

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN VE ÖĞRETMEN ADAYLARININ SONSUZLUK KAVRAMINA YÖNELİK METAFORİK İMGELERİ

METAPHORICAL REPRESENTATIONS OF THE CONCEPT OF INFINITY IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS AND PROSPECTIVE TEACHERS

Arzu KARACAKÖYLÜ

Matematik Öğretmeni, Şehitler Ortaokulu, Kırıkkale, Türkiye
e-posta: arzu_2209@hotmail.com; ORCID ID: 0000-0001-5295-2044

Nurullah ŞİMŞEK

Dr. Öğr. Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
Bölümü, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı, Kırıkkale, Türkiye
e-posta: nsimsek@kku.edu.tr; ORCID ID: 0000-0003-2536-8285

Özet

Eğitimde metaforlar sadece dilbilimsel bir yaklaşım olarak değil aynı zamanda kavramsal veya zihinsel bir yapı olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, metaforlar yalnızca kelimelerle ifade edilen bir dilsel ifade biçimi değil, aynı zamanda düşünce ve kavrayışla ilgili bir boyuta da sahiptir. Metaforların, kavramların zihinsel temsillerinin anlaşılmasını kolaylaştırma potansiyeli dikkate alındığında, sonsuzluk gibi soyut ve karmaşık bir kavramın anlaşılmasında da etkili bir araç olarak işlev görebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin ve öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına yönelik metaforik imgelerini incelemektir. Öğrenim düzeyi ve cinsiyete göre metaforik imgeler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 488 katılımcıdan toplanan veriler değerlendirilmiştir. Elde edilen anlamlı veriler, kavramsal metafor teorisinin kuramsal çerçevesi doğrultusunda incelenmiştir. Katılımcıların yazılı ifadeleri, hedef alan, kaynak alan ve bu iki alan arasındaki ilişki bağlamında ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, katılımcıların önemli bir kısmının sonsuzluk kavramına yönelik metaforik düşünme sürecinde zorluk yaşadığını ortaya koymaktadır. Katılımcılar, ağırlıklı olarak duygusal-manevi sonsuzluk kategorisinde metaforik imgeler geliştirmiş, buna karşın en az matematiksel sonsuzluk kategorisinde imgeler üretmişlerdir. Ayrıca, katılımcıların sonsuzluğu metaforik olarak çoğunlukla potansiyel bir süreç bağlamında açıklamaları, sonsuzluk kavramının tarihsel gelişimi ile paralellik göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar ışığında, farklı yaş grupları, meslek grupları ile disiplinlerde sonsuzluk kavramına yönelik metaforik algıların detaylı bir şekilde incelenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sonsuzluk, metafor, öğretmen adayları, ortaokul öğrencileri.

Abstract

In education, metaphors are not merely considered a linguistic approach but also conceptual and cognitive structures. In this context, metaphors are not just linguistic expressions but also have a dimension related to thought and understanding. Given the potential of metaphors to facilitate the comprehension of mental representations of concepts, it is anticipated that they could serve as an effective tool for understanding abstract and complex concepts such as infinity. This study aims to examine the metaphorical images of middle school students and teacher candidates regarding the concept of infinity. Metaphorical images were comparatively analyzed based on educational level and gender. For this purpose, data collected from 488 participants were evaluated. The meaningful data obtained were analyzed within the theoretical framework of conceptual metaphor theory. Participants' written responses were examined in detail in the context of the target domain, the source domain, and the relationship between these two domains. The analysis results reveal that a significant proportion of participants experienced difficulties in the metaphorical reasoning process regarding the concept of infinity. Participants predominantly generated metaphorical images in the emotional-spiritual infinity category, while they produced the least in the mathematical infinity category. Moreover, participants' tendency to explain infinity metaphorically as a potential process aligns with the historical development of the concept of infinity. In light of these findings, it is recommended that metaphorical perceptions of infinity be examined in detail across different age groups, professions, and disciplines.

Keywords: Infinity, metaphor, prospective teachers, middle school students.

Giriş

Sonsuzluk, geçmişten günümüze farklı disiplinlerde araştırmacıların ve düşünürlerin zihinlerini meşgul eden ilginç kavramlardan birisidir. Özellikle matematik içerisinde birçok konuda geçen ve belirli matematiksel yapıların kurgulanmasında önemli rol oynayan özel bir kavramdır (Núñez, 2005). Diziler, seriler, eşitsizlikler, limit, devirli ondalık sayılar, irrasyonel sayılar, integral, grafik çizimleri, sonsuz küçük teorisi ve süreklilik gibi birçok matematiksel konu sonsuzluk fikrini içermektedir. Matematiğin birçok konusu sonsuzluk kavramını barındırmasına rağmen 19. yüzyıla kadar matematikçiler sonsuzluk kavramıyla fazla ilgilenmemişlerdir (Allen, 2017; Larvor, Löwe ve Schlimm, 2015; Sabery, Mohsini ve Dawran, 2024).

