

Matematiksel Yaratıcılığı Destekleyen Öğrenme Ortamları Üzerine İnceleme

A Study on Learning Environments Nurturing Mathematical Creativity

Gönül YAZGAN SAĞ

ÖZ

İçinde yaşadığımız günümüz toplumu, 21. yüzyıl becerilerine sahip insan gücü talep etmektedir. 21. yüzyıl becerileri arasında öne çıkan yaratıcılık, bireylerin var oldukları her türlü ortamda fark edilmelerine yol açabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, 21. yüzyıl becerileri arasında yer alan yaratıcılığı tetikleyen matematik öğrenme ortamlarının ne gibi özelliklere sahip olabileceğini detaylı bir şekilde ortaya koymak ve matematik öğretmen adaylarının matematiksel yaratıcılığa dair farkındalıklarının artırılmasına yönelik yapılabilecek etkinlikleri irdelemektir. Buradan hareketle, öncelikle yaratıcılığın eğitim literatüründe nasıl ele alındığına etraflıca yer verilmiştir. Sonrasında ise matematiksel yaratıcılığın çeşitli araştırmacılar tarafından nasıl kavramsallaştırıldığı derinlemesine tartışılmıştır. Ayrıca öğrenme ortamlarında matematiksel yaratıcılığı geliştirilmesine yönelik önerilen pedagojik prensipler ayrıntılı bir şekilde tanıtılmıştır. Bunun yanında matematik öğretmenlerinin kendi sınıflarında, öğrencilerini birer matematikçi gibi düşünmelerini sağlamak için sorgulamaya dayalı bir biçimde kullanılabilecekleri stratejilerden de söz edilmiştir. Son olarak öğrenme ortamlarında, öğrencilerin matematiksel yaratıcılıklarını ne tür etkinliklerin tetikleyebileceği üzerinde durulmuş ve bu anlamda çeşitli etkinlik örneklerine yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yaratıcılık, Matematiksel yaratıcılık, Yaratıcı öğrenme ortamları, Matematik öğretmen adayları

ABSTRACT

People with 21st century skills are needed in the society we live in today. Creativity, which is one of the 21st century skills, leads individuals to be recognized in environments in which they exist. The aim of this study is to identify in detail the characteristics of mathematics learning environments that can trigger creativity, which is one of the 21st century skills, and to examine the activities to increase prospective mathematics teachers' awareness of mathematical creativity. From this point of view, the study first discusses in detail how creativity is handled in the educational literature. Afterwards, how mathematical creativity is conceptualized by various researchers is discussed in depth. In addition, pedagogical principles that have been suggested for developing mathematical creativity in learning environments are presented in detail. Strategies that mathematics teachers can use in their classrooms in an inquiry-based way to get their students to work like mathematicians are also discussed. Finally, it is emphasized what kind of activities can trigger students' mathematical creativity in learning environments and various examples of such activities are given.

Keywords: Creativity, Mathematical creativity, Creative learning environments, Prospective mathematics teachers

Yazgan Sağ G.,(2025). Matematiksel yaratıcılığı destekleyen öğrenme ortamları üzerine inceleme. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi/Journal of Higher Education and Science*, 15(2), 165-172. <https://doi.org/10.5961/higheredusci.1477390>

Gönül YAZGAN SAĞ (✉)

ORCID ID: 0000-0002-7237-5683

Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Hersek Binası, Ankara, Türkiye
Gazi University, Gazi Faculty of Education, Hersek Building, Ankara, Türkiye
gonulyazgan@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received : 02.05.2024

Kabul Tarihi/Accepted : 22.06.2025



Bu eser "Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0
Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

GİRİŞ

Günümüz toplumlarında 21. yüzyıl becerileri ön plan çıkmaktadır. Bireylerin dijital çağa, küresel gelişmelere uyum sağlamaları ve profesyonel yaşantılarında fark yaratan eylemlerde bulunmaları elzem hâle gelmiştir. Bu anlamda dünya genelinde çoğu gelişmiş ülke, eğitim yaklaşımlarında bahsi geçen 21. yüzyıl becerilerine odaklanmaya başlamışlardır (van de Oudeweetering & Voogt, 2018). Fark yaratan eylemler, yaratıcı davranışlar ile ortaya çıkabilmektedir. Birçok disiplinde yaratıcılığın yadsınamaz bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Tarihsel perspektiften de bakıldığında insanlığın gelişimde önemli rol oynayan faktörler arasında yaratıcılık yer almaktadır (Leikin, 2014). Yaratıcı olmak, yalnızca çalışmalarını yapan sanatçı ve bilim insanları için değil, sürekli değişen dünyada teknolojik ve bilimsel gelişmelere uyum sağlayan her insan için gereklidir (Leikin, 2013). 21. yüzyıl becerilerini gerektiren günümüz koşullarında, bu kavram; iş dünyasının, politika yapımcıların, endüstrinin, bilim insanlarının ve elbette eğitim sistemlerinin ilgisini çekmektedir (Lambert & Cuper, 2008; Van Harpen & Sriraman, 2013). Ayrıca son yıllarda eğitimde hem bir araç hem de bir hedef olarak görülen yaratıcılık, matematik öğretim programlarındaki göz önünde bulundurulması gereken unsurlardan birisi hâline gelmiştir (Singer, Sheffield & Leikin, 2017; Sriraman, Yaftian & Lee, 2011). Diğer taraftan öğretmenlerin, toplumun ihtiyaç duyduğu insan gücünün yetişmesine önemli katkılarda bulunmaları yadsınamaz bir durumdur. Öğretmenler; ülkele- rin kendine özgü hedefleri ve amaçların doğrultusunda çeşitli değer ve beceri göz önüne alarak bireyleri yetiştirmenin yanı sıra, çağın gerekleri yeterine getirebilecek bireyleri yetiştirmek ile de sorumludurlar (Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, 2017). Bu sorumluluk, gelecek nesilleri yetiştirme amacıyla eğitimlerini sürdüren matematik öğretmen adayları için de geçerlidir. Günümüz koşulları bireylerden, yaratıcılık bileşenleri arasında da olan esnek düşünme, belirli koşullarda altında karar verme vb. davranışlarını gerektirmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada matematik öğretmen adaylarının matematiksel yaratıcılık hakkında fikir sahibi olabilecekleri ve yaratıcılıklarını geliştirebilecek etkinliklerin neler olabileceği literatür ışığında incelemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, yaratıcılık, matematiksel yaratıcılık, matematiksel yaratıcılığı harekete geçirebilecek sınıf ortamlarının nasıl oluşturulması gerektiği ve bu tür ortamlarda ne gibi etkinlikler kullanılabileceği üzerinde durulacaktır.

Yaratıcılık

Literatüre bakıldığında hem tanımlanması hem de ölçülmesi zorlayıcı olarak kabul edilen kavramlar arasında yaratıcılık da yer almaktadır (Sriraman, 2004). Dinamik bir süreç olan yaratıcılık eylemi, yeni ve bununla birlikte değerli fikirler üretimine yol açmaktadır (Shillo, Hoernle & Gal, 2019). Yaratıcılığın nasıl ele alınması gerektiği konusunda iki farklı görüş ön plana çıkmaktadır: günlük hayattaki yaratıcılık ve bir alana özgü yaratıcılık. Bazı araştırmacılar yaratıcılığın gündelik olaylar bağlamında da ele alınabileceğini savunurken, bazıları yaratıcılığın herhangi bir alana olağanüstü bir katkılar olarak değerlendirmektedir (Craft, 2002). Büyük Y (big C) olarak adlandırılan olağan dışı ya-

ratıcılık, dünya algımızı değiştiren sıra dışı bilgi ya da ürün anlamında kullanılmaktadır. Bunun yanında küçük y (little c) yani olağan ya da günlük yaratıcılık ise kişinin ihtiyaç duyduğu ve ortamında bulunmayan yeni bir şeyi hayal etmeye, üretmeye, tasarlamaya yönelik davranışlarını tarif etmektedir (Kaufman & Beghetto, 2009, Sriraman & Haavold, 2017). Bir alandaki uzmanlar tarafından değerlendirilen sıra dışı yaratıcılık, ilgili alanda çeşitli paradigma değişimlerine yol açabilmektedir (Juter & Sriraman, 2011). Anlaşılabileceği üzere karmaşık kavramlardan birisi olan yaratıcılık çok farklı açılardan tanımlanmakta ve yorumlanmaktadır (Sriraman, 2005). Yaratıcılık tanımı üzerine yapılan tartışmalarda öne çıkan bileşenler arasında kullanışlılık ve özgünlük yer almaktadır. Kullanışlılık; belirli, değerli, anlamlı, alakalı, uygun, yararlı bir yaratmayı betimlerken, özgünlük ise orijinal, biricik, yepyeni, farklı bir yaratmayı tarif etmektedir (Plucker & Beghetto, 2004). Diğer taraftan literatürde yaratıcılığı ele alırken ürüne ve sürece de vurgu yapılmaktadır (Shriki, 2010). Yaratıcılık, bireyin karşılaştığı açık uçlu görevlere ve sorunlara faydalı, uygun ve uygun, faydalı ve yeni ürünler, yanıtlar veya çözümler olarak tanımlanabilir (Amabile, 2013). Literatürde var olan yaratıcılık tanımlarının aynı zamanda yetenek gibi bilişsel beceriler ve esneklik, akıcılık ve özgünlük gibi düşünme becerileriyle de ilişkili olduğu görülmektedir (Lev-Zamir & Leikin, 2013; Sternberg & Lubart, 1999). Bu anlamda yaratıcılık; bireyin farklı bir bakış açısından bakarak, karşılaştığı bir problem ile orijinal bir şekilde uğraşma kapasitesi olarak da tarif edilebilir (Erez, 2004).

Matematiksel Yaratıcılık

Yaratıcılık matematiğin temeli olarak görülmektedir ve bir bilimsel alan olarak gelişmesinde önemli bir bileşendir (Mann, 2006; Sriraman, 2004). Dolayısıyla matematik literatüründe yaratıcılığın, matematik yapma eyleminin ayrılmaz bir parçası olarak görüldüğü söylenilebilir. Yaratıcılık yeni fikirleri formüle etmek ya da yeni fikirleri yeniden ifade etmek için kilit role sahiptir. Örneğin daha önceden bilinen kavramları kullanarak yeni bir değerli tanımı formüle etmek, eski bir problemi yeni bir yolla çözmek, yaratıcı aktivitelere örnek olarak verilebilir (Sriraman vd., 2011).

Literatürde yaratıcılığı matematik ile ilişkilendiren çalışmaların birçoğunun Henri Poincaré, Jacques Hadamard ve Garrett Birkhoff gibi ünlü matematikçilerin yaratıcılık hakkında yazdıklarına dayandığı görülmektedir (Van Harpen & Sriraman, 2013). Gestalt psikolojisinden (Wallas, 1926) etkilenen bu matematikçiler, matematiksel olarak yaratma sürecini ardışık dört evrede ifade etmişlerdir. Hazırlık evresi, uğraşılacak problem üzerinde çok çalışma; kuluçka evresi, ilgili problem ile araya mesafe koyma ve başka zihinsel uğraşlar üzerinde düşünme; aydınlanma evresi, alakasız bir zamanda üzerinde uğraşılacak problemin çözümünün aniden belirmesi ve de son evre olan doğrulama, aniden beliren probleme ait çözümün düzenli bir şekilde kalem kâğıda aktarılması olarak tarif edilebilir. Hadamard ve Poincaré yaratıcılığı, matematikçilerin üretken olan soruları yani daha fazla sonuca ulaştıran soruları seçme süreci olarak düşünmüşlerdir. Ervynck (1991), yaratıcılığın yeni matematik üreten bir faaliyet olduğunu işaret etmiş ve ileri matematiksel düşünme bağlamında hayati bir rol oynadığını ifade etmiştir. Ervynck (1991)

bu bağlamda matematiksel yaratıcılığı hiyerarşik üç evrede açıklamıştır. İlk evrede, kişi kural ve işlemleri bilinçsiz bir şekilde yani matematiksel teorilerin bilincinde olmadan devreye sokmaktadır. İkinci evrede, matematiksel algoritmaları sürekli tekrar ederek kullanılmaktadır. Son olarak gerçekten matematiksel yaratıcılığın meydana geldiği üçüncü evrede ise algoritmik olmayan kararlar alınmaktadır. Sriraman (2005)'a göre, Hadamard ve Poincaré matematiksel yaratıcılığı ayırtma ya da seçme kabiliyeti; Birkoff, kabul edilebilir ve edilemez örüntüleri birbirinde ayırt etme kabiliyeti; Ervnyck, algoritmik olmayan karar verme ile meşgul olma kabiliyeti olarak tanımlamışlardır.

Matematiksel yaratıcılık ile ilgili yapılan araştırmaların genel olarak iki bakış açısına sahip olduğu söylenilebilir. Bahsi geçen bakış açılarından birisi, herhangi bir eylem sonucunda elde edilen yepyeni bir ürüne vurgu yaparken, diğeri de bu eylemler sırasında yeni bir fikir ve / veya kavram üretme sürecine odaklanmaktadır (Haylock, 1987; Kattou, Kontoyianni & Christou, 2009). Dolayısıyla yaratıcılığın nasıl gözlemlenmesi ve ölçülmesi gerektiği sorusuna da bu bakış açılarına göre cevap aranmaktadır. Bu bakış açılarından birisi Guilford (1950) ve Torrance (1974) tarafından yapılan yaratıcılık çalışmalarına dayanmaktadır. Farklı bir ürün vurgusunun olduğu bu çalışmalar, yaratıcı düşünmeyi; akıcılığı, esnekliği, orijinalliği ve detaylandırmayı merkeze alan farklı yani iraksak düşünmeyi içerecek şekilde ele almışlardır. Matematiksel yaratıcılık bağlamında akıcılık, bir probleme yönelik çözüm sayısını; esneklik, farklı çözüm kategorilerinin sayısını; orijinallik, çözümün göreceli alışılmadık oluşunu; detaylandırma ise cevaplardaki ayrıntı miktarını ifade etmektedir. Bu dört bileşene dayanarak, matematiksel yaratıcılığı ölçmek için çok çeşitli cevaplara sahip problemler kullanılmaktadır (Sriraman & Haavold, 2017). Yeni bir fikir veya kavram üretme sürecine vurgu yapan bakış açısı ise düşünmenin esnekliği ile oldukça yakından ilişkilidir (Haylock, 1987). Yaratıcı süreçte, katılmış düşünme sisteminden ve var olan zihinsel yapılardan kurtulmak oldukça önemlidir. Geştalt akımından etkilenen Hadamard ve Poincaré'nin tam da bu katılığın üstesinden gelme eylemini, yaratıcı problem çözme aşamaları (hazırlık, kuluçka, aydınlanma ve doğrulama) arasındaki aydınlanma aşamasında tarif etmişlerdir (Sriraman & Haavold, 2017). Benzer şekilde matematiksel akıl yürütmeyi "yaratıcı" ve "benzer" olarak iki kategoride ele alan Lithner (2008), bu iki kategori arasındaki temel farkı kişinin, var olan zihinsel yapıları parçalayarak yeni ve mantıklı akıl yürütmeler ortaya koyması olarak açıklamıştır.

Bu bağlamda yapılan çalışmaların matematiksel yaratıcılığı süreç ve ürün vurgusu ile tartıştıkları görülmektedir. Ürün ortaya koyma yani yaratıcı düşünmenin akıcılık, esneklik, orijinallik ve detaylandırma bileşenlerini ele alan çalışmaların çoğunlukta olduğu söylenilebilir (Sriraman & Haavold, 2017). Sriraman (2004), bu tartışmalara ek olarak matematiksel yaratıcılık bağlamında yaratıcı bir çalışmanın gerçek hayatta fayda sağlayabilecek bir karşılığının olmayabileceğini ifade etmiş ve yaratıcılığı orijinal ya da yeni bir çalışma üretme kabiliyeti olarak tanımlamanın yeterli olduğunu da eklemiştir. Sriraman (2005) yine literatürdeki yaratıcılık çalışmalarını inceleyerek bu araştırmalarda yapılan tanımların sentezi olabilecek bir matematiksel

yaratıcılık tanımı önermiştir: yaratıcılık, verilen bir probleme sıradan olmayan (yepyeni) ve / veya kavraması güçlü (aydınlatıcı) çözüm(ler) ile sonuçlanan; eski problemlere hayal gücü gerektiren yeni bir bakış açısıyla yeni sorular üreten bir süreçtir. Yaratıcılık sadece matematikçilerin orijinal çalışmaları ile değil aynı zamanda bir bireyin diğer kişiler tarafından daha önceden bilinen bir durumu keşfetmeleri ile de ilişkilidir (Sriraman, 2004). Bu bağlamda öğrenme ortamlarında matematiksel yaratıcılığın nasıl ele alınabileceğine bir sonraki bölümde odaklanılacaktır.

Matematiksel Yaratıcılığı Tetikleyen Öğrenme Ortamı ve Özellikleri

Yaratıcılık, matematik disiplininin yanı sıra matematik öğretimi ve öğreniminde de önemli bir yere sahiptir (Levenson, 2013; Lev-Zamir & Leikin, 2011; Mann, 2006; Panaoura & Panaoura, 2014; Sriraman, 2004; Oklitschke, Rott & Schindler, 2022). Liljedahl ve Sriraman (2006) matematiksel yaratıcılığı profesyonel düzeyde "bilgi birikimini önemli ölçüde genişleten (bilinen fikirlerin önemli sentezlerini ve uzantılarını da içerebilen) veya diğer matematikçiler için yeni soruların yollarını açan orijinal çalışmalar üretme yeteneği" (s. 18) olarak tanımlamıştır. Matematiksel yaratıcılık özgün bir çalışmayı gerektiriyorsa, yaratıcılık yalnızca profesyonel matematikçilerin alanı olarak düşünülebilir (Grégoire, 2016). Matematik sınıflarında yaratıcı düşünme, 21. yüzyıl becerileri de göz önüne alındığında tercih edilmesi ve önemsenmesi gerekmektedir (Haylock, 1987; van de Oudewetering & Voogt, 2018). Ayrıca okul matematiği, her öğrenciye matematiksel yaratıcılığı tatma ve matematikteki yaratıcı potansiyelini gerçekleştirme fırsatları sağlamalıdır (Leikin, 2013). Bu durumu göz önünde bulundurarak Liljedahl ve Sriraman (2006) tarafından matematiksel yaratıcılığının okul düzeyinde öne sürdükleri tanım dikkat çekmektedir: "verilen bir problem veya benzer problemlere alışılmadık (yeni) ve/veya içgörülü çözüm(ler) ve/veya eski bir problemin yeni bir açıdan ele alınmasını sağlayan yeni soruların ve/veya ihtimallerin formüle edilmesiyle sonuçlanan süreç" (s.19). Matematiksel yaratıcılığın bu tanımı, matematik sınıflarında işe koşulabilir bir hâle gelebilmektedir. İlgili tanım, öğrencilerin ortak geçmişe sahip geçmiş deneyimlerini göz önünde bulundurarak sembollerin, işaretlerin ve işlemlerin anlamlarını yapılandırmayı ve yeni bir şey üretmeyi de içerir (Haylock, 1987; Leikin, 2009; Leikin & Pitta-Pantazi, 2013). Bu anlamda, matematik öğrenme ortamında öğrenciler zorlu problemlerle uğraşırken yaratıcı olabilirler (Sriraman, 2005).

Matematik eğitiminde yaratıcılık, eski düşünme yöntemlerini bir kenara bırakarak yeni bir şey yaratmayı, yeni alternatifleri değerlendirmeyi ve çok çeşitli matematiksel bilgiyi kullanmayı gerektirir (Bolden, Harries & Newton, 2010). Bu eğilim, matematik sınıfında yaratıcılığın önemini (Haylock 1987; Mann 2006; Bolden vd., 2010) ve yaratıcılığın her öğrencide olduğu kadar her öğretmende de teşvik edilmesinin önemini vurgulamaktadır (Lev-Zamir & Leikin, 2011). Matematiksel yaratıcılığı teşvik eden ortamlar; açık uçlu, iyi tanımlanmamış, rutin olmayan, problem kurmayı gerektiren ve çoklu çözümlü görevler sunularak oluşturulabilir (Kwon, Park & Park, 2006; Leikin, 2009; Mann, 2006; Silver, 1997). Ancak, yaratıcılığı beslemek için matematik sınıflarında sadece bu tür görevleri kullanmak

yeterli değildir (Panaoura & Panaoura, 2014). Çeşitli bileşenler, sınıf bağlamında yaratıcılığı teşvik etme potansiyeline sahiptir (Levenson, 2013). Bileşenlerden biri olan öğretmen, problemin doğru cevabına sahip olmanın sınıftaki en önemli şey olduğuna inanıyorsa, öğretmenin oluşturduğu öğrenme ortamı yaratıcılığı teşvik edemez (Mann, 2006). Aslında tüm matematiksel görevleri veya söylemleri yaratıcı düşünce ışığında eleştirmek değerlidir (Lithner, 2008). Matematik öğretmenleri çoğunlukla kural temelli algoritmalarla ilgilenmek yerine yaratıcı keşiflere ve olağanüstü matematiksel anlayışlara ses verirlerse, öğrencilerinin sınıftaki yaratıcı potansiyellerini geliştirebilirler (Beghetto & Kaufman, 2009; Mann, 2006). Dolayısıyla kültür ve sosyal etkileşimin de yaratıcılığı harekete geçiren önemli faktörler arasında olduğu söylenilebilir (Amabile, 1996; Csikszentmihalyi, 1999). Sriraman (2004) sosyal etkileşimin matematiksel yaratıcı çalışmayı teşvik etme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, sınıflarda matematiksel yaratıcılığı teşvik ederken fikirlerin ve iç görülerin paylaşılması da çok önemlidir (Sriraman, 2005). Sınıfta tartışarak, iletişim kurarak, paylaşarak ve gerekçelendirerek gerçekleşen etkileşim, öğrencilerin zihninde yaratıcı bir fikri tetikleyebilir ve yaratıcı düşüncelerini sağlayabilir (Shriki, 2010). Öğrenme ortamında bu tür uygulamaları içeren bir öğretim matematiksel yaratıcılığı tetikleyebilir (Lev-Zamir & Leikin, 2011).

Sriraman (2005) sınıf ortamlarında matematiksel yaratıcılığı en üst düzeye çıkarmak için pedagojik beş prensip önermiştir. Bu prensipler (i)geşalt prensibi, (ii)estetik prensibi, (iii)serbest pazar prensibi, (iv)bilimsel prensip ve (v)belirsizlik prensibi olarak sıralanabilir. Bu prensipler ile ilgili açıklamalar da Tablo 1’de yer almaktadır:

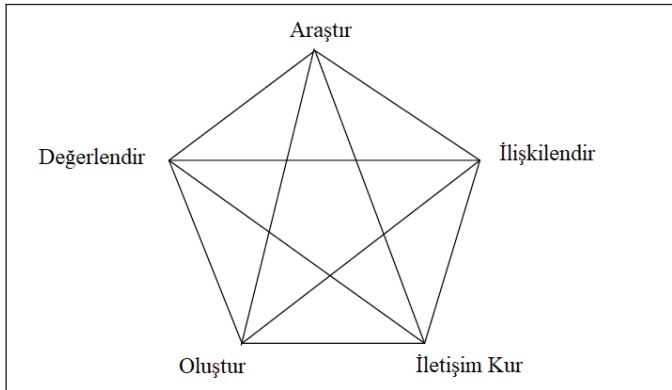
Sriraman (2005) tarafından belirtildiği gibi, matematiksel yaratıcılık bağlamında matematiksel düşünme ve akıl yürütme süreçleri; matematik yapmanın doğası gereği daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında öğretmenin kişisel karakterinin ve yaratıcılığı destekleyen öğrenme ortamındaki rolünün ne kadar kritik olduğu bu prensipler bağlamında bir kez daha görülmektedir.

Matematik eğitimcilerinin hedeflerinden birisi de öğrencilerin bir matematikçi uğraştığı çalışmalara aşina olması ve bir matematikçi gibi düşüncelerini sağlamak aslında matematiksel yaratıcılığın gelişiminde rol oynamaktadır (Sriraman vd., 2011). Matematik sınıflarında genellikle matematiksel düşüncenin ürünleri paylaşıldığından; öğrencilerin çoğu matematik yapmanın mantıksal, ispatlanabilir, kesin, net, düzenli olduğunu düşünmektedirler. Hâlbuki öğrenciler matematiksel düşünme sürecini öğrenme ortamlarında deneyimlediklerinde; çaba göstermeyi, yanlış yapmayı ve bazı riskleri göze almak için cesaret etmeyi, aktif bir şekilde yeni matematiksel bilgi üretmeyi de

Tablo 1. Sınıf Ortamında Matematiksel Yaratıcılığı Geliştirmeye Yönelik Prensipler (Sriraman, 2005)

Pedagojik Prensipler	Yapılması önerilen eylemler
Geşalt prensibi (zamanda ve harekette özgürlük)	Öğrencilere sınıf içi ve sınıf dışında, uzun bir süre boyunca uygun şekilde zorlayıcı problemlerle meşgul olma, böylece bir kavrayış keşfetme “Hah! Buldum!” anının (aydınlanma anı) coşkusunu deneyimleme fırsatları yaratma.
Estetik prensibi (sıradan olmayan çözümlerin güzelliğini, sanat ve bilim ile olan bağlantıları takdir etme)	- Etkili veya şık, sıra dışı kanıtlama tekniklerini kullanan, matematiğin çok çeşitli kollarından gelen çözümlere değer verme; - Öğrencilerin matematiksel süreçlerinde veya ürünlerinde estetiği açık bir şekilde teşvik etme; - Matematik tarihindeki güzelliği tartışma.
Serbest Pazar prensibi (risk almayı ve tipik olmayan düşünceleri cesaretlendirme)	- Öğrencileri risk alma konusunda cesaretlendirme; - Öğrencilerin serbestçe akıllarına gelen fikirleri, düşünceleri ve çözümleri ortaya koyabilecekleri bir sınıf ortamı oluşturma; - Öğrencileri akranlarının incelemesinden sonra kendi fikirlerini savunmaya teşvik etme; - Belirli bir durumda öngörülen şekilde hareket etmemek veya konuşmama, örneğin, bir öğrencinin “Bu yöntem doğru mu?” sorusuna cevap vermeme.
Bilimsel prensip (yaratıcılığı bilinen paradigmalara katkıda bulunan, meydan okuyan ve mevcut bilgi birikimini genişleten olarak görme)	- Öğrencilerin sorunlara yaklaşımların geçerliliğini tartışmaya ve sorgulamaya teşvik edildiği, sorunu ve / veya çözümü genelleştirmeye teşvik edildiği ve aynı zamanda bir benzer problemler sınıfı oluşturduğu bir sınıf ortamı yaratma - Öğrencilerin akademisyen rolünü üstlenmeleri için teşvik etme ve öğrencilerin ürettiklerini, diğerlerinin ürettiği matematik üzerine inşa etmelerine izin verme
Belirsizlik prensibi (açık uçlu ve / veya iyi yapılandırılmamış problemler kullanma, belirsizliğe tahammül etme)	- Öğrencilerin matematik oluşturma belirsizliğini ve zorluğunu deneyimlemesini sağlama - Öğrencilerin sebat etmelerini geliştirmek için çabalama - Öğrencilerin hayal kırıklıklarıyla ilgilenme - Öğrencilerin zorlukları dengelemelerini ve de belirsizliğe tolerans geliştirmelerini sağlama

tecrübe ederler. Aslında böylece bir görev ile uğraşırken yanlışların da yapılabileceğini fark ederek yaratıcı bir matematikçi deneyimine sahip olabilirler (Sriraman vd., 2011). Bu anlamda Stillman ve arkadaşları (2009), öğrenci merkezli sorgulamaya dayalı yaklaşımlar kullanmanın öğrencileri matematikçi gibi düşünceleri konusunda cesaretlendirebileceğini önermişlerdir. Bu tür ortamlarda “kim, ne, ne zaman, neden ve nasıl” sorularını hem sorabilmek hem de cevaplayabilmek, öğrencilerin daha derin ve yaratıcı düşüncelerine yardımcı olabilir (Sheffield, 2006). Yaratıcı matematiksel etkinlikler uygulanırken; daha önceden çözülen problemler ile *ilişkilendir*, derin düşünerek ve sorular sorarak problemi *araştır*, bulduklarını *değerlendir*, elde ettiğin sonuçlar ile *iletişim kur*, keşfetmek için yeni sorular *oluştur* stratejilerinin kullanılabileceğini ifade edilmiştir (Sheffield, 2003; Stillman vd., 2009). Bu stratejiler arasında Polya’nın problem çözme basamaklarındaki problemi anlama, plan yapma, planı uygulama ve kontrol etme gibi doğrusal ilerleyen herhangi bir hiyerarşi yer almamaktadır ayrıca aralarında karşılıklı geçişler mümkündür (Şekil 1).

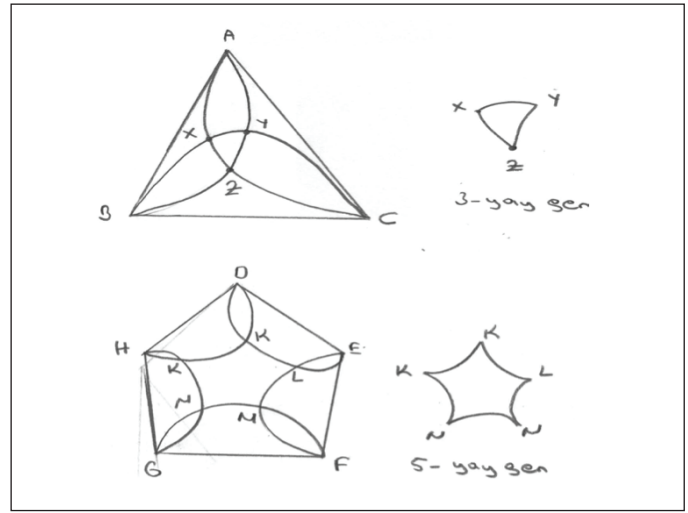


Şekil 1. Yaratıcı matematiksel etkinlikler sırasında kullanılabilecek stratejiler ve aralarında ilişki (Stillman vd., 2009).

Bu anlamada matematiksel yaratıcılığı destekleyen sınıflarda matematiksel görevler ile öğrenciler uğraştırılırken ilişkilendir, araştır, değerlendir, iletişim kur ve oluştur stratejileri devreye sokulabilir. Ayrıca “Bu çözüm yolundan daha farklı bir yol bulan var mı? Daha özgün, yeni bir sorusu olan var mı? Elde ettiğim bu durumdan hangi tür varsayımlarda bulunabilir, genellemeler yapabilirim? Hangi ispat var elimde? Bu çözüm yöntemi neden işe yaradı/yaramadı? Daha önce karşılaştığım problemler ile kıyaslandığında ne gibi benzerlikler/ farklılıklar var? Aklımdaki fikirleri, düşünceleri kaç farklı şekilde temsil edebilirim, modelleyebilirim görselleştirebilirim?” gibi “kim, ne, ne zaman, nerede, neden ve nasıl” sorularının sınıflarda öğretmenler tarafında işe koşulması öğrencilerin yaratıcılıklarının açığa çıkarılmasında ve geliştirilmesinde oldukça etkili olabileceği düşünülmektedir.

Toparlanacak olursa öğrenme ortamlarında matematiksel yaratıcılığın desteklenmesinde hem öğretmen hem de kullanılan görevler önemli role sahiptir. Öğretme faaliyetlerine dair bahsedilen uygulamalar öğretmenler tarafından yürütüldüğünde öğrenme ortamları, matematiksel yaratıcılığı destekleyen bir kimliğe bürünme potansiyeline sahip olabilmektedir. Kullanıla-

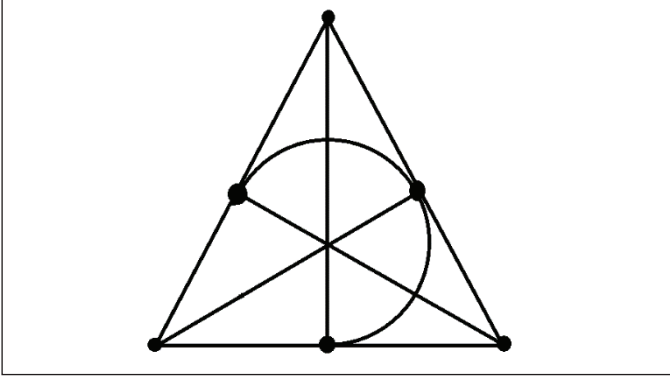
bilecek etkinliklerden birisi yeni bir geometrik kavram oluşturma olabilir (Shriki, 2010). Bu etkinlikte, öğrencilerden bilinen geometrik şekilleri kullanarak bir geometrik şekil üretilip, elde edilen şeklin tanımının yapılması ve isimlendirilmesi istenebilir. Ayrıca oluşturulan şeklin ve yapılan tanımının olası özelliklerinin araştırılması öğrencilerden talep edilebilir. Böylece öğrenciler; bir tanımları tarif etme ve anlamlandırma eylemlerinden daha zorlayıcı olan yeni bir kavramı tanımlamak bir zorlayıcı bir görev ile uğraşabilir. Emre-Akdoğan ve Yazgan-Sağ (2023) öğretmen adayları ile yürüttükleri bir çalışmada, katılımcıların her türlü çokgen ve çemberi yani temel geometrik figürleri kullanarak yeni birer geometrik şekil tanımlamaya çalışmışlardır. Bu çalışmada ortaya çıkan geometrik şekillerden birisi Şekil 2’de görülebilir.



Şekil 2. Matematik öğretmen adayları tarafından üretilen geometrik tanıma ait şekiller.

Matematik öğretmen adayları ile paylaşılabilecek bir diğer etkinlik, Öklidyen olmayan geometriler ile ilgili olabilir. Öklidyen olmayan geometriler, Öklid geometrisinden oldukça farklılık gösteren aksiyomatik sistemleri kullandıkları için, matematiksel yaratıcılığı geliştirme potansiyeline sahip, zorlayıcı öğrenme ortamlarının oluşturulmasına zemin hazırlayabilir. Bir geometrik şeklin özellikleri, referans alınan aksiyomatik sistemdeki tanımlara bağlıdır (Fischbein, 1993). Böylece matematik öğretmen adayları aksiyomatik sistemi dikkate alarak şekil ve özellikler üzerinde düşünmek durumunda kalacaklar ve böylece yaratıcı düşünme süreçleri içinde yer alabileceklerdir. Öklidyen olmayan sonlu geometrilerden birisi olan Fano geometrisi, Gino Fano’nun projektif geometrinin aksiyomları üzerine çalışırken keşfettiği bir geometridir (Collino, Conte & Verra, 2014). Bu geometrinin tanımsız terimleri; nokta, doğru ve üzerinde olma bağıntısıdır. Üzerinde olma bağıntısı “bir nokta, bir doğrunun üzerindedir” şeklinde ifade edilebilir. Bu Öklidyen olmayan geometrinin aksiyomları ise (i) en az bir doğru vardır; (ii) her doğrunun üzerinde kesinlikle üç nokta vardır; (iii) her doğru için doğrunun üzerinde olmayan en az bir nokta vardır; (iv) herhangi iki noktanın üzerinde olduğu kesinlikle bir doğru vardır ve (v)

herhangi iki doğru için bu doğruların üzerinde olan en az bir nokta vardır. Fano geometrisinin tanımsız terimleri ve aksiyomları göz önünde bulundurularak, matematik öğretmen adaylarının bu aksiyomatik yapı ile uyumlu bir model geliştirmeleri istenilebilir. Bu modellerden birisi Şekil 3'de yer almaktadır. Dikkat edilmesi gereken bir durum da bu modelin düzlemsel olması gerekmediğidir.



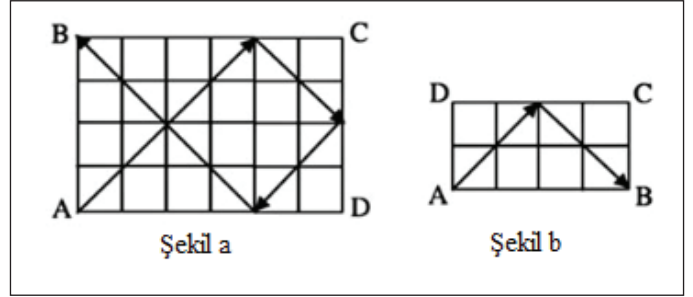
Şekil 3. Bir Fano geometrisi modeli.

Öklidyen olmayan geometrilerden birisi olan Fano geometrisinde matematik öğretmen adaylarının bir önerme yazıp, bu önermenin doğruluğunu ya da yanlışlığını kanıtlamaları da istenebilir. Örneğin, "Fano geometrisinde iki farklı doğru bir ve yalnız bir noktada kesişir" veya "Fano geometrisinde tam olarak altı nokta ve altı doğru vardır" gibi üretilebilecek önermelerin doğruluğunu ya da yanlışlığını araştırabilirler. Yani öğretmen adaylarından ele aldıkları aksiyomatik sistemi dikkate alarak teorem yazmaları sağlanabilir. Böylece matematik yapmaya dair ile farkındalıkları artabilir. İleride kendi matematik sınıflarında da öğrencilerinin benzer süreçler yaşayabilecekleri ortamlar oluşturabilirler.

Matematik öğretmen adayları yine yaratıcılığı harekete geçirebilecek etkinlikler arasında yer alan problem kurma görevleri ile uğraşabilirler. Problem kurma faaliyetleri, özgün çözüm yolları üretme ve araştırma imkânları sağlayarak yaratıcı düşünme süreçlerini aktive etmek ve geliştirmek için oldukça elverişli ortamlar sağlamaktadır (Nolte & Pamperien, 2017; Singer, 2007; Singer vd., 2016). Bu bağlamda kullanılabilecek problem kurma durumlarından birisi Şekil 4'de resmedilmiştir: "Şekil a ve Şekil b'de gösterildiği gibi bir bilardo masası düşünelim. Bir topa masanın sol alt köşesi olan A köşesinden 45 derecelik açı ile vurulduğunu varsayalım. Şekil a'da top 4x6 lık masada hareket etmekte ve yanlara üç kere vurduktan sonra B köşesindeki deliğe girmektedir. Şekil b'de ise top, 2x4 lük masada yanlara bir kere vurarak B köşesindeki deliğe girmektedir" şartına dayanarak bilardo masası üzerindeki topun, olabildiğince çok sayıdaki farklı durumları üretmeye çalışın" (Kontorovich vd., 2012).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada matematiksel yaratıcılığı besleyen öğrenme ortamlarının ne gibi özelliklerinin olduğu ve bu tür ortamlarda kullanılabilecek görev yapıları irdelenmeye çalışılmış ve mate-



Şekil 4. Problem kurma etkinliğine ait şekil.

matik öğretmen adaylarının eğitimleri sırasında karşı karşıya getirilebileceği çeşitli yaratıcı etkinlikler çeşitli etkinlik örnekleri verilmiştir. Matematik öğretmenleri de yeni bir bilgi yaratmak, esnek düşünebilmek ve tüm seçenekleri değerlendirmek vb. eylemler ile cesaretlendirmek matematik bağlamında yaratıcı sınıflar oluşturabilmeleri sağlayabilir (Bolden vd., 2010; Lev-Zamir & Leikin, 2011). Matematik öğretmen adaylarının, bu tür eylemler ile meşgul olmaları matematiksel yaratıcılığın ne olduğu anlamalarını sağlayabilir ve kendi sınıflarında öğrencilerinin yaratıcılıklarını nasıl beslenebileceklerine dair farkındalıklarını artırabilir.

Matematik öğretmen adayları ileride kendi sınıf ortamlarını Sriraman (2005) tarafında önerilen matematiksel yaratıcılık prensiplerini (geşalt, estetik, serbest pazar, bilimsel, belirsizlik) göz önünde bulundurarak matematik öğretim programı bağlamında ve sınıf düzeyleri ve öğrencilerin hazırbulunuşluklarını dikkate alarak yaratıcılığı tetikleyecek etkinlikler hazırlayabilirler. İlgili etkinlikler sınıflarda uygulanırken, öğrencilerin "ilişkilendir, araştır, değerlendir, iletişim kur ve oluştur" stratejilerini kullanmaları sağlanabilir (Sheffield, 2003; Stillman vd., 2009). Bu araştırmada literatürde matematiksel yaratıcılığı geliştirdiği öne sürülen etkinlikler (geometrik tanım oluşturma, Öklidyen olmayan geometriler, problem kurma), matematik öğretmen adayları için bilişsel olarak zorlayan çalışmalar arasında yer alabilir. Bu zorlanma adayların matematiksel bir bilgi üretme süreçlerini ve düşünme süreçlerini daha iyi fark etmelerini sağlayabilir. Böylece ileride görev yapacakları sınıflarda matematiksel yaratıcılığı geliştirme konusundaki rollerinin önemini kavrayabilirler (Bolden vd., 2010; Yazgan-Sağ & Emre-Akdoğan, 2016).

Özetlenecek olursa okul ortamlarında öğrencilerin matematiksel yaratıcılığını destekleme rolünü üstlenecek matematik öğretmen adaylarının da kendi derslerini planlarken yaratıcılığın öneminin farkında olmaları önemlidir (Haylock, 1987). Bu anlamda öğretmenlerin yaratıcı ortamları düzenleme konusundaki rolü oldukça önemlidir. Bunun yanında seçilen matematiksel görevler de sınıf ortamlarında yaratıcılığın tetiklenmesinde ve yaratıcı ortamların oluşturulmasında kilit role sahiptir. Matematik öğretmen adaylarının ileride kendi sınıflarında yaratıcı ortamlar tasarlama becerilerini geliştirmek için yaratıcı matematik görevleriyle ilgili deneyimler edinmeleri yararlıdır (Bolden vd., 2010; Shriki, 2010). Üniversite eğitimleri boyunca da matematik öğretmen adaylarının matematiksel yaratıcılığı deneyimleyebilecekleri fırsatların oluşturulması gerekmektedir.

(Leikin, 2013). Öğretmen adaylarını yaratıcı görevler ile uğraştırmak, okullarda geleneksel yaklaşımlar ile matematik öğretme eğilimine meydan okuyabilme olanağı sağlayabilir (Pehkonen, 1997). Böylece matematik öğretmen adaylarını, 21. yüzyıl becerileri arasında oldukça sık vurgulanan (matematiksel) yaratıcılığı teşvik edebilecek şekilde yenilikçi öğretime hazırlamaya katkı sağlayabilir (Shriki, 2010; van de Oudeweetering & Voogt, 2018).

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması belirtmemiştir.

Etik Kurul Oluru: Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Yazar Katkı Beyanı: Bu çalışmanın tüm aşamaları yazara aittir.

Hakemlik Süreci: Çift taraflı kör hakemlik.

KAYNAKLAR

- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. New York: Westview Press.
- Amabile, T. (2013). Componential theory of creativity. In E. Kessler (Ed.), *Encyclopedia of management theory* (pp. 135–140). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2009). Intellectual estuaries: Connecting learning and creativity in programs of advanced academics. *Journal of Advanced Academics*, 20(2), 296–324.
- Bolden, D. S., Harries, A. V., & Newton, D. P. (2010). Pre-service primary teachers' conceptions of creativity in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 73(2), 143–157.
- Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a system perspective for the study of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.313–335). Cambridge: Cambridge University Press.
- Collino, A., Conte, A., Verra, A. (2014). On the life and scientific work of Gino Fano. *La Matematica nella Società e nella Cultura. Rivista dell'Unione Matematica Italiana*, 7(1), 99–137.
- Craft, A. (2002). *Creativity and early years education: A lifewide foundation*. London: Continuum.
- Emre-Akdoğan, E. & Yazgan-Sağ, G. (2023). Creative mathematics experiences: Defining new geometric concepts. *The Australian Mathematics Education Journal*, 5(1), 19–23.
- Erez, R. (2004). Freedom and creativity: An approach to science education for excellent students and its realization in the Israel arts and science academy's curriculum. *The Journal of Secondary Gifted Education*, 25, 33–140.
- Ervynck, G. (1991). Mathematical creativity. In D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 42–53). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Fischbein, E. (1993). The theory of figural concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 24(2), 139–162.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454.
- Grégoire J. (2016). Understanding creativity in mathematics for improving mathematical education. *Journal of Cognitive Education and Psychology*. 15(1), 24–36.
- Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school children. *Educational Studies in Mathematics* 18(1), 59–74.
- Juter, K. & Sriraman, B. (2011). Does high achieving in mathematics= gifted and/or creative in mathematics. In B. Sriraman, & K. H. Lee (Eds.), *The Elements of Creativity and Giftedness in Mathematics* (pp. 45–65). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Kattou, M., Kontoyianni, K., & Christou, C. (2009). Mathematical creativity through teachers' perceptions. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou, & C. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of the 33rd conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 297–304). Thessaloniki, Greece: PME.
- Kaufman, J., & Beghetto, R. (2009). Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1–12.
- Kontorovich, I., Koichu, B., Leikin, R., & Berman, A. (2012). An exploratory framework for handling the complexity of students' mathematical problem posing in small groups. *Journal of Mathematical Behavior*, 31(1), 149–161.
- Kwon, O. H., Park, J. S., & Park, J. S. (2006). Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia-Pacific Education Review*, 7(1), 51–61.
- Lambert, J., & Cuper, P. (2008). Multimedia technologies and familiar spaces: 21st century teaching for 21st century learners. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 8(3), 264–276.
- Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129–145). Rotterdam: Sense Publishers.
- Leikin, R. (2013). Mathematical creativity: The interplay between multiplicity and insight. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(4), 385–400.
- Leikin, R. (2014). Challenging mathematics with multiple solution tasks and mathematical investigations in geometry. In Y. Li, E. A. Silver, & S. Li (Eds.), *Transforming mathematics instruction: Multiple approaches and practices* (pp. 59–80). Dordrecht: Springer.
- Leikin, R., & Pitta-Pantazi, D. (2013). Creativity and mathematics education: The state of the art. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(4), 159–166.
- Levenson, E. (2013). Tasks that may occasion mathematical creativity: teachers' choices. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(4), 269–291.
- Lev-Zamir, H., & Leikin, R. (2011). Creative mathematics teaching in the eye of the beholder: Focusing on teachers' conceptions. *Research in Mathematics Education*, 13(1), 17–32.
- Lev-Zamir, H., & Leikin, R. (2013). Saying versus doing: Teachers' conceptions of creativity in elementary mathematics teaching. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(2), 295–308.
- Liljedahl, P., & Sriraman, B. (2006). Musings on mathematical creativity. *For the Learning of Mathematics*, 26(1), 20–23.

- Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 67(3), 255–276.
- Mann, E. L. (2006). Creativity: The essence of mathematics. *Journal for the Education of the Gifted*, 30(2), 236–262.
- Nolte, M., & Pamperien, K. (2017). Challenging problems in a regular classroom setting and in a special foster programme. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 49(1), 121–136.
- Oklitschke, J., Rott, B., & Schindler, M. (2022). Notions of creativity in mathematics education research: A systematic literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 1161–1181.
- Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü (2017). *Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlilikleri*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Panaoura, A., & Panaoura, G. (2014). Teachers' awareness of creativity in mathematical teaching and their practice. *IUMPST: The Journal*, 4, 1–11.
- Plucker, J. A., & Beghetto, R. A. (2004). Why creativity is domain general, why it looks domain specific, and why the distinction does not matter. In R.J. Sternberg, J. Lautrey, & T.I. Lubart (Eds.), *Models of intelligence: International perspectives* (pp. 153–168). Washington, DC: American Psychological Association.
- Pehkonen, E. (1997). The state-of-art in mathematical creativity. *ZDM –International Journal on Mathematics Education*, 29(3), 63–67.
- Sheffield, L. J. (2003). *Extending the challenge in mathematics: Developing mathematical promise in K–8 pupils*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Sheffield, L. J. (2006). Developing mathematical promise and creativity. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, 10(1), 1–11.
- Shillo R., Hoernle, N. & Gal, K. (2019). Detecting creativity in an open ended geometry environment. In C. F. Lynch, A Merceron, M. Desmarais, & R. Nkambou (Eds.) *Proceedings of the 12th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2019)* (pp. 408 – 413). Montréal, Canada: UQAM.
- Shriki, A. (2010). Working like real mathematicians: developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 73(2), 159–179.
- Silver, E. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 3, 75–80.
- Singer, F. M. (2007). Beyond conceptual change: Using representations to integrate domain-specific structural models in learning mathematics. *Mind, Brain, and Education*, 1(2), 84–97.
- Singer, F. M., Sheffield, L. J., Freiman, V., & Brandl, M. (2016). *Research on and activities for mathematically gifted students*. New York: Springer Nature.
- Singer, F.M., Sheffield, L.J. & Leikin, R. (2017). Advancements in research on creativity and giftedness in mathematics education: Introduction to the special issue. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 49(1): 5–12.
- Sriraman, B. (2004). The characteristics of mathematical creativity. *The Mathematics Educator*, 14(1), 19–34.
- Sriraman, B. (2005). Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *The Journal of Secondary Gifted Education*, 17(1), 20–36.
- Sriraman, B., & Haavold, P. (2017). *Creativity and giftedness in mathematics education: A pragmatic view*. First compendium for research in mathematics education. Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Sriraman, B., Yaftian, N., & Lee, K. H. (2011). Mathematical creativity and mathematics education: A derivative of existing research. In B. Sriraman & K.H. Lee (Eds.), *The elements of creativity and giftedness in mathematics* (pp. 119-130). Rotterdam: Sense Publishers.
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 3–15). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Stillman, G., Kwok-cheung, C., Mason, R., Sheffield, L., Sriraman, B., & Ueno, K. (2009). Classroom practice: Challenging mathematics classroom practices. In E. Barbeau & P. Taylor (Eds.), *Challenging mathematics in and beyond the classroom: The 16th ICMI Study* (pp. 243–284). Berlin: Springer.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual*. Lexington, MA: Ginn.
- van de Oudeweetering, K., & Voogt, J. (2018). Teachers' conceptualization and enactment of twenty-first century competences: Exploring dimensions for new curricula. *The Curriculum Journal*, 29(1), 116–133.
- Van Harpen, X. Y., & Sriraman, B. (2013). Creativity and mathematical problem posing: An analysis of high school students' mathematical problem posing in China and the USA. *Educational Studies in Mathematics*, 82(2), 201–222.
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York, NY: Harcourt, Brace & World.
- Yazgan-Sağ, G., & Emre-Akdoğan, E. (2016). Creativity from two perspectives: Prospective mathematics teachers and mathematician. *Australian Journal of Teacher Education*, 41(12), 25-40.