçlerinin keşfedildiği araştırma desendir. Bu yönüyle öğretim deneyi eğitimciler hem öğrencilerin öğrenme süreçlerine hem de uygun öğretimsel tasarımlara ilişkin değerli kaynaklar sağlamaktadır. Bu çalışmada öğretim deneyinin ne olduğuna, hangi öğeleri içerdiğine ve nasıl gelişim gösterdiğine ilişkin teorik ve deneysel açıklamalar yaptım. Bu açıklamalarda farklı teorik yaklaşımları temel alan öğretim deneyi türlerinde araştırmacının rolüne ve dikkat edilmesi gereken unsurlara değindim.

Tarihsel süreçte farklı öğretim deneyi türlerinin ortaya çıktığını açıklamıştım. Öğretim deneyinin farklı türlere ayrılmasında araştırma deseninin hangi öğrenme teorisini temel aldığı belirleyici olmaktadır. SSCB’de kullanılan öğretim deneylerinin temelini sosyokültürel teori oluştururken, ABD’deki ilk öğretim deneylerinin temelinde ise yapılandırmacı yaklaşım yer almaktadır. Yapılandırmacı yaklaşıma dayanan ilk öğretim deneyleri (yapılandırmacı öğretim deneyi) radikal yapılandırmacılık temelinde bireysel psikolojik süreçlere odaklanırken, günümüzde öğrenme sürecinin sosyal etkileşim boyutunu da göz önüne alan ve yapılandırmacılığın yanında sembolik etkileşimci yaklaşımdan da beslenen sınıf öğretim deneyleri araştırmalarda kullanılmaktadır. Buradan hareketle çalışmalarında öğretim deneyini kullanacak olan araştırmacıların öncelikle hangi öğrenme yaklaşımını temel alacaklarını belirlemeleri gerekmektedir. Araştırmacıların temel aldıkları öğrenme yaklaşımı, yürütecekleri öğretim deneyi türünün ne olacağı; araştırmacıların öğretim sürecine hangi rolde katılacakları, kaç katılımcıyla çalışılacağı ve öğrenme sürecinin hangi boyutlarına odaklanılacağı ilgili sorulara da yanıtlar vermektedir.

Son olarak bu çalışmada belirli aşamalarına yer verdiğim örnek sınıf öğretim deneyi içerisinde yaşadığım zorluklardan birisini belirtme gereği duyuyorum. Sınıf öğretim deneyi başlığında hatırladığımız üzere, öğretim sürecinin araştırmacı ya da sınıfı tanıyan bir öğretmen tarafından yürütülebildiğini biliyoruz. Araştırmanın hazırlık aşamasındayken, daha önce ortaokulda öğretmenlik deneyiminin bulunmaması nedeniyle öğretim bölümlerinin sınıfın mevcut öğretmeni tarafından yürütülmesinin uygun olacağını düşünmüştüm. Bununla birlikte öğretim deneyinde kullanılması düşünülen öğretim teknolojisine (DGY) ilişkin deneyimli bir matematik öğretmenin uygulama okulunda bulunmaması ve tez araştırmamın takvimine bağlı sınırlıklar önce mevcut sınıfla keşfedici öğretim aşamasını gerçekleştirilmeme ardından da çalışmaya araştırmacı/öğretmen olarak dâhil olmama neden olmuştu. Bu noktada sınıf öğretim deneyinde tek bir araştırmacı olarak aynı anda öğretim bölümlerini planlamanın, öğretimi gerçekleştirilmenin, veri toplamanın ve öğrenme sürecinin sosyal ve bireysel unsurlarını dışarıdan bir gözle analiz etmenin karmaşık bir görev olduğunu itiraf etmeliyim. Bu nedenle yapacakları çalışmalarda sınıf öğretim deneyini kullanmayı planlayan okuyuculara öncelikle bir araştırma ekibiyle birlikte çalışmalarını öneririm. Ayrıca sınıf öğretim deneyinin temel aldığı yaklaşıma göre, bir sınıfın kendi sosyal ve sosyomatematiksel normlarına sahip bir mikrokültür

olduğunu biliyoruz. Söz konusu mikrokültür içerisinde sınıfın mevcut öğretmenin doğal bir unsur olduğu normların şekillenmesinde rol aldığı dikkat edilmesi gereken bir noktadır. Bu nedenle okuyuculara, koşulların izin verdiği durumlarda, öğretim deneyi yapmayı planladıkları sınıfın mevcut öğretmeniyle işbirliği yapabileceklerini ve sürece gözlemci rolünde de dâhil olabileceklerini hatırlatırım.

Matematik eğitimcilerinin öğrenciler için uygun öğretimsel planlamalar yapabilmeleri için çağımızda sahip olmaları gereken mesleki bilgilerden birisi “öğrenenin ne bildiği” bilgisidir. Bununla birlikte biz -yetişkinler- her ne kadar bir zamanlar öğrenen olsak da, öğrencilerin matematiksel bilgiyi hangi yollarla oluşturduğunu anlamamız için onların öğrenme süreçlerini bireysel ve sosyal boyutlarıyla birlikte yakından deneyimlememiz gerekmektedir. Tam bu noktada eğitim araştırmacılarının öğretim deneyi desenine yönelik bilgi ve beceri edinmelerinin, matematik eğitimine -ve bu alanla ilişkili diğer disiplinlerin- gelişimine önemli katkılar sağlayacağını düşünmekteyim.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasında eleştiri ve önerileriyle önemli katkılar sağlayan doktora tez danışmanım Doç. Dr. Nilüfer KÖSE'ye ve Doç. Dr. Melih TURGUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar / References

- Ackermann, E. (1995). Construction and transference of meaning through form. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 341–354). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Arievitch, I. M., & Haenen, J. P. P. (2005). Connecting sociocultural theory and educational practice: Galperin's approach. *Educational Psychologist*, 40(3), 155-165.
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., & Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practices in Cabri environments. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(3), 66–72.
- Aşık, G. ve Yılmaz, Z. (2017). Design-based research and teaching experiment methods in mathematics education: Differences and similarities. *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 343–367.
- Baccaglioni-Frank, A. (2010). *Conjecturing in dynamic geometry: A model for conjecture generation through maintaining dragging*. Unpublished Doctoral Dissertation, Durham: University of New Hampshire.
- Blumer, H. (1969). *Symbolic interactionism: Perspective and method*. Berkeley: University of California Press.
- Cobb, P. (1989). Experimental, cognitive and anthropological perspectives in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 9(2), 32–43.
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 307–333). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cobb, P., & Bauersfeld, H. (Eds.), (1995). *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cobb, P., Jackson, K., & Dunlap, C. (2017). Conducting design studies to investigate and support mathematics students' and teachers' learning. In J. Cai (Ed.), *First compendium for research in mathematics education* (pp. 208–233). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Cobb, P. & Steffe, L. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(2), 83–94.
- Cobb, P. (2011). Part I Radical constructivism: Chapter 2: Introduction. In E. Yackel, Gravemeijer & A. Sfard (Eds.). *A journey in mathematics education research: Insights from the work of Paul Cobb* (pp. 9–17). Mathematics Education Library 48, Netherlands: Springer.
- Cobb, P., & Steffe, L. (2011). The constructivist researcher as teacher and model builder. In E. Yackel, Gravemeijer & A. Sfard (Eds.), *A journey in mathematics education research: Insights from the work of Paul Cobb* (pp. 19–30). Mathematics Education Library 48, Netherlands: Springer.
- Cobb, P., & Yackel, E. (1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. *Educational Psychologist*, 31(3/4), 175–190.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. (1989). Young children's emotional acts while engaged mathematical problem solving. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective* (pp. 117–148). New York: Springer-Verlag.
- Czarnocha, B., & Maj, B. (2008). A teaching experiment. In B. Czarnocha (Ed.), *Handbook of mathematics teaching research - a tool for teachers- researchers* (pp. 47–58). Poland: University of Reszów.
- Davydov, V. V. (1975). The psychological characteristics of the “prenumerical” period of mathematics instruction. In L. P. Steffe (Ed.), *Soviet studies in the psychology of learning and teaching mathematics* (Vol. 7). Stanford, CA: School Mathematics Study Group.
- Elstak, I. R. (2007). *College students' understanding of rational exponents: A teaching experiment*, Unpublished Doctoral Dissertation, Columbus: The Ohio State University.

- Engelhardt, P. V., Corpuz, E. G., Ozimek, D. J., & Rebello, N. S. (2004, September). The teaching experiment- what it is and what it isn't. In *2003 Physics education research conference* (Vol. 720, pp. 157–160).
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed.) (pp. 119–161). New York: Macmillan.
- Ginsburg, H. P. (1981). The clinical interview in psychological research on mathematical thinking: Aims, rationales, techniques. *For the Learning of Mathematics*, 1(3), 4–11.
- Ginsburg, H. P. (1997). *Entering the child's mind: The clinical interview in psychological research and practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Goldin, G. A. (1997). Observing mathematical problem solving through task-based interviews. *Journal for Research in Mathematics Education*. Monograph, 9, 40–177.
- Harel, G. & Sowder, L. (1998). Students' proof schemes: results from exploratory studies. In A. H. Schoenfeld, J. Kaput, & E. Dubinsky (Eds.), *Research in collegiate mathematics education* (pp. 234–283). Providence, RI: American Mathematical Society.
- Hackenberg, A. J. (2010). Students' reasoning with reversible multiplicative relationships. *Cognition and Instruction*, 28(4), 383–432.
- Kantowski, M. G. (1977). Processes involved in mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 8, 163–186.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 25, 619–633.
- Laborde, C. (1993). The computer as part of the learning environment: The case of geometry. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning through computers: Mathematics and educational technology* (pp. 48–67). Berlin, Germany: Springer.
- Leung, A. (2008). Dragging in a dynamic geometry environment through the lens of variation. *International Journal of Computer for Mathematical Learning*, 13, 135–157.
- Leung, A. (2015). Discernment and reasoning in dynamic geometry environments. In S. J. Cho (Ed.), *Selected regular lectures from the 12th international congress on mathematical education* (pp. 551–569). Switzerland: Springer.
- Menchinskaya, N. A. (1969a). Fifty years of Soviet instructional psychology. In J. Kilpatrick & I. Wirszup (Eds.), *Soviet studies in the psychology of learning and teaching mathematics*, Vol. 1, (pp. 3–18). Stanford, CA: School Mathematics Study Group.
- Menchinskaya, N. A. (1969b). The psychology of mastering concepts: Fundamental problems and methods of research. In J. Kilpatrick & I. Wirszup (Eds.), *Soviet studies in the psychology of learning and teaching mathematics*, Vol.1, (pp. 75–92). Stanford, CA: School Mathematics Study Group.
- Mertler, C. A. (2012). *Action research: Improving schools and empowering school educators* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2009). *İlköğretim matematik dersi 6 – 8. sınıflar öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2013). *Ortaokul matematik dersi 5 – 8. sınıflar öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu.
- Mohan, L., & Anderson, C. W. (2009, June). *Teaching experiments and the carbon cycle learning progression*. Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa City, IA.
- Peirce, C. S. (1960). *Collected papers*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Piaget, J. (1952). *The child's conception of number*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176–186.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructive perspective. *Journal of Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145.
- Steffe, L. P. (1991). The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. In E. Von Glasersfeld (Ed.), *Radical constructivism in mathematics education* (pp. 177–194). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Steffe, L. P., Hirstein, J. & Spikes, C. (1976). *Quantitative comparison and class inclusion as readiness variables for learning first grade arithmetic content*. Technical Report No. 9. Project for Mathematical Development of Children, Tallahassee FL.
- Steffe, L. P., & Olive, J. (2010). *Children's fractional knowledge*. New York, NY: Springer.
- Steffe, L. P. & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. Lesh, & A. E. Kelly (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 267–307). Hillsdale: Erlbaum.
- Steffe, L. P., & Ulrich, C. (2014). The constructivist teaching experiment. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 102–109). Springer, Berlin.
- Stolzenberg, G. (1984). Can an inquiry into the foundations of mathematics tell us anything interesting about mind? In P. Watzlawick (Ed.), *The invented reality* (pp. 257–308). New York: W. W. Norton & Company.
- Thompson, P. (1979). The constructivist teaching experiment in mathematics education research. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Council of Teachers of Mathematics*, Boston, MA.
- Thompson, P. W. (1982). Were lions to speak, we wouldn't understand. *Journal of Mathematical Behavior*, 3(2), 147–165.
- Thompson, P. W. (2000). Radical constructivism: Reflections and directions. In L. P. Steffe & P. W. Thompson (Eds.), *Radical constructivism in action: Building on the pioneering work of ernst von glasersfeld* (pp. 412–448). London: Falmer Press.
- Uygan, C. (2016). *Ortaokul öğrencilerinin zihnin geometrik alışkanlıklarının kazanımına yönelik dinamik geometri yazılımındaki öğrenme süreçleri*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2012). *İlkokul ve Ortaokul Matematiği Gelişimsel Yaklaşımla Öğretim*. S. Durmuş (Çev. Ed.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- van Hiele, P. M. (1984). A child's thought and geometry. In D. Fuys, D. Geddes & R.W. Tischler (Eds.) (1959/1985) *English translation of selected writings of Dina van Hiele Geldof and Pierre M. van Hiele*, (pp. 243–252). Brooklyn: Brooklyn College.
- von Glasersfeld, E. v. (1995). *Radical constructivism: A Way of knowing and learning*. London: Falmer Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 458–477.
- Yıldırım, C. (2007). *Matematiksel düşünme* (13. Basım). İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Zazkis, R. & Hazzan, O. (1999). Interviewing in mathematics education research: Choosing the questions. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(4), 429–439.

Yazar

Dr. Candaş UYGAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Doktora derecesini 2016 yılında Anadolu Üniversitesi, Matematik Eğitimi Anabilim Dalından almıştır. Yenilikçi öğretim teknolojilerinin matematik eğitimine entegrasyonuna ilişkin ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanmış makaleleri vardır. Yazar öğretmen adaylarında ve ortaokul öğrencilerinde geometrik akıl yürütme, uzamsal yetenek, matematik yazılımlarına ilişkin kullanım şemaları konularında çalışmalar gerçekleştirmiştir.

İletişim

Arş. Gör. Dr. Candaş UYGAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Meşelik Kampüsü, Odunpazarı/Eskişehir, Türkiye.

e-mail: cuygan@ogu.edu.tr

Summary

Purpose and Significance. Mathematics is a discipline in which abstract concepts are studied. Therefore the ways by which students learn mathematical concepts are mysterious for educators and it is important to explore students' mathematics learning processes in the mathematics education researches (Cobb & Steffe, 2011; Steffe, 1991; Steffe & Thompson, 2000). In this scope, while it is already known that the clinical interview technique is used for understanding students' existing mathematical knowledge deeply during problem solving processes, teaching experiment method is a research design conducted to understand how the students construct their mathematical knowledge in certain learning environments designed by the researchers (Czarnocha & Maj, 2008; Steffe & Ulrich, 2014). Starting from this point, in this study I aim to explain the theoretical foundations and historical changes of the teaching experiment methodology and the features of the various teaching experiment types.

What is the teaching experiment methodology? The main aim of the use of teaching experiment is to explore students' mathematics learning processes in detail within appropriate learning environments designed during the process (Cobb, 2000; Cobb & Steffe, 2011; Steffe & Olive, 2010; Steffe & Thompson, 2000). A teaching experiment consists of certain steps proceeding in a circular way which are (1) to state initial hypothesis about students' possible learning processes, (2) to plan the teaching methods and design appropriate learning environment, (3) to conduct planned teaching methods and obtain data about the learning process, (4) to make inferences about students' learning processes and to evaluate the initial hypothesis for revising it to continue the process. The circular and interventionist nature of the teaching experiment methodology can resemble the action research design. However, according to Cobb, Jackson and Danlop (2017) there is a main difference between these two research designs related to their purposes and products. At this point, the teaching experiment method is used by researchers with the aim of producing generalizable theoretical models about students' mathematics learning processes while the action research method is carried out in many disciplines with intent to find solutions for current local problems.

Development of various types of the teaching experiment. In the historical process, various teaching experiment types that are based on different learning theories emerged and developed in mathematics education. Although teaching experiment designs based on constructivist approach have been conducted since 1976, it is known that Russian researchers had previously carried out this research method based on Vygotsky's sociocultural approach in Union of Soviet Socialist Republics (Menchinskaya, 1969a; Menchinskaya, 1969b). Thompson (1979) classifies these teaching experiments as Soviet style teaching experiments.

Soviet style teaching experiments. The main purpose of Soviet style teaching experiments is to explore students' thinking processes while learning a certain mathematical content, in which the researchers intervened students' mathematics learning according to the learning steps planned before. Mechinskaya (1969a) defines two types of Soviet teaching experiments: (1) macroscheme in which evolution of students' school activities are studied from one instructional level to another, (2) microscheme where a transition of a student from less knowledge level to higher ones is investigated. While the macroscheme is curriculum oriented teaching experiment (Davydov, 1975), the macroscheme bases a student's thought and revises the learning environment during the teaching experiment (Kantowski, 1977). However, it is known that macroscheme is nonconstructivist teaching experiment, because the learning process that a student is expected to follow is determined priorly and alternative learning processes are not be considered (Cobb & Steffe, 2011).

Constructivist teaching experiment. Since 1976, a new version of the teaching experiment which is based on radical constructivist approach became to be used in the USA that is called as “constructivist teaching experiment” (Steffe, Hirstein & Spikes, 1976; Steffe & Ulrich, 2014). According to Piaget’s constructivist approach, learning is not a passive process and an individual constructs her/his new knowledge on her/his existing knowledge schemes (Piaget, 1964). In Glasersfeld’s radical constructivism one of the perspectives of constructivism, approaches the learning as an individual psychological process. Therefore the constructivist teaching experiment deriving from Piaget’s clinical interview technique (1952) aims to experience the psychological process of an individual’s mathematics learning. At this point the term “student’s mathematics” is used for describing the mathematics reality in the students’ mind that differs from teachers’ (Steffe & Thompson, 2000). For this reason, educators need to have mental schemes about student’s mathematics for designing the appropriate learning environment in the classrooms. In the constructivist teaching experiment, one of the researchers participates to the teaching process as a teacher/researcher and conducts teaching episodes planned according to the hypotheses about the student’s learning trajectories (Steffe & Ulrich, 2014). During the constructivist teaching process, the researchers analyse the student’s development and difficulties in mathematics learning after each teaching episode and build the models describing their observed learning trajectories (Cobb & Steffe, 2011).

Classroom teaching experiment. While radical constructivist researchers tend to investigate students’ individual learning processes, social constructivist researchers state that learning process emerges in its own social context and it is critical to analyse social factors of this process. On the other hand, according to Cobb, Yackel and Wood’s (1989) new perspective that is based on both constructivist and symbolic interactionist approaches allows researchers to consider individual and social factors of the learning processes together. In this emergent perspective, it is critical to understand social norms, socio-mathematical norms and social activities in a classroom microculture (Cobb, 2000). Social norms of a classroom are shaped by the beliefs of the students about the teacher’s and their roles in the classroom and also about the meaning of the teaching process. Secondly, socio-mathematical norms consist of the students’ beliefs about the valid mathematical explanations, expected problem solving methods and their focus in the mathematics learning process. Identification of the social and socio-mathematical norms of a classroom allows researchers to understand the students’ mathematical applications with different perspectives. Therefore the researchers have opportunities to provide appropriate learning environments that support the classroom applications and allow the students to gain intellectual autonomy in which they can evaluate the validity of a mathematical idea independently (Cobb & Yackel, 1996).

The elements of the teaching experiments. The main elements of the teaching experiments can be stated as exploratory teaching, teaching episodes, retrospective conceptual analysis and living experiential models (Steffe & Thompson, 2000; Steffe & Ulrich, 2014). Exploratory teaching is a preliminary stage that any researcher who is not experienced in teaching experiments needs to conduct with intent to gain experience about the learning ways of the students. Therefore an inexperienced researcher has the opportunity to make a hypothesis about the students’ learning trajectories after the exploratory teaching. Secondly teaching episodes are parts of the teaching experiments in which teaching processes are conducted and recorded. Main elements of a teaching episode are a teacher/researcher, one or more students and appropriate data recording tools. Thirdly in the retrospective content analysis, researchers have the opportunity to examine each previous teaching episode and to make inferences about students’ learning process during the teaching experiment. By this way, researchers test the previous hypotheses about the learning processes and revise them periodically. Fourthly living experiential models are main products of the constructivist teaching

experiment in which students' learning ways and reasoning types are formulated through generating and testing hypotheses. The researchers shape the boundaries of the experiential models by identifying essential mistakes of the students.

Conclusion and suggestions. For the reason that it is critical to understand students' mathematics learning processes in depth in today's mathematics education, the use of the teaching experiment that is considered as a useful method becomes widespread. In this study, I explained the theoretical foundations and features of various teaching experiment types with the historical changes of this methodology. I suggest the researchers who plan to conduct the teaching experiment methodology in their studies to first state the theoretical perspective their teaching experiments are based on. By this way the researchers have the opportunity to decide on the aspects of the learning environment they need to focus on. Secondly, in my opinion, it is needed to be considered that teachers are important parts of their classroom micro-cultures. Therefore I suggest the researchers to prefer to collaborate with teachers and to act as an observer in the learning environment within the classroom teaching experiment when the conditions are suitable.