Özmantar (2008), matematikçilerin sonsuzluk kavramından neden uzak durduklarını üç temel neden çerçevesinde ele almaktadır. Bu bağlamda, matematikçilerin uzak durma nedenlerinden ilki, sonsuzluğun düşünce boyutundaki algılanışı ile günlük hayattaki gerçekliklerin birbiri ile örtüşmemesidir. Örneğin, Zeno'nun ifade ettiği Akhilleus ve kaplumbağa paradoksundaki olgu, düşüncesele anlamda makul görülebilen gerçek hayatta çok iyi bir koşucunun kaplumbağa yetişememesi hiç anlamlı gelmemektedir (Mamolo ve Zazkis, 2008). Paradoks, bir koşucunun sonsuz bir dizi mesafeyi katetmesi gerektiği için kaplumbağaya asla yetişemeyeceğini iddia eder. Ancak gerçek hayatta, hızlı bir koşucunun yavaş hareket eden bir kaplumbağayı kolayca geçeceği açıktır. Bu tür çelişkiler, matematikçilerin soyut bir kavram olan sonsuzluğu anlamlandırma çabalarını zorlaştırmış ve bu kavramı pratik bir bağlamda ele almaktan kaçınmalarına neden olmuştur.

Matematikçilerin sonsuzluk kavramından uzak durmalarının ikinci nedeni ise Aristo'nun sonsuzluk kavramı ile ilgili düşünceleridir. Aristo, sonsuzluk kavramını iki farklı şekilde ele almıştır: potansiyel (düşünsel) sonsuzluk ve fiili sonsuzluk. Potansiyel sonsuzluk, sürekli olarak genişleyen, durmaksızın devam eden ve belirli bir sınırın olmadığı düşünsel süreçlerle ilişkilendirilir. Bu tür bir sonsuzluk, tamamlanmamış bir süreç veya bir hareketin sürekli olarak devam ettiği bir kavram olarak anlaşılabilir. Öte yandan, fiili sonsuzluk, fiziksel bir bütünün ya da bir kümenin tam anlamıyla sonsuz olması durumunu ifade eder. Aristo potansiyel sonsuzluğun insan düşünce yapısına uygun olduğunu ifade etmesine rağmen fiili sonsuzluğun mümkün olmadığını ve insan zihni için anlamsız olduğunu ifade etmiştir. Bu yaklaşım, Aristo'nun çağdaşlarından başlayarak sonraki dönemlerdeki bilim insanlarını etkileyerek, matematikçilerin fiili sonsuzluk gibi kavramlardan uzaklaşmasına yol açmıştır. Fiili sonsuzluğun mantıksal olarak insan aklı tarafından kavranamaz oluşunun ortaya konulması, sonsuzluğu tartışılabilir hale getirmiştir.

Matematikçileri sonsuzluktan uzaklaştıran üçüncü neden ise birebir eşleme kavramının yol açtığı paradoksal sonuçlardır. Matematiksel olarak, bir küme kendi özalt kümelerinden daha büyüktür ve bütün daima kendi parçalarından dan büyüktür. Bu ilkeler, matematik tarihinde uzun süre kabul gören temel bir prensiplerdir. Ancak bu matematiksel doğruluklara karşılık, doğal sayılar kümesi (küme veya bütün) ile çift doğal sayılar kümesi (özalt küme veya parça) arasında bir birebir eşlemenin yapılabilir olması, bu ilkeyle çelişir görünmektedir. Bu durum, sonsuz kümelerin doğası gereği "bütün" ile "parça" arasındaki büyüklük kavramının klasik anlamda geçerli olmadığını ortaya koymaktadır. Sonsuz kümelerde, bir kümenin kendisiyle aynı sonsuzluk derecesine sahip bir alt kümesiyle birebir eşlenebilmesi, matematikçilerin bu kavram karşısındaki sezgisel yaklaşımını zorlamış ve sonsuzluk konusunu ele almaktan çekinmelerine yol açmıştır. Bu tür mantıksal zorluklar, matematikçilerin sonsuzluğu ele alırken daha temkinli bir yaklaşım benimsemelerine neden olmuştur.

Bu üç neden, matematikçilerin sonsuzluk kavramına olan mesafeli yaklaşımını açıklamaktadır. Düşünsel ile gerçeklik arasındaki uyumsuzluk, Aristo'nun felsefî görüşlerinin etkisi ve birebir

eşleme konusundaki sezgisel çelişkiler, matematikçiler için sonsuzluğu hem anlamayı hem de kullanmayı zorlaştırmıştır. Bu nedenlerle, matematikçiler 19. yüzyıla kadar sonsuzluk kavramını derinlemesine incelemekten kaçınmışlardır. Ancak bu dönemde Cantor gibi matematikçilerin çığır açan çalışmaları, sonsuzluk kavramına yeni bir bakış açısı kazandırmıştır.

19. yüzyılda Balzano, Cantor ve Dedekind, Aristo'nun inkâr ettiği fiili sonsuzluğun matematiksel olarak anlamlı olduğunu ve bir kümenin bir bütün olarak sonsuz olabileceğini iddia etmişlerdir (Özmantar, 2008). Bu bilim adamları sonsuzluk kavramının matematiksel tanımının küme kavramıyla yapılabileceğini savunmuşlardır (Tirosh, 1999). Dedekind, sonsuz küme kavramını, “herhangi bir E kümesinden E kümesine birebir olan fakat örten olmayan bir fonksiyon tanımlanabiliyorsa o zaman bu E kümesine sonsuz küme denir.” şeklinde tanımlamıştır. Başka bir ifadeyle bir küme ile özalt kümesi arasında birebir ve örten bir fonksiyon tanımlanabiliyorsa o zaman bu küme sonsuzdur denilebilir (Arıkan ve Halıcıoğlu, 2012). Cantor sonsuzluğu, sonsuz elemanı olan bir küme olarak yapılandırmıştır. Cantor'un kümeler teorisine göre sonsuz elemana sahip iki küme arasında birebir eşleme yapılarak bu iki sonsuz kümenin aynı sayıda elemana (kardinaliteye) sahip olduğu söylenebilir. Cantor'un yaklaşımıyla sonsuzluk, sonlu kümeler için geçerli olan gerçekler perspektifinde değil de kendi içerisinde geçerli olan özellikler doğrultusunda anlaşılması gerekmektedir. Bu doğrultuda bir kümede eleman eksildiği halde kümenin eleman sayısı eksilmiyorsa bu küme sonsuz küme olarak ifade edilmektedir (Özmantar, 2008). Örneğin, tek doğal sayılar kümesi ($T = \{1, 3, 5, \dots, 2n + 1, \dots\}$) doğal sayılar kümesinin ($N = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n, \dots\}$) bir özalt kümesidir. $f: N \rightarrow T, f(n) = 2n + 1$ şeklinde tanımlanan f fonksiyonu hem birebir hem de örten bir fonksiyondur. Dolayısıyla doğal sayılar kümesi özalt kümesi olan tek doğal sayılar kümesiyle birebir eşlendiğinden dolayı sonsuz bir kümedir.

19. yüzyılda yapılan tanımlar neticesinde matematikteki sonsuzluk kavramına açıklık getirilmiştir. Sonsuzluk, matematiksel bir nesne olarak değil de bir sıfat olarak yapılandırılmıştır (Nesin, 2007). Örneğin, bir sıfat olarak sonsuzluk bir kümenin eleman sayısına yönelik sahip olduğu bir nitelik olarak ifade edilebilir (Özmantar, 2008). Diğer taraftan sonsuzluk kavramı günlük hayatta bu matematik anlamından farklı olarak “çok uzakta varılamayacak yer, düşünülebilin bir miktardan sürekli daha fazlası, sürekli artan, hiç sonu gelmeyen veya sayılamayacak kadar çok büyük gibi anlamlarda kullanılmaktadır (Nesin, 2007). Sonsuzluk kavramı günlük hayatta matematik anlamından farklı anlamlarda kullanılmasından dolayı tarihsel gelişim sürecinde matematikçilerin zorlandıkları gibi öğrenciler de anlamlandırmakta zorluk yaşamaktadır (Aztekin, 2008). Özmantar (2008), tarafından yapılan literatür derlemesinde sonsuzluk kavramına yönelik öğrencilerin yaşadıkları zorluklar şu şekilde sıralanmıştır; Öğrenciler çoğunlukla sonsuzluğu günlük hayatta kullanılan anlamlarıyla sezgisel olarak yapılandırmaktadır. Öğrenciler başlangıç ve bitiş noktası belli olan bir sınırlı aralığın sonsuz sayıda eleman veya nokta içerdiğini kabul etmekte zorlanmaktadır. Diğer taraftan sonlu kümeler için geçerli olan matematiksel fikirlerin sonsuz kümeler için de genellenmektedir. Ayrıca öğrencilerin yaşadığı başka bir zorluk ise sonsuz kümelerin birbirine eşit olması gerektiğini düşünmeleridir. Başka bir ifadeyle iki küme sonsuz olmasına rağmen birbirine denk olamayacağı öğrenciler tarafından anlamlandırılmamaktadır. Kümeler konusu haricinde öğrenciler devirli ondalık sayılar ve irrasyonel sayılardaki sonsuzluk fikrini yapılandırmakta da zorluk çekmektedir. Öğrencilerin sonsuzluk kavramına yönelik yaşadıkları başka bir zorluğun sebebi ise sonsuzluğun bir sayı olarak algılanması ve sonsuzluk sembolüne yüklenen farklı anlamlardır.

Matematiğin birçok konusunda geçen sonsuzluk kavramının tarihsel gelişim sürecinde çok bunalımlar yaşanmış ve bunalımlara benzer şekilde öğrenim sürecinde de öğrenciler birçok zorluk yaşamaktadır. Buna rağmen öğretim programlarında ayrı bir konu olarak ele alınmayan

sonsuzluk kavramı bu araştırmada metaforik olarak ele alınacaktır. Öğretmen adayları ile öğrencilerