



DESIGN-BASED RESEARCH AND TEACHING EXPERIMENT METHODS IN MATHEMATICS EDUCATION: DIFFERENCES AND SIMILARITIES¹

(MATEMATİK EĞİTİMİ ÇALIŞMALARINDA TASARIM TABANLI ARAŞTIRMA
VE ÖĞRETİM DENEYİ YÖNTEMLERİ: FARKLAR VE BENZERLİKLER)

Gürsu AŞIK²
Zuhal YILMAZ³

ABSTRACT

Design-based research and teaching experiments are relatively new and popular intervention methods compared to other research methods. They have recognized as potential intervention methods that can generate theory, educational designs/products and technological developments. The aim of this study is to explain design-based research and teaching experiment paradigms within their theoretical framework. Moreover, the study aims to examine the similarities and differences of the two methodologies with each other and also with other research methods and to explain how research designs should be in order to fulfil the characteristics of these two research methods. Along with these aims, this study targets to frame a pathway for the researchers that will utilize these methods.

Keywords: Design-based research, teaching experiment, mathematics education, social constructivism, realistic mathematics education

ÖZET

Tasarım tabanlı araştırma (TtA) ve öğretim deneyi yöntemleri diğer araştırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında oldukça yeni ve güncel yaklaşımlardır. Bu yeni araştırma yöntemlerinin kuram, eğitsel içerik, materyal ve yazılım geliştirme çalışmalarında etkin rol oynayabilecek bir araştırma yöntemi potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir. Bu çalışmanın amacı tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yaklaşımlarını kuramsal çerçeveleri ile açıklamak, birbiri ve diğer temel araştırma yöntemlerinden ortak ve farklı yönlerini irdelemek ve bu araştırma yöntemlerine uygun araştırma taslaklarının nasıl olması gerektiğini açıklamaktır. Çalışmanın TtA ve öğretim deneyi yöntemlerini kullanacak araştırmacılar için bir yol haritası olması hedeflenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Tasarım tabanlı araştırma, öğretim deneyi, matematik eğitimi, sosyal yapılandırmacı yaklaşım, gerçekçi matematik eğitimi

¹ Makale yazımına iki yazarın katkısı eşit derecededir. Yazar isimleri alfabetik sırayla yazılmıştır. Bu çalışmanın ilk versiyonu 12. Ulusal Fen ve Matematik Eğitimi Kongresinde çalıştay olarak sunulmuştur.

² Dr., Bahçeşehir Üniversitesi, BAUSTEM Merkezi, gursu.asik@rc.bau.edu.tr

³ Yrd. Doç. Dr., Yeditepe Üniversitesi, İlköğretim Matematik Eğitimi, zuhal.yilmaz@yeditepe.edu.tr

SUMMARY

Introduction

Design-based research (DBR) and teaching experiment methods in educational studies are quite new and up-to-date approaches compared to other known research methods (Anderson & Shattuck 2012). In the literature, it is not even mentioned in some books of major research methods published until recently (Balci 2015; Cohen, Manion & Morrison 2005; Creswell 2012, Fraenkel, Wallen & Hyun 2015). These two methods, which have focused on design and development, appear to be taking place for several years in some books published on social and educational science research methods (Buyukozturk, Kilic-Cakmak, Akgun, Karadeniz & Demirel 2016, Czarnocha 2016, Reimann 2011, Steffe & Ulrich 2014).

Design-based research and teaching experiments are carried out to create the most appropriate learning environment to support the elimination of the problems and difficulties encountered in a particular field of study. The two approaches emphasize the need to understand that product or innovation first to get a product and bring innovation (Gravemeijer & Cobb 2006). They try to bring out design and application principles in the process that will overcome the problem. It is important for researchers to show how learning environment or intervention programs will benefit students. Although the two methods are predominantly similar, they differ from one another in the context of researcher's role, implementation and output. In this respect, it is important to begin with the theoretical framework on which DBR and teaching experiment methodologies are based to explain the details of the methods and to show how it differs from other research methods.

Theoretical Framework

Both DBR and teaching experiment rooted in social constructivism. The constructivist approach is based on the idea that the individual constructs and internalizes his own knowledge through his experiences (Cole 1992). Social constructivism emphasizes the role of social interaction in this knowledge construction process (Palinscar 1998). For Piaget (1965, 1970) and Vygotsky (1978), the interaction between the learner and learning environment plays a critical role in knowledge construction and cognitive development. However, the two theoreticians perceived role of social interaction in the knowledge construction differently. Piaget (1965) emphasized that peer-to-peer interaction in the learning environment is important for children's cognitive development, learning, and evaluation of multiple perspectives. Different from Piagetian perspective, Vygotsky (1978) focused on the social interaction that occurs between children and adult (more capable) individuals.

Piagetian perspective of social interaction in the learning process coined the term of cognitive conflict which arouses from peer's multiple and different opinions on the given problems or activities (Brown, Metz & Champione 1996). This conflict creates disequilibrium in child's cognitive schema and child tries to reach equilibrium through interacting with his peers (Palinscar 1998). In the process of

reaching equilibrium, children question their understanding, knowledge and beliefs (Palinscar 1998). As a result of the inquiry, the child reconstructs his existing knowledge. The cognitive progression between the child's two levels of comprehension -at the beginning and after the peer interaction- overlaps with Vygotsky's concept of the Zone of Proximal Development (ZPD). In many researches (e.g. Applebee & Langer 1983; Puntambekar & Hübscher 2005; Resnick, Salmon, Zeitz, Wathen & Holowchak 1993), all interventions aimed to close the gap between these two levels were called as scaffolding. In teaching experiments and DBR, the two perspective of social constructivism is benefited while designing and implementing the instructions.

Another approach that constitutes the theoretical framework of DBR is the Realistic Mathematics Education (RME) approach. The basis of the RME has emerged as a reaction to 1970s important trend "mechanical mathematics education" approach, which is a system based on mathematical rules and algorithms emphasizing the importance of exercises and applications in learning mathematics (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers 2014). The RME approach is inspired by the need for change in education, and it emphasizes that mathematics education must be related to the real environment of the student (Freudenthal 1991).

Freudenthal (1991) defined mathematics learning as a sense-making process. Realistic mathematics education emphasizes that a student must learn mathematics by creating mathematical concepts and tools from daily life situations that are meaningful to him (Gravemeijer, Hauvel & Streefland 1990; van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers 2014). In the learning process, many teaching designs have been developed with RME approach based on the student's actual participation, and the design research method has been the forefront in shaping these designs (van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers 2014). RME emphasizes the necessity of understanding the product or innovation in order to obtain that product and bring innovation, which is also accepted as a philosophy of design-based research (Gravemeijer & Cobb 2006).

Teaching Experiment

Although the teaching experiment was not widely used and accepted as a research method in the United States until 1970-1975, this method was already used in the Academy of Pedagogical Sciences of the Soviet Socialist Republics (Lesh & Kelly 2000; Steffe & Thompson 2000; Ulrich 2014). With the influence of post-modern mathematics education, the questions that cannot be addressed in experimental studies like how students' learning progress over time in a socially constructed learning environment and how students' creates meanings leads the acceptance of the teaching experiment as a research method (Steffe & Thompson 2000).

Researchers (Confrey 2006; Steffe 1991; Steffe & Thompson 2000) indicated that the teaching experiment methodology was evolved from Piagetian clinical interview. Since, the interview method only allowed researchers to understand students' mathematical thinking and knowledge structure without

altering them was insufficient to understand the effects of intervention of students' mathematical knowledge level and thinking. Thus, teaching experiment methodology aims to understand the influence of a teaching method on students' existing mathematical thinking, reasoning and knowledge level (Cobb 2000; Czarnocha & Prabhu 2004; Steffe & Thompson 2000; Lesh & Kelly 2000). Another aim of teaching experiment is to guide teaching decisions, to enhance instruction and to produce models of students' mathematical learning (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003).

Teaching experiments composed of a sequence of teaching episodes. Students, a teaching agent and recording tool are three essential elements of these teaching episodes (Steffe & Thompson 2000). Researcher can act as a teacher in the teaching experiment (Steffe & Thompson 2000). According to Steffe and Ulrich (2014), the recorded data can be used to design subsequent teaching episodes as well as in conceptual analysis (von Glasersfeld 1995) to be carried out before (prospective) and after (retrospective) the teaching experiment. These conceptual analyzes are used to construct the live model of students' mathematical learning (Steffe & Thompson 2000).

Design-Based Research

The design-based research (DBR) method came into prominence with the studies of Brown and Collins in 1992. While the two researchers first proposed the method as design experiments and some others called the method with different names, "design-based research" is being accepted as the general term for the method.

The basic philosophy of DBR method is based on the approaches used in engineering and product design. In this context, DBR requires that learning-specific formations are shaped in time as done in the engineering field, and that these formations should be systematically supported and strengthened in their naturalistic settings (Barab & Squire 2004; Cobb et al. 2003; Design-Based Research Collective [DBRC] 2003; Lesh ve Sriraman 2005). The development and design efforts take place through iterative cycles of design, enactment, analysis and redesign (DBRC 2006; Gravemeijer & Cobb 2006; McKenney & Reeves 2013; van den Akker et al. 2006). Together with the revisions and changes to be made, researchers aim to obtain more successful and efficient products at the end of each attempt (Cobb et al. 2003).

Design-based research approach focuses on complex educational problems that need to be addressed in the context of theories (Barab 2006; Barab & Squire 2004; Plomp & Nieveen 2013). As being an important methodology for understanding how, when, and why educational innovations work in practice (DBRC, 2003), it allows researchers to intervene in the program when necessary. Van den Akker et al. (2006) summarized the characteristics of design-based research as being interventionist, iterative, process-oriented, utility-oriented, and theory oriented. Designing a learning activity, an intervention program, an assessment method, or a technology-based learning environment can be considered

as an example of DBR studies (Anderson & Shattuck 2012; Brown 1992; Collins 1992; Kuzu, Cankaya & Misirli 2011).

Robson stated that researches can be classified in three forms of study according to their aim: descriptive, explanatory and exploratory. When DBR is categorized according to Robson's (2011) classification, it can be considered as both explanatory and exploratory study in which the exploratory direction is more emphasized (Asik 2015). On the one hand, DBR pursues the goals of developing effective learning environments; on the other hand, the researchers need to understand the conditions and problems in order to obtain the best solution.

Challenges Confronted in Design-Based Research and Teaching Experiment

Both research methods have some basic difficulties on the basis of content, research process and theoretical approach. One of the main difficulties arises from the fact that the research process has a flexible structure (Kelly 2004; Steffe & Thompson 2000). While the flexible structure of the research provides a great convenience to the researchers; the changes into the teaching environment, process and intervention content might be a limiting factor for the reliability of the analyses (Steffe & Ulrich 2014). The researchers (Cobb & Steffe 2011; Steffe & Ulrich 2014) pointed out that this difficulty could be solved by having another observer in the research process.

The second major challenge of the two researches is the difficulty of generalization and replicability of the research outputs (Steffe & Thompson 2000; Cobb, Jackson & Dunlap 2016). In both research methods, the generalization of the results obtained from a sample is interpreted as not a generalization to the population but as a test of how much the findings obtained works (Cobb, Jackson & Dunlap 2016; DBRC 2003; Steffe & Thompson 2000).

Apart from these two basic challenges that are common in both research methods, design-based research method has also their own difficulties. Establishment of cooperation partnerships between researchers (Cobb 2003, van der Akker 2006) and time constraints can be also considered as two difficulties in the design-based research process (Dede et al. 2004).

How experimental research and action research approaches differ from the two approaches

Differences from Experimental Research

Design-based research and teaching experiment methods differ from classical experimental researches in terms of how research process is carried out and the variables interact with external factors in their natural environment. In DBR and teaching experiments the situations did not examined by an isolated approach instead by they are examined taking their interactions with the factors under consideration in its natural environment (Cobb et al. 2003; Steffe & Thompson 2000; Steffe & Ulrich 2014). This approach enables the intervention and design of both methods to occur in the nearest natural environment (Cobb et al. 2003; Steffe

& Thompson 2000). The method followed in experimental studies is exactly the opposite. The research process is carried out in the most isolated environment where external variables are controlled (Fraenkel, Wallen & Hyun 2015).

Another characteristic of experimental research is that the variables to be studied are determined before they are studied, and that these variables cannot be changed or new variables cannot be included to the research in the process (Creswell, Fraenkel, Wallen & Hyun 2015; Steffe & Thompson 2000). Although the variables to be investigated are predetermined in the DBR and the teaching experiment, the variables can be included in the study, which is evident in the in-process analyzes and considered necessary to be examined (Steffe & Thompson 2000; Collins et al. 2004). In experimental research, hypotheses are generated before the study and they either accepted or rejected based on the research findings. However, the purpose of DBR and teaching experiment methods is not only to reject or accept a hypothesis, but also generate new hypotheses to be tested (Steffe & Thompson 2000). Thus, in both DBR and teaching experiment methods unlikely the experimental research, the implementation of the intervention can be changed based on the reflective analysis.

Differences from Action Research Studies

Action researches are similar in many ways to DBR and teaching experiments. Thus, researchers encounter difficulties in differentiating these research methods. When the common aspects are considered, all three research methods adopt a pragmatist approach and aim to find solutions to a problematic situation. Conceptual analyses are made in all three researches. Although teachers contributed to the research process in all these approaches, action research differs from DBR and teaching experiments when the teacher role is considered (DBRC 2006; Reeves et al. 2005; Wang & Hannafin 2005). In action research, teachers are responsible to conduct the research. Second main difference between these methods is related with the aim of the research. While the main goal of action research is to solve a local problem, DBR and teaching experiments have further theoretical goals than merely solving a problem (DBRC 2006; Wang & Hannafin 2005).

Discussion and Conclusion

Within the scope of this study, DBR and teaching experiment methods are examined in the theoretical context, and the differences and similarities of the two research methods are discussed. The similarities and differences of these research methods can be summarized under following characteristics: role of the researcher, role of the teacher, cyclic iterations, reflection, research group and process outcome.

In this study, introducing similar and different characteristics of DBR and teaching experiment research is considered as valuable in terms of presenting a road map to researchers using these research methods. Knowing in advance of possible difficulties that may arise in the studies in which these research methods are utilized will contribute to researchers' effort on study design.

GİRİŞ

Eğitim çalışmalarında tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemleri, diğer bilinen araştırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında oldukça yeni ve güncel yaklaşımlardır (Anderson ve Shattuck 2012). Uluslararası alanda yakın zamana kadar yayınlanan önemli araştırma yöntemleri kitaplarında adı bile geçmemektedir (örneğin: Balcı 2015; Cohen, Manion ve Morrison 2005; Creswell 2012, Fraenkel, Wallen ve Hyun 2015). Son yıllarda tasarım ve geliştirmeye odaklanan bu iki yöntemin, sosyal bilimler ve eğitim bilimleri araştırma yöntemlerine yönelik yayınlanan bazı kitaplarda yer almaya başladığı görülmektedir (örneğin: Barab 2006; Büyüköztürk, Kılıç-Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel 2016; Czarnocha 2016; Reimann 2011; Steffe ve Ulrich 2014).

Tasarım tabanlı araştırmalar ve öğretim deneyleri belirli bir çalışma alanında görülen problem ve zorlukların ortadan kaldırılmasına destek olacak en uygun müdahale programını oluşturmak adına gerçekleştirilirler. İki yaklaşım bir ürün elde etmek ve yenilik getirmek için öncelikle o ürünü veya yeniliği anlamının gerekliliğine vurgu yapar (Gravemeijer ve Cobb 2006). Problemi ortadan kaldıracak tasarım ve uygulama prensiplerini süreçte ortaya çıkarmaya çalışırlar. Araştırmacıların geliştirilen destek ve öğretim programlarının öğrencilere ne ölçüde faydalı olacağını ortaya koymaları önem taşır. İki yöntem ağırlıklı olarak birbirlerine benziyor olsalar da araştırmacının rolü, uygulama ve çıktılar bağlamında birbirlerinden farklılıklar göstermektedirler. Bu doğrultuda tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemlerinin dayandığı kuramsal çerçeveden başlayıp yöntemlerin kapsamının detaylı olarak açıklanması ve diğer araştırma yöntemlerinden farklarının ortaya koyulması önem arz etmektedir.

Kuramsal Çerçeve

Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemlerinin kuram çerçevesini oluşturan yaklaşımlardan ilki sosyal yapılandırmacı yaklaşımdır. Yapılandırmacı yaklaşım bireyin kendi bilgisini tecrübeleri yoluyla inşa ettiği ve içselleştirdiği fikri ile hareket eder (Cole 1992). Bilginin oluşturulması sürecinde öğrenen birey aktiftir ve bilgiyi anlamlandırırken var olan yaşanmışlıklarını ve bilgi birikimini kullanır. Bilgiler birbirleri ile ilişkilendirilerek içselleştirilir. Başka bir deyişle, bilgi birbirinden bağımsız olarak parça parça öğrenilmez. Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemlerinin temellendirildiği sosyal-yapılandırmacı yaklaşım ise, öğrenme sürecinde sosyal etkileşimin rolünü tartışır (Cobb ve Bowers 1999).

Palinscar'a (1998) göre Piaget ve Vygostky sosyal-yapılandırmacı yaklaşımın iki öncüsü konumundadır. İki eğitim teorisyeni öğrenme sürecinde sosyal etkileşimin rolü üzerinde durmuşlardır. Bu süreçte bilgi, beceri ve öğrenmenin nasıl yapılandırıldığını tartışmışlardır (Cobb ve Browsers 1999). İki teorisyen için de (Piaget 1965, 1970; Vygotsky 1978) bilgi inşasında ve bilişsel gelişimde öğrenen ile öğrenme ortamı arasındaki etkileşim kritik bir rol

oynamaktadır. Piaget (1965) ve Vygotsky'nin (1978) birbirinden farklı olarak yaklaştığı husus etkileşimin kimler arasında gerçekleştiği üzerinde yoğunlaşmıştır.

Piaget (1965), öğrenme ortamındaki akranlar arası etkileşimin çocukların bilişsel gelişimi, öğrenmesi ve birden fazla bakış açısını değerlendirilmesi için önemli olduğunu vurgulamaktadır. Brown, Metz ve Champione'a (1996) göre verilen etkinlik yada problem üzerinde akranlar arasında farklı görüşlerin ortaya çıkması bir bilişsel çatışma (*cognitive conflict*) oluşturur. Tekrar bilişsel dengeye ulaşmak için çocuğun akranları ile etkileşime girerek ortak bir çözüm üretmesi bilişsel gelişimin birincil koşuludur (Palinscar 1998). Dengeye ulaşma sürecinde çocuk var olan anlamasını, bilgi birikimini ve inanışlarını sorgular (Palinscar 1998). Sorgulama neticesinde, çocuk var olan bilgisini yeniden yapılandırır. Piaget'in ileri sürdüğü bilişsel çatışma sürecinde çocuğun iki anlama seviyesi -başlangıçtaki ve akran etkileşimi sonrasındaki- arasındaki bilişsel ilerleyişi, Vygostky'nin ileri sürdüğü Yakınsak Gelişim Alanı (*Zone of Proximal Development - ZPD*) kavramı ile örtüşmektedir.

Piaget'den farklı olarak Vygostky (1978) sosyal etkileşimin, çocuk ve yetişkin (daha yetkin) bireyler arasında gerçekleştiği durumlara odaklanmıştır. Sosyal etkileşimin var olması tek başına öğrenmenin gerçekleşmesi için yeterli değildir. Öğrenenin sahip olduğu yaşantı, bilgi birikimi, beceri ve kabiliyetleri de öğrenmede etkin rol oynamaktadır. Bu noktadan hareketle Vygostky (1978) Yakınsak Gelişim Alanı kavramını şu şekilde tanımlamıştır:

Bağımsız problem çözme olarak belirlenen gerçek gelişim düzeyi ile yetişkin rehberliğinde ya da daha yetenekli akranlarla işbirliği yaparak problem çözme olarak belirlenen gizil gelişim düzeyi arasındaki fark olarak tanımlar (Vygostky 1978, s. 86, aktaran Olkun ve Ucar 2014, s.9).

Steffe'ye (1991) göre matematiksel bir kavram olarak Yakınsak Gelişim Alanı, yapılandırmacı bir öğrenme ortamında etkileşim neticesinde ortaya çıkar. Daha yetkin veya yetişkin birey ile olan etkileşimdeki matematiksel fikir alışverişi neticesinde, öğrenen birey mevcut matematiksel bilgisini yeniden yapılandırır. Bu yapılandırma süreci iki düzey arasındaki farkın kapanmasını sağlar (Pritchard ve Woollard 2010).

Araştırmalarda (örn. Applebee ve Langer 1983; Puntambekar ve Hübscher 2005; Resnick, Salmon, Zeitz, Wathen ve Holowchak 1993) bu iki düzey arasında farkın kapanması için gerçekleşen müdahalelere destekleyici (*scaffolding*) denilmiştir. Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi gibi müdahale araştırmalarında “destekleyici” önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Bakker ve Smit 2017). Destekleyicilik, öğrenciye öğrenme ortamında öğretmen tarafından sağlanan rehberlik ve desteği açıklayan bir kavramdır. Zhao ve Orey'e (1999) göre öğrenciye ilk önce sahip olduğu beceri ve bilgi birikiminin üstünde uygun karmaşıklık seviyesinde bir matematiksel görev verilir ve öğrencinin tek başına ne yapabildiği belirlenir. Destekleyicilik sürecinde ise öğretmenin rehberliği ile öğrencinin görevdeki matematiksel içeriği ve kavramları anlamakta ne

kadar ilerlediği (Puntambekar ve Hübscher 2005), diğer bir deyişle gerçek gelişim düzeyi ve gizil gelişim düzeyi arasındaki farkın nasıl ve ne kadar kapatıldığı gözlemlenir.

İki düzey arasındaki bilişsel ilerlemede kullanılan görevin ve sağlanan desteğin niteliği de araştırmalarda (Applebee ve Langer 1983; Bakker ve Smit 2017, Byrnes 2001; Puntambekar ve Hübscher 2005; Resnick vd. 1993; Yılmaz 2015) ele alınan bir diğer önemli husustur. Araştırmalara göre müdahale araştırmalarında;

- Öğrencilere verilecek görevler ve etkinlikler uygun düzeyde bir zorluk seviyesine ve öğrencilerin öğrenmeleri için ihtiyaçlarına cevap verecek niteliklere sahip olmalıdır.
- Öğrencilere ön bilgilerinin olmadığı ve bu sebep ile etkinlik üzerinde bireysel çalışamayacakları görevler verilmemelidir.
- Öğrencilere bireysel çalışabilmeleri için yeterli süre verilmelidir.
- Öğrencilere öncül bilgi ve becerilerine uygun şekilde destek sağlanmalıdır.
- Öğrenciler verilen görevlerde uzmanlaştıkça, öğretmen tarafından sağlanan destek miktarı azaltılmalı ve öğrencilerin bağımsız şekilde çalışmaları teşvik edilmelidir.
- Bireysel çalışma tamamlandıktan sonra, öğrencileri birbirleri ile iletişim kurmaları noktasında öğretmen teşvik etmeli ve onlara uygun rehberlik sağlamalıdır.

Tasarım tabanlı araştırmaların teorik çerçevesini oluşturan bir diğer yaklaşım ise Gerçekçi Matematik Eğitimi (*Realistic Mathematics Education - RME*) yaklaşımıdır. Gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımının temelleri 1970'li yılların önemli bir akımı olan ve “mekanik matematik eğitimi” olarak da isimlendirilen eğitim anlayışına bir reaksiyon olarak çıkmıştır (Van den Heuvel-Panhuizen ve Drijvers 2014). Mekanik matematik eğitimi araştırma ve uygulamaların ön plana çıktığı, matematiğin kural ve algoritmalara dayanan bir sistem olarak algılandığı ve bir problem için geçerli kuralların benzer problemler üzerinde uygulandığı öğretim anlayışıdır (Wubbels, Korthagen ve Broekman 1997). Bu noktada gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımı eğitimde değişim ihtiyacından esinlenmiş ve matematik eğitiminin öğrencinin gerçek çevresi ile ilişkili olması gerektiğini ön plana çıkarmıştır.

Gerçekçi matematik eğitimi Hollanda ekolünden canlanmış ve Freudenthal'in (1991) matematik eğitimi hakkındaki görüşlerine dayanmaktadır. Freudenthal'e göre matematik tek başına bir konu değil beşeri bir faaliyettir. Bunu sağlamak için de matematik eğitimi gerçek hayat ve toplum ile ilişkili ve de öğrenciye yakın olmalıdır (Freudenthal 1991). Gerçekçi matematik eğitimi, öğrencinin kendisine anlamlı gelecek günlük yaşam problem durumlarından yola çıkıp matematiksel kavram ve araçlar oluşturarak matematiği öğrenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Gravemeijer, Hauvel ve Streefland 1990; van den Heuvel-Panhuizen ve Drijvers 2014).

Freudenthal matematik öğrenmeyi bir anlamlandırma süreci olarak tanımlamıştır. Bu süreçte gerçekçi matematik eğitiminin anahtar ilkeleri; analizini yapmak suretiyle kavramların nasıl oluştuğunu açıklama, yönlendirilmiş yeniden keşfetme ve öğrencilerin kendi kendine model geliştirmeleri olarak belirtilmektedir (Altun 2006; Gravemeijer vd. 1990; van den Heuvel-Panhuizen 2001). Matematiksel bilgiye ulaşmayı amaçlayan öğrenci öncelikle problemi anlamalı ve problemi çözmeye yönelik adımlar atmalıdır. Çözümüne ulaşamadığında ise yapılan yönlendirmeler ile süreci yeniden keşfetmeli ve yeni çözümler oluşturmalıdır. Gerçekçi matematik eğitiminin karakteristiği olarak öne çıkan yönlendirilmiş keşif sürecini desteklemek için öğretmen öğrencilerin bilgi, beceri ve öngörülerini hakkında maksimum bilgiye sahip olmalıdır (van den Heuvel-Panhuizen 2005). Bu doğrultuda gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımı, TtA felsefesi olarak da kabul edilen bir ürün elde etmek ve yenilik getirmek için öncelikle o ürünü veya yeniliği anlamının gerekliliğine vurgu yapmaktadır (Gravemeijer ve Cobb 2006).

Öğrenme süreçlerinde öğrencinin fiili katılımını temel alan gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımı ile birçok öğretim tasarımı oluşturulmuştur ve bu tasarımların biçimlendirilme sürecinde ise tasarım araştırması yöntemi ön plana çıkmıştır (van den Heuvel-Panhuizen ve Drijvers 2014). Tasarım araştırmalarında düşünce deneyleri kuram temelinde döngüsel bir süreç ile şekillendirilir. Bu süreçte ise öğretim akışı tasarlanır ve bir öğretim deneyi içinde test edilir. Sonrasında ise geriye dönük analizler gerçekleştirilir ve gerektiğinde tasarıma yönelik yeni düzenlemeler yapılır (Gravemeijer 1994). Döngüsel olarak gerçekleştirilen bu süreç, gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımının öğretim tasarımı çerçevesi ile entegre edilip başarılı sonuçlar elde edilmesinde tasarım tabanlı araştırmaların gereksinimine işaret etmektedir.

ÖĞRETİM DENEYİ

Öğretim deneyinin bir araştırma yöntemi olarak kullanılması ve kabul görmesi Amerika'da 1970-1975'lere dayanmasına rağmen, bu yöntem Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) Pedagojik Bilimler Akademisinde hali hazırda kullanılmakta idi (Lesh ve Kelly 2000; Steffe ve Thompson 2000; Steffe ve Ulrich 2014). Rus ekolünde yapılan bu araştırmalar daha sonrasında Amerika'daki bir kısım araştırmacılar (Wirszup ve Kilpatrick 1975-1978) tarafından incelenmiş ve raporlaştırılmıştır. Bu araştırmaların incelenmesi, Amerika'daki mevcut matematik öğretimi araştırmalarının nasıl yürütüldüğünü önemli ölçüde etkilemiştir (Steffe ve Ulrich 2014).

Post-modern bir matematik eğitimi anlayışının etkisi ile daha sonralarda, deneysel araştırmaların cevaplamakta yetersiz kaldığı; öğrencilerin anlamlandırmayı nasıl yaptıkları (Confrey 2006; Steffe ve Ulrich 2014), öğrencilerin sosyal-yapılandırmacı bir öğretim ortamında süreç içerisinde öğrenmelerinin ve bilişsel ilerlemelerinin nasıl gerçekleştiği (Sinclair 1987) gibi soruları cevaplandırma ihtiyacı neticesinde öğretim deneyi yöntemi kabul edilen bir yaklaşım haline gelmiştir (Steffe ve Thompson 2000).

Öğretim deneyi yönteminin Piaget'in klinik görüşme yönteminden evrildiği ileri sürülmektedir (Confrey 2006; Steffe 1991; Steffe ve Thompson 2000). Klinik görüşmenin amacı öğrencinin mevcut matematiksel bilgi yapısını ve düşünmesini var olanı değiştirmeden anlamaktır (Clements 2000; Engelhardt, Corpuz, Ozimek ve Rebello 2004). Klinik görüşme araştırmalarının sadece öğrencinin var olan düşünce ve bilgi düzeyinin değiştirilmeden anlaşılmasına imkan sağlayıp, öğretim sürecindeki müdahalenin öğrencinin bilgiyi anlamlandırma ve öğrenme sürecinin anlaşılmasında yetersiz kalması öğretim deneyi yönteminin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir. Bu durum ile paralel olarak bir öğretim deneyinin amacı su şekilde ifade edilebilir: Bir öğretim şeklinin öğrencinin mevcut bilgi yapısını ve akıl yürütmesini nasıl etkilediğini anlamaktır (Cobb 2000; Czarnocha ve Prabhu 2004; Steffe ve Thompson 2000; Lesh ve Kelly 2000). Engelhardt ve arkadaşlarına (2004) göre ise öğretim deneyi yeni öğretim teknikleri ve yaklaşımlarının test edilmesine ortam sağlar. Ek olarak, öğretim deneyleri öğrencilerin matematiksel etkinliklerinin ve davranışlarının modelini ortaya çıkarmada kullanılabilecek etkili bir yöntemdir (Lesh ve Kelly, 2000; Steffe 1991; Steffe ve Thompson 2000). Doğal öğrenme ortamına yakın bir ortamın araştırma sürecinde oluşturulmasına imkan sağlaması, öğrencilerin öğrenme modellerinin ortaya konulmasına ve kullanılan öğretim yaklaşımının işleyen ve işlemeyen yönlerinin tespit edilmesine yardımcı olur (Engelhardt vd. 2004).

Literatürde öğrencilerin öğrenme modellerinin ortaya konulmasında iki önemli kavram karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan ilki öğrenci matematiği (*student's mathematics*) diğeri ise algılanan öğrenci matematiği (*mathematics of students*) olarak tanımlanmaktadır. (Steffe ve Thompson 2000; Steffe ve Ulrich 2014). Öğrenci matematiği öğrencinin çevresi ile olan etkileşiminden bağımsız olarak sahip olduğu matematiksel gerçekleri ifade ederken, algılanan öğrenci matematiği ise öğrencinin sahip olduğu matematiksel gerçekleri ve düşünceleri öğreticinin yorumlamasıdır (Steffe 1991; Steffe ve Thompson 2000). Öğrenci matematiğini gerçekleştirdiği matematiksel faaliyetlerde yakalayabiliriz, araştırmacının amacı ise bu matematiği saptayıp doğru şekilde yorumlayarak öğrencinin matematiğini modellemektir. Algılanan öğrenci matematiği kavramı bu modelleri ifade eder (Steffe ve Thompson 2000).

Sonuç olarak, öğretim deneyi yöntemi ile gerçekleştirilmek istenilen amaçları şu şekilde özetleyebiliriz: 1) Öğrencilerin ilk elden matematik öğrenmelerini ve akıl yürütmelerini anlamak (Steffe ve Thompson 2000; Steffe ve Ulrich 2014), 2) Öğretim kararlarını buna göre şekillendirmek ve 3) Daha etkin bir öğrenmenin gerçekleşmesini sağlamaktır (Cobb vd. 2003; Lesh ve Kelly 2000).

Araştırmalar bir çalışmanın öğretim deneyi yöntemi ile yapılabilmesi için belirli özellikleri taşıması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu özellikler öğrenci, öğretim yaklaşımı ve bu yaklaşım içerisinde kullanılan etkinlikler ve daha etkin bir öğrenmenin gerçekleşmesi gibi amaç kapsamında ifade edilen temel unsurları içermektedir. Öğretim deneyinin yapısı standart yöntemlerden farklı olarak araştırmacıya uygulayacağı etkinliklerini süreç içerisinde değiştirmesine ve yenilemesine imkan sağlar. Bu da yöntemin doğasının sürekli gelişim ve değişime

açık olduğunu göstermektedir (Confrey 2006; Czarnocha ve Prabhu 2004; Steffe 1991; Steffe ve Thompson 2000).

Bir öğretim deneyi araştırması ardıl öğretim periyotlarından oluşmaktadır. Öğretim periyotları başlamadan önce araştırmacı sahip olunan teorik duruşun çerçevesinde öğrenme kazanımları belirlemelidir (Steffe ve Thompson 2000). Bu kazanımlar öğrencilerin hazırbulunuşluk seviyesi, kazanmaları hedeflenen ileri davranışlar öngörülerek tespit edilmelidir. Belirlenen kazanımların gerçekleştirilmesi için öğretim deneyi öncesinde öğretim etkinlikleri tasarlanmalı ve pilot uygulama ile denenmelidir. Her bir pilot uygulama sırasında etkinlikler üzerine süreç içinde yansıma yapılır ve gerekli iyileştirmeler gerçekleştirilir. Ardıl öğretim periyotlarının ise bazı temel özellikleri barındırması gerekir.

Steffe ve Thompson'a (2000) göre ilk öge bir yada birden fazla öğretime katılan öğrencinin bulunmasıdır. Öğretim deneyinde öğrenciler bireysel olarak çalışabildiği gibi, küçük gruplar şeklinde de çalışabilirler (Cobb vd. 2003; Jones vd. 2001). Öğrencilerin düşünme ve akıl yürütmelerinin değiştirilmesi, öğretim deneylerinin en kabul edilebilir çıktularından birisi olarak kabul edilir (Lesh ve Kelly 2000).

İkinci öge ise, öğretimi gerçekleştirecek kişidir. Steffe'ye (1991) göre öğretim deneyinin ayırt edici özelliklerinden biri araştırmacının öğretmen rolünde olmasıdır. Bu bakış açısına ek olarak, Engelhardt ve arkadaşları (2004) araştırmacının gözlemci olabileceğini de belirtmişlerdir. Araştırmacının gözlemci olduğu bir araştırma Jones ve diğerleri (2001) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında araştırmacı yer yer öğrencilerle etkileşime girerek mentor öğretmen adaylarının yürüttüğü öğretim deneyine dahil olup geri bildirimlerini paylaşmıştır. Öğretmen olarak araştırmacı, öğrenciler ile onların davranış ve öğrenmelerini daha iyi anlayabilmek için uzun süre etkileşim içerisinde olur (Cobb vd. 2003; Cobb ve Steffe 2011; Uzun ve Bülbül 2013). Öğretim deneyi araştırmalarında araştırmacı öğretmenin iki kritik rolü bulunmaktadır: 1) Öğrencilerin aktif olarak derse katılabilecekleri matematiksel durumları oluşturmak ve matematiksel etkileşimi ortaya çıkaracak sorular sormak. 2) Her öğretim periyodunda öğrencilerin öğrenme etkinlikleri üzerinde nasıl çalıştıklarının, etkinlik sürecinde gerçekleşen sınıf içi etkileşimin ve etkinliklerin işlerliğinin devamlı analizi (Cobb 2000; Steffe 1991). Bu analizlerin neticesinde ortaya konan yansımalar ve bulgular, ardıl öğretim periyodunu iyileştirmek için kullanılmalıdır.

Sonuncu öge ise her bir öğretim periyodunda gerçekleşen öğretim faaliyetini kayıt etmek için bir aracın bulunmasıdır. Steffe ve Ulrich'e (2014) göre bu kayıtlar ardıl öğretim periyotlarının tasarlanmasında kullanılabilir gibi, öğretim deneyi sırasında ve sonrasında gerçekleştirilecek kavramsal analizlerin [*conceptual analysis*] (von Glasersfeld 1995) yapılmasında da kullanılabilir. Öğretim deneyinden elde edilen verilerin kavramsal analizi 4 ise iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlar geriye dönük (*retrospective*) ve ileriye dönük (*prospective*) analizlerdir. İleriye dönük analiz, araştırmacının/araştırmacıların süreç

4 Tasarım Tabanlı Araştırmalarda da kavramsal analiz bu şekilde gerçekleştirilmektedir.

içerisinde uygulamaları devamlı şekilde analiz etmesi ve bunun neticesinde öğretim ve öğrenmenin daha iyi hale getirilmesi için alternatif öğrenme yollarını ortaya koymasındadır (Cobb vd. 2003). Geriye donuk analiz ise, çalışma sonunda toplanan bütün verilerin analiz edilerek ortaya konulan modelin güvenilir ve tutarlı olduğunun gösterilmesidir (Cobb 2000; Cobb vd. 2003; Steffe ve Thompson 2000). Geriye donuk analizlerin bir diğer amacı ise, müdahalenin etkisini veri ile desteklenmiş bir çerçeve ile ortaya koymaktır. Sonuç olarak, öğretim deneyinde süreç içerisinde ve sonunda yapılan analizler öğrenme etkinliklerinin hangi durumda ve özellikle öğrenmenin en iyi şekilde gerçekleştiğinin saptanmasında kullanışlı bulgular sağlamaktadır (Engelhardt vd. 2004). Bu kavramsal analizler neticesinde öğrenci matematiğinin modelleri ortaya konulur, ki bu modellere de algılanan öğrenci matematiği diyoruz (Steffe ve Thompson 2000).

TASARIM TABANLI ARAŞTIRMA

Tasarım tabanlı araştırma için literatürde farklı isimler kullanıldığı görülmektedir (örneğin, tasarım çalışması/deneyi [*design study/experiment*], tasarım tabanlı araştırma [*design-based research*], eğitsel tasarım araştırması [*educational design research*], gelişim araştırması [*development research*]). Freudenthal ve ekibi (Freudenthal, Janssen, ve Sweers 1976) tasarım odaklı çalışmalara yönelik ilk tanımlama ve önermelerden birisini gerçekleştirmiş ve TtA'ları gelişimsel araştırma (*developmental research*)” olarak tanımlamışlardır (Gravemeijer ve Cobb 2006). TtA'ların eğitim alanı odağında ön plana çıkması ise Brown (1992) ve Collins (1992) in çalışmalarına dayanmaktadır. Bu çalışmalarda araştırmacılar “tasarım deneyi (*design experiment*)” ismini kullanmışlardır. Cobb ve arkadaşları da (2003) bu yeni yöntemin tanımlanması ve kuram altyapısının oluşturulması amaçlı yayınladıkları makalede yine tasarım deneyi ismini kullanmışlardır. Avrupalı araştırmacılar ise bu yaklaşımı daha çok “eğitsel tasarım araştırması” (*educational design research*) olarak isimlendirmektedir (Kelly 2003; Van den Akker vd. 2006).

Tasarım tabanlı araştırmaların dayandığı temel felsefenin mühendislik süreçleri olduğunu söyleyebiliriz. Bu bağlamda TtA'lar, öğrenmeye özgü bazı oluşumların mühendislik alanlarında olduğu gibi zamanla şekillendirilmesi ve bu oluşumların üzerinde sistematik bir biçimde çalışılarak tanımlanan bağlam doğrultusunda desteklenip güçlendirilmesini gerektirir (Cobb vd. 2003; Design-Based Research Collective [DBRC] 2006; Lesh ve Sriraman 2005). Bir problemi çözmeye yönelik tasarlanan içerik ve programlar alanda uygulanır ve sonrasında ölçme ve değerlendirme işlemleri neticesinde gerekli görülen değişimler yapılır. Araştırma süreci tasarımı gerçekleştirme, uygulama, değerlendirme ve yeniden tasarlama/iyileştirme adımları tekrarlanarak döngüsel bir şekilde devam eder (Gravemeijer ve Cobb 2006; McKenney ve Reeves 2013; Van den Akker vd. 2006). Yapılacak düzenleme ve değişiklikler ile birlikte her süreç sonunda daha başarılı ve daha etkin ürün elde edilmeye çalışılır (Cobb vd. 2003). Bir başka ifadeyle, verimlilik ve uygulanabilirlik açısından optimize edilmiş eğitsel tasarım ve programlar ortaya çıkarmak TtA'ların hedeflerinden birisidir.

Robson (2011, s.39) araştırma sonunda amaçlanan bilginin türüne göre bir araştırmanın olgu ve olayları keşfedici, betimleyici ve açıklayıcı olmak üzere üç amaca yönelik olabileceğini belirtmiştir. TtA'lar Robson'ın (2011) gruplandırması bağlamında amacına göre kategorize edildiğinde keşfedici yönü daha ağırlıklı olmak üzere aynı anda hem de açıklayıcı bir araştırma olduğu düşünülebilir (Aşık 2015). Buna ek olarak, Runeson ve Höst (2008) geliştirici araştırma tipini mühendislik çalışmaları bağlamında dördüncü bir araştırma amacı olarak belirtmişlerdir. Bu noktada geliştirici araştırma yaklaşımı TtA'lara özgü bir araştırma amacı olarak da değerlendirilebilir.

Tasarım tabanlı araştırmalar bütüncül bir yaklaşım ile özgün kuramlar bağlamında ele alınması gereken karmaşık eğitim problemlerine odaklanmaktadır (Barab ve Squire 2004; Plomp ve Nieveen 2013). Bu bağlamda TtA'lar karmaşık ilişkileri açıklamayı amaçlayan, gerektiğinde uygulama sürecinde programa müdahale imkanı sağlayacak esneklikte, iyileştirilmiş ardıl uygulamalar ile programın etkinliğini maksimum seviyeye çıkarmayı hedefleyen, teoriden yola çıkıp yeni (alt)teorilere yönelik sonuçlar ortaya koyan ve de araştırmacı, uygulayıcı ve uzmanlar ile iş birliği içinde çalışma ortamı gerektiren bir yaklaşım zinciri olarak değerlendirmiştir (Aşık 2015; Cobb vd. 2003; DBRC 2006; Barab 2006; Plomp ve Nieveen 2013). Van den Akker ve arkadaşları (2006) daha önce yapılan çalışmalarını inceleyerek TtA'ların tanımlayıcı beş karakteristiği olduğunu belirtmişlerdir. Bu özellikler aşağıdaki gibi listelenmiştir;

- Müdahaleci: Gerçek hayatta olan bir problemi çözmeye yönelik bir müdahale tasarlanmalı
- Yinelemeli: Tasarım, uygulama, değerlendirme ve yeniden tasarım eylemleri döngüsel olarak gerçekleştirilmeli
- Süreç odaklı: Sadece sonuç değil, müdahale programının daha derinden anlaşılması ve geliştirilmesi amacıyla sürece de odaklanılmalı.
- İşe yararlık odaklı: Farklı araştırmacı ve uygulayıcıların çıkarımlar sağlayabilecekleri paylaşılabilir sonuç ve kuramlara ışık tutmalı.
- Kuram odaklı: Süreç ve sonuçta elde edilen veriler ile yeni kuram önermeleri oluşturulması hedeflenmeli.

Tasarım tabanlı araştırmalar genellikle bir problemin çözümüne yönelik yapılıdır. Bu problem eğitime yönelik birçok alanda olabilir. Bir öğrenme aktivitesi, konuya özgü yenilikçi bir etkinlik, eğitim yönetimi ile ilgili bir uygulama, bir değerlendirme yöntemi veya teknoloji destekli eğitsel bir ortam tasarımı TtA'lara örnek birer çalışma alanı olabilir (Anderson ve Shattuck 2012; Brown 1992; Collins 1992; Kuzu, Çankaya ve Mısırlı 2011). Plomp ve Nieveen (2013) 23 ayrı ülkeden belirli ölçütleri sağlayan 51 TtA örneğini bir araya getirmiştir. Araştırmacılar çalışmalara yönelik içerik analizi gerçekleştirmişler ve bu çalışmaların %67'sinin (n=34) konuya özgü (matematik, fen, dil öğrenimi, vb.) öğretim yöntemleri, %57'sinin (n=29) genel öğrenme ve öğretim, %35'inin (n=18) eğitsel teknoloji

kullanımı ve %31'inin (n=16) ise müfredat geliştirme ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Tasarım tabanlı araştırmalarda verimlilik ve ortama elverişlilik bağlamında en etkili eğitsel çıktıyı elde etmek için döngüsel uygulamalar gerçekleştirilir. Bir araştırmacı tarafından gerçekleştirilen ardıl uygulamaların farklı ortamlarda farklı katılımcılar ile başka araştırmacılar tarafından da desteklenmesi ortaya çıkarılan tasarım ve teorileri güçlendirecektir. Bu noktada araştırma derinliğinin raporlanması TtA'lar için önemli bir süreç olmaktadır. Diğer bir ifadeyle TtA metodolojisinde araştırma sürecinin sadece betimsel olarak aktarılması değil, araştırmayı başka bir araştırmacının devam edebilmesi amacıyla uygulamadaki ilerleyiş ile ilgili öngörülerin de paylaşılması gerekmektedir. Bu noktada uygulama adımlarının ve ortaya çıkan ara sonuçların verilmesi hem araştırmacının yaptığı katkıların neler olduğunu anlamak hem de araştırmaya devam edecek kişinin getireceği yeniliklere yön vermek adına önem arz edecektir (Barab 2006).

TASARIM TABANLI ARAŞTIRMA VE ÖĞRETİM DENEYİ: TEMEL ZORLUKLAR

Buraya kadar öğretim deneyi ve tasarım tabanlı araştırmaların kuramsal çerçevesi ve eğitim araştırmaları literatürüne getirebileceği potansiyel katkılardan bahsettik. Bu noktada tasarım odaklı araştırmalarda ortaya çıkabilecek genel zorlukları da göz önünde bulundurmak gereklidir. İki araştırma yönteminin de içerik, kurgu ve araştırma yaklaşımı bağlamında bazı temel zorlukları bulunmaktadır.

Temel zorluklardan ilki araştırma sürecinin esnek yapıya sahip olmasından dolayı kaynaklanan zorluklardır (Kelly 2004; Steffe ve Thompson 2000). Araştırma sürecinde araştırmacı öğretmenin öğrenci etkileşim ve davranışlarını tutarlı bir şekilde analiz edebilmesi gerekir (Steffe ve Ulrich 2014). Esnek yapı her ne kadar uygulayıcılara büyük bir kolaylık sağlıyor olsa da, öğretim ortamı, kurgu ve müdahale içeriğinde yapılacak değişiklikler öğrencideki değişikliklerin sağlıklı bir şekilde analiz edilmesinde sınırlayıcı olabilir. Araştırmacı öğretmenin öğretim periyodu sırasında gerçekleşen bazı durumları ikinci bir gözlemci gözü ile dışarıdan değerlendirmesi ve analiz etmesi neredeyse imkansızdır (Steffe ve Ulrich 2014). Araştırmalar (Cobb ve Steffe 2011; Steffe ve Ulrich 2014) bu zorluğun öğretim deneyinde başka bir gözlemcinin de bulunması ve bu gözlemcinin araştırmacıdan farklı olarak aynı durumu ikinci bir göz ile değerlendirip, etkileşime dahil olması ile giderilebileceğini belirtmişlerdir.

İkinci temel zorluk ise, genellenebilirlik ve tekrarlanabilirlik kaynaklı zorluklardır. Steffe ve Thompson (2000) öğrenci matematiği modelini ortaya koymanın güçlü bir iddia olduğunu ve bildiğimiz nicel araştırmalardaki genellenebilirliğin öğretim deneyi yöntemi için yapılamamasının neticesinde bu modelin sorgulanabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Cobb ve arkadaşları da (2016), tasarım tabanlı araştırmalarda farklı araştırmacıların oluşturulan tasarımları kendi çalıştıkları okul şartlarına uyarlayamamaları durumunda sonuçların sınırlı

kalacağını belirtmişlerdir. Fakat, iki araştırma yönteminde de genellenebilirlik diğer klasik araştırma yöntemlerinden farklı yorumlanmaktadır. Öğretim deneyi neticesinde ortaya konan modelin genellenebilirliği, bir sonraki öğretim deneyine ihtiyaç duyulması ve daha iyi işleyen bir model geliştirilmesi yolu ile gerçekleştirilmektedir (Steffe ve Thompson 2000). Tasarım tabanlı araştırma gerçekleştiren araştırmacılar da başka araştırmacıların da yeni ortamlarda iyileştirmeler yapmasına imkan sağlayacak şekilde açıklayıcı bilgiler paylaşarak sürecin sonunu yeni uygulamalara açık bırakırlar (Barab 2006; Cobb vd. 2003; Collins, Joseph ve Bielaczyc 2004). Bir diğer deyiş ile iki araştırma yönteminde genellemenin gerçekleşmesi; bir örneklemden elde edilen sonuçların evrene (popülasyona) genellenmesi şeklinde değil, elde edilen çıktının ne kadar işe yaradığının test edilmesi şeklinde yorumlanmaktadır (Cobb, Jackson ve Dunlap 2016; DBRC 2003; Steffe ve Thompson 2000). Mevcut model ya da ürünü daha iyi hale getirmek için yeni bir araştırma tasarlama sürecinde araştırmacı öğretmenin üzerinde durması gereken önemli bir zorluk ise; mevcut modelin yada ürünün yanlış yada eksik olacağını gösterebilecek bakış açısını geliştirmek olacaktır (DBRC 2003; Steffe ve Thompson 2000).

Öğretim deneyinin kendine has bir zorluğu öğrencinin öğrenme modelinin ortaya konulmasında, öğrenci davranışının öğretim sürecinde hangi sıklıkla gözlemlenmesi gerektiğinin saptanmasıdır. Steffe ve Thompson'a (2000) göre bir davranışın öğrencinin öğrenme modelini yansıtması için birden fazla öğretim sürecinde gözlemlenebilir ve detaylı şekilde analiz edilebilir olması gerekmektedir. İkincisi, araştırmacı öğretmenin kendi sahip olduğu matematiksel bilginin ve kavramsal anlayışının öğrenilmesi için ısrar etmesi yerine, öğrencinin matematiği nasıl öğrendiğini ve matematiksel bilgiyi nasıl kullandığını tespit etme zorluğudur (Norton ve D'Ambrosio 2008). Bu bağlamda, “[araştırmacı]-öğretmenin rolü [öğrencinin] matematiksel akıl yürütmesindeki orijinalliği anlamak, onu tutarlı şekilde tanımlamak ve farklı bağlamlardaki zayıf ve güçlü yönlerini açığa çıkarmak ve transfer edilebilirliğini ortaya koymak [olmalıdır]” (Ackermann 1995, s. 346).

Tasarım tabanlı araştırmanın kendine has bir zorluğu ise işbirliği ortaklıklarının oluşturulmasıdır. TtA'lar var olan bir problemin çözümüne yönelik bir yandan problemin nedenselliğine yönelik açıklayıcı bilgiler verip bir yandan da genellenebilir tasarımlar ortaya koyarak (alt)teoriler oluşturmaya çalışırlar (van der Akker vd. 2006). Bunu gerçekleştirebilmek için ise öğretim deneyinden farklı olarak TtA problemi üzerinde bir araştırma grubunun çalışması gerekir (Cobb 2003). Araştırma kapsamında öğretmenler sınıf içi ders akışını sağlayan aktif uygulayıcılar olarak kendi deneyimlerini araştırma grubu ile paylaşarak çalışmanın ilerlemesine ve yeni tasarımların ortaya koyulmasına destek olur. Ele alınan durumun karmaşıklığına bağlı olarak farklı alan uzmanları da bu araştırma grubunun bir parçası olabilir. Aynı zamanda süreç ilerledikçe ihtiyaç doğrultusunda farklı alanlardan uzmanların çalışma grubuna eklenmesi ihtiyacı ortaya çıkabilir. Büyük bir araştırma grubunun oluşturulması ve grup dinamiği sağlanarak çalışmanın ilerletilmesi ise bu noktada araştırmacıların karşısına bir zorluk olarak çıkmaktadır.

Tasarım tabanlı araştırmalar ile ilgili ortaya çıkabilecek son zorluk ise zaman sınırlamasıdır. Yukarıda belirttiğimiz TtA'yı ilgilendiren tüm zorluklar, araştırma sürecinin ardıl uygulamalar gerektiriyor olması ve sınıf ortamlarının uzun sürecek uygulamalar için yeterli zamanı sağlamada sınırlı kalması göz önünde bulundurulduğunda TtA'ların uzun zaman gerektirdiği açıktır. Zaman sınırlaması zorluğunun üstesinden gelmek ise tasarımın ne zaman yeniden tasarlanmaya ihtiyaç duyduğuna karar vermeye yardımcı olacak standartların belirlenmesinden geçmektedir (Dede vd. 2004).

DENEYSEL VE EYLEM ARAŞTIRMALARDAN FARKLARI

Deneysel Araştırmalardan Farkları

Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemleri klasik deneysel araştırmalardan araştırma sürecinin yürütülüş şekli ve değişkenlerin doğal çevrelerindeki dış etkenler ile olan etkileşimlerine araştırma kurgusunda yer verilip verilmemesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemleri kurgulanış biçimi bağlamında dinamik ve esnek olmak ile birlikte, belirli sınırlamaları dikkate alarak gerçek bir sınıf ortamında karşılaşılabileceğimiz durumlar ile ilgilendirilir. İncelenen durumları çevreden izole edilmiş bir yaklaşım içerisinde değil, doğal ortamdaki etkenler ile etkileşimleri ile ele alır (Cobb vd. 2003; Cobb vd. 2011; Steffe ve Thompson 2000; Steffe ve Ulrich 2014). Bu yaklaşım, her iki yöntemde gerçekleştirilen müdahale ve tasarımın doğal ortama en yakın bir ortam içinde gerçekleşmesini sağlar (Cobb vd. 2003; Steffe ve Thompson 2000). Deneysel araştırmalarda izlenen yöntem ise bunun tam tersidir. Araştırma süreci, dış değişkenler kontrol altına alınıp mümkün olan en izole ortamda gerçekleştirilir (Fraenkel, Wallen ve Hyun 2015).

Deneysel araştırmaların bir diğer özelliği ise incelenmek istenilen değişkenlerin çalışmadan önce belirlenmesi ve çalışma sürecinde bu değişkenlerin değiştirilemez yada yenilerinin çalışmaya dahil edilemez olmasıdır (Creswell 2012; Fraenkel, Wallen ve Hyun 2015; Steffe ve Thompson 2000). Araştırma gerçekleştirilmeden önce hipotezler değişkenler bağlamında kurulur ve araştırma sonuçları doğrultusunda ya red yada kabul edilir. Araştırma sürecinin işlerliği ise adım adım önceden tasarlanmıştır ve süreç içerisinde değişmez (Fraenkel, Wallen ve Hyun 2015). TtA ve öğretim deneyinde ise incelenecek değişkenler önceden belirlenmiş olmasına rağmen, süreç içindeki analizlerde açığa çıkan ve incelenmesi gerekli görülen değişkenlerde araştırmaya dahil edilebilir (Steffe ve Thompson 2000; Collins vd. 2004) Öğretim deneyi ve TtA'larda amaç sadece bir hipotezi kabul yada red etmekten öte aynı zamanda test edilecek hipotezler de ortaya koymaktır (Steffe ve Thompson 2000) Yeni hipotezler bir önceki uygulama döngüsünün analizi neticesinde ortaya çıkabilir ve bir sonraki uygulamada test edilebilir (Steffe ve Thompson 2000; Steffe ve Ulrich 2014). Bu durumla bağlantılı şekilde, iki araştırma yönteminde de basta araştırmacıların kurgulamış oldukları müdahalenin uygulanışı devam edegelen yansımalar ve analizler neticesinde çalışma sırasında değiştirilebilir veya uygulamadan belirli adımlar kaldırılabilir.

TtA ve öğretim deneyinde temel amaç en iyi ürün ve tasarım profilini ortaya koymaktır (Kelly 2004).

Eylem Araştırmasından Farkları

Eylem araştırmaları, TtA ve öğretim deneyi araştırmaları ile birçok yönden benzerlik göstermektedir. Bir anlamda araştırmacıların tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemlerini hem teorik hem de metodolojik olarak anlamlandırılmasında birbirine en çok karıştırdıkları yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ortak yönler ele alındığında her üç araştırma yöntemi de pragmatist bir yaklaşımı benimsemekte ve bir problem durumuna çözüm bulmayı amaçlamaktadırlar. Üç yöntemde de süreç içerisinde ve sonunda kavramsal analizler yapılmaktadır. Öğretmenler, öğretim deneyinde araştırma süreci içinde olmak zorunda olmasalar da, genellikle her üç araştırma yönteminde de süreç içinde etkin katılım sağlarlar. TtA ve öğretim deneyi araştırmaları yöntemlerinin eylem araştırmasından ayrıldığı noktalar ise araştırmaların temel amaçları ve öğretmenlerin farklı rolleridir (DBRC 2006; Reeves vd. 2005; Wang ve Hannafin 2005).

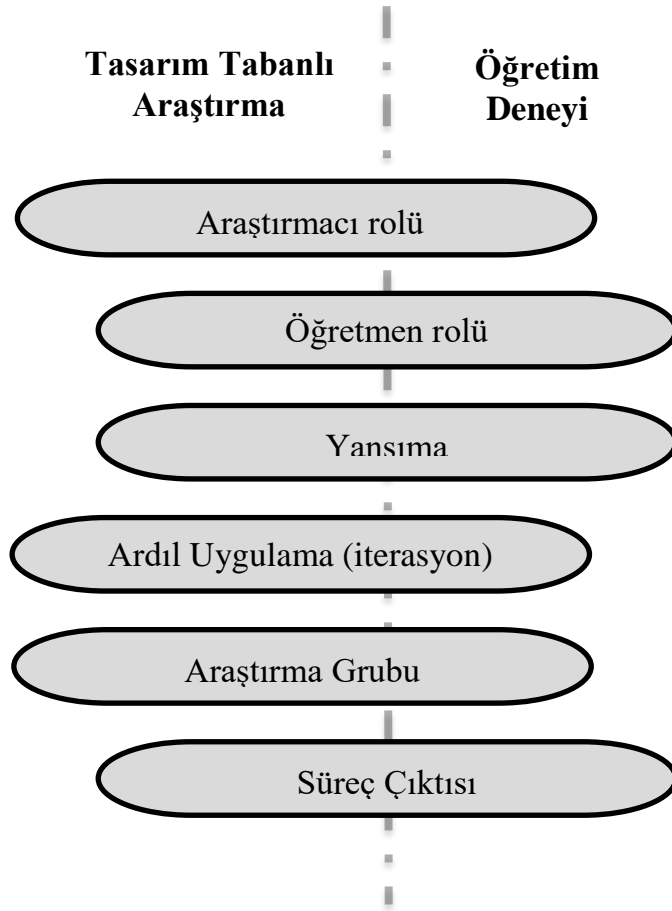
Eylem araştırmalarını TtA ve öğretim deneyi yöntemlerinden ayıran en temel özellik araştırmacının esas olarak öğretmen tarafından yürütülüyor olmasıdır. Bu sebeple, araştırmacının tasarım ve yürütülmesi sürecinde TtA ve öğretim deneyinde olduğu gibi araştırmacının uzmanlığından her aşamada aktif olarak yararlanması gerekmez. Eylem araştırmasının odağında öğretmenin sınıf içindeki bir problemi çözmeye yönelik bilimsel araştırma disiplini içinde yeni düzenlemeler gerçekleştirmesi yer almaktadır (Goldkuh 2013). Araştırmacının bu noktada temel görevi ise öğretmenin bilimsel adımları takip etmesi adına gerekli rehberlik ve desteği sağlamaktır. TtA sürecinde ise öğretmenin iki farklı rolünden bahsedilir. Bu iki süreç tasarımların oluşturulmasında öğretmenin bilgi ve deneyiminden faydalanmak ve araştırmada ortaya konulan bilgi ve uygulamalar ile öğretmenlerin sınıf içinde kendi uygulamalarını güçlendirmektir (Kobrin 2014).

Tasarım tabanlı araştırmaların diğer bir ayırt edici özelliği ise, eylem araştırmaların ana amacı yerel bir problemi çözmek iken, TtA ve öğretim deneyi araştırmaları ise bir problemi çözmekten öte teorik amaçlar da içerir (DBRC 2006; Wang ve Hannafin 2005). TtA'larda problemin detaylı analizinin yapılması ve bu analizler doğrultusunda farklı uygulamalar içeren teoriye dönük genellenebilir tasarımlar oluşturulması esas amaçtır (Goldkuhl 2013).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında TtA ve öğretim deneyi yöntemleri kuramsal bağlamda incelenmiş olup, iki araştırma yönteminin benzer ve farklı yönleri ile deneysel ve eylem araştırması yöntemlerinden ayırıcı özellikleri açıklanmıştır. Yukarıda anlatılan TtA ve öğretim deneylerinin kapsamı ve teorik çerçevesi göz önünde bulundurularak iki araştırma yöntemi farklar ve benzerlikler bağlamında Şekil 1'deki gibi şematize edilebilir. Şekilde, benzer olan yönlerin hangi araştırma

yönteminde ağırlıklı olduğu, verilen benzer yönlerin ağırlık bağlamında birbirleri ile karşılaştırılması amaçlanmadan modellenmiştir.



Şekil 1. Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi benzer yönleri

Araştırmacı Rolü:

Araştırmacı her iki yaklaşımda da öğretmen rolünde olabilir. Araştırmacı süreç içerisinde aktif ve öğretim sürecinde öğrencilerin yansıtıcı düşüncelerini teşvik edecek sorular sormakla yükümlüdür.

Öğretmen Rolü:

TtA da öğretim deneyinden farklı olarak öğretmen araştırma sürecinin bir parçası olmak zorundadır. Öğretim deneyini araştırmacının kendisi öğretmen rolünü üstlenerek gerçekleştirebilir.

Ardıl Uygulama:

Öğretim deneyindeki ardıl uygulamalar birbirini takip eden öğretim periyotlarını ifade ederken, tasarım tabanlı araştırmada ise birinci döngü, ikinci döngü gibi

birbirini takip eden tasarım deneylerini ifade etmektedir. Her iki yöntemde döngüsel bir yaklaşım ile araştırılan konu derinlenmesine irdelenir.

Yansıma:

Her iki yöntemde de süreç içerisinde uygulamaları şekillendiren yansıma çok önemli bir unsurdur. Kavramsal analizin içerdiği ileriye dönük ve geriye dönük analizler öğretim deneyinde bir sonraki öğretim periyodunu şekillendirirken, TtA'da bir sonraki öğretim uygulaması ile birlikte bir sonraki tasarımı da şekillendirmektedir.

Araştırma Grubu:

Tasarım tabanlı araştırmayı gerçekleştirebilmek için öğretim deneyinden farklı olarak bir araştırma grubunun olması gerekmektedir. Araştırma kapsamında ele alınan durumun karmaşıklığı ile bağlantılı olarak farklı alan uzmanları bu araştırma grubunun bir parçası olabilir. Öğretim deneyinde de bir araştırma grubu ile çalışılabilir olmasına rağmen, bu bir zorunluluk ifade etmemektedir. Araştırmacı öğretmen öğretim deneyini sürecin taşıması gereken karakteristiklere uygun şekilde yürütebilir.

Süreç Çıktısı:

Öğretim deneyi öğrencilerin nasıl öğrendiklerinin modelini ortaya koyarken TtA'ların ise hedeflediği temel ürün test edilebilir teorilerdir. Öğretim deneyi var olan bir öğretim yaklaşımının hangi yönlerinin daha iyi çalıştığını ve çalışmadığını ortaya koyarken, TtA'da araştırmacılar yeni bir öğretim yaklaşımı/teorisi geliştirmeyi hedefler.

Bu çalışmada, eğitim araştırmalarında yeni yaklaşımlar olarak ön plana çıkan tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi yöntemlerinin teorik çerçevesini, diğer araştırma yöntemlerinden farklarını ve birbirleri ile olan etkileşimleri açıklanmıştır. Çalışma, amaç ve kapsam göz önünde bulundurularak empirik bir yaklaşım ve sonuçlardan ziyade yöntemleri kuramsal çerçevede açıklamaya çalışmıştır. Her iki yöntem de bir problemten yola çıkar ve bu problemi doğal ortamı içinde diğer değişkenler ile etkileşimlerini de dikkate alarak çözmeye yönelik adımlar atar. Bu doğrultuda TtA ve öğretim deneyi yöntemlerinin eğitimde var olan problemleri çözmeye yönelik atılacak yeni adımlara destek olacağı düşünülmektedir.

Tasarım tabanlı araştırma ve öğretim deneyi araştırmalarının ortak ve farklı yönlerinin açığa çıkarılması bu araştırma yöntemlerini kullanarak çalışma yapacak araştırmacılara bir yol haritası sunması açısından değerli olacaktır. Bu araştırma yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarda yaşanabilecek olası zorlukların önceden bilinmesi araştırmacıların çalışmalarını tasarlamasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Altun, M. (2006). Matematik öğretiminde gelişmeler. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(2), 223-238.
- 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.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Applebee, A. N., and Langer, J. A. (1983). Instructional scaffolding: Reading and writing as natural language activities. *Language Arts*, 60(2), 168-175.
- Aşık, G. (2015). Üstbiliş odaklı problem çözme destek programı tasarım çalışması, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Bakker, A., & Smit, J. (2017). Theory development in design-based research: an example about scaffolding mathematical language. In S.Doff & R.Komoss (eds.), *Making Change Happen* (pp. 111-126). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Balcı, A. (2015). *Sosyal bilimlerde araştırma, yöntem, teknik ve ilkeler* (11. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Barab, S. (2006). *Design-based research: A methodological toolkit for the learning scientist*. Cambridge University Press.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 141-178.
- Brown, A. L., Metz, K. E., & Campione, J. C. (1996). Social interaction and individual understanding in a community of learners: The influence of Piaget and Vygotsky. *Piaget-Vygotsky: The Social Genesis of Thought*, 145-170.
- Byrnes, J. P. (2001). *Cognitive development and learning in instructional context* (2nd Edition). Boston: Allyn & Bacon.
- Büyüköztürk, S., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, E. O., Karadeniz, S. & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (22. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Clements, J. (2000). Analysis of clinical interviews: Foundations and model viability. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 547-589). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiment 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: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cobb, P., & Bowers, J (1999). Cognitive and situated perspectives in theory and practice. *Educational Researcher*, 28(2), 4-15.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

- Cobb, P., Jackson, K. & Dunlap, C. (2016). Design research: An analysis and critique. In L. D. English & D. Kirshner (Eds.) *Handbook of International Research in Mathematics Education* (3rd ed.), pp. 481-503, New York: Routledge.
- Cobb, P., & Steffe, L. (2011). *A journey in mathematics education research*. Netherlands: Springer.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5th edition). London: Routledge Falmer.
- Cole, P. (1992). Constructivism revisited: A search for common ground. *Educational Technology*, 33(2), 27-34.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Springer Berlin Heidelberg.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). New York: Cambridge University Press.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Czarnocha, B. (2016). How to approach a teaching experiment? In B. Czarnocha, W. Baker, O. Dias, V. Prabhu (Eds.), *The Creative Enterprise of Mathematics Teaching Research*, (pp. 163-170). Sense Publishers.
- Czarnocha, B. & Prabhu, V. (2004). *Teaching-Research and Design Experiment—two methodologies of integrating research and classroom practice*. E-proceedings of epiSTEME-1, International Conference to Review Research on Science, Technology and Mathematics Education, (pp. 78-80). Goa, India.
- Dede, C., Nelson, B., Ketelhut, D. J., Clarke, J., & Bowman, C. (2004). Design-based research strategies for studying situated learning in a multi-user virtual environment. In *Proceedings of the 6th international conference on learning sciences* (pp. 158-165). International Society of the Learning Sciences.
- Design-Based Research Collective [DBRC] (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry, *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Design-Based Research Collective [DBRC] (2006). A peer tutorial for design-based research. Erişim: 17 Ocak 2017, <http://dbr.coe.uga.edu/explain01.htm>
- 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).
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2015). *How to design and evaluate research in education* (Vol. 9). New York: McGraw-Hill.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Freudenthal, H., Janssen, G. M., & Sweers, W. J. (1976). Five years IOWO on H. Freudenthal's retirement from the directorship of IOWO: IOWO snapshots. *Educational Studies in Mathematics*, 7(3), 188-367.
- Goldkuhl, G. (2013). Action research vs. Design research: Using practice research as a lens for comparison and integration (accepted paper). *SIG Prag workshop on IT artefact design & workplace improvement*, June 5, 2013. Tilburg, the Netherlands.
- Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education*. CD-β Press/Freudenthal Institute, Utrecht.
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. *Educational Design Research*, 17-51.
- Gravemeijer, K., Hauvel M. V., & Streefland, L. (1990). *Context free productions test and geometry in realistic mathematics education*. the Netherlands: State University of Utrecht.
- Jones, G. A., Langrall, C. W., Thornton, C. A., Mooney, E. S., Wares, A., Jones, M. R., Perry, B., Putt, I. J. & Nisbet, S. (2001). Using students' statistical thinking to inform instruction. *The Journal of Mathematical Behavior*, 20(1), 109-144.
- Kelly, A. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.
- Kelly, A. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Kobrin, J. (2014). *A call for action (research) and design-based research*. (Posted on May 28, 2014). Erişim: 2 Temmuz 2015, <http://researchnetwork.pearson.com/college-career-success/call-action-research-design-based-research>
- Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım tabanlı araştırma ve öğrenme ortamlarının tasarımı ve geliştirilmesinde kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1(1), 19-35.
- Lesh, R., & Kelly, A., (2000) Multitiered teaching experiments. In A. Kelly, R. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education*. (pp. 197-230). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey.
- Lesh, R., & Sriraman, B. (2005). Mathematics education as a design science. *ZDM*, 37(6), 490-505.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2013). Systematic review of design-based research progress: Is a little knowledge a dangerous thing?. *Educational Researcher*, 42(2), 97-100.
- Norton, A., & D'Ambrosio, B. S. (2008). ZPC and ZPD: Zones of teaching and learning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(3), 220-246.
- Olkun, S., & Uçar, Z. T. (2014). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi* (6. Baskı), Anı Yayıncılık.
- Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual review of psychology*, 49(1), 345-375.
- Piaget, J. (1965). *The child's conception of number*. New York: W. W. Norton and Company. (Original work published in 1941).

- Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: W. W. Norton and Company.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). Introduction to the collection of illustrative cases of educational design research. In T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. V-XX). Enschede, the Netherlands: SLO.
- Pritchard, A., & Woollard, J. (2010). *Psychology for the classroom: Constructivism and social learning*. London and New York: Routledge.
- Puntambekar, S., & Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, 40(1), 1-12.
- Reimann, P. (2011). Design-based research. In *Methodological choice and design* (pp. 37-50). Springer Netherlands.
- Resnick, L. B., Salmon, M., Zeitz, C. M., Wathen, S. H., & Holowchak, M. (1993). Reasoning in conversation. *Cognition and Instruction*, 11, 347–364.
- Robson, C. (2011). *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers* (3rd ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell .
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131.
- Sinclair, H. (1987). Constructivism and the psychology of mathematics. In J. C. Bergeron, N. Herscovics, & C. Kieran (Eds.), *Proceedings of the 11th PME International Conference*, 1, pp. 28– 41.
- 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. & Thompson, P. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp.267 – 306). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Steffe, L. P., & Ulrich, C. (2014). Constructivist teaching experiment. In *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 102-109). Springer Netherlands.
- Uzun, S. M., & Bülbül, A. (2013). A teaching experiment on development of pre-service mathematics teachers' proving skills. *Education and Science*, 38(169), 372-390.
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp.3-7). London: Routledge.
- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2001). Realistic Mathematics Education as work in progress. In F. L. Lin (ed.) *Common Sense in Mathematics Education, Proceedings of 2001*, 1-43. The Netherlands and Taiwan Conference on Mathematics Education, Taipei, Taiwan, 19-23 November 2001.

- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2005). The role of contexts in assessment problems in mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 25(2), 2-23.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Drijvers, P. (2014). Realistic mathematics education. In S.Lerman (ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 521-525). Springer Netherlands.
- Von Glasersfeld, E. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. London, UK: Falmer Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Wirszup, I., & Kilpatrick, J. (Eds.). (1975-1978). *Soviet studies in the psychology of mathematics education* (Vol. 1-14). Palo Alto, CA and Reston, VA: School Mathematics Study Group and National Council of Teachers of Mathematics.
- Wubbels, T., Korthagen, F., & Broekman, H. (1997). Preparing teachers for realistic mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 32(1), 1-28.
- Yılmaz, Z. (2015). *Use of learning trajectories based instruction to restructure mathematical content and student knowledge of pre-service elementary teachers*. Unpublished doctoral dissertation. Middle East Technical University, Ankara.
- Zhao, R., & Orey, M. (1999). *The scaffolding process: Concepts, features, and empirical studies*. Unpublished manuscript. University of Georgia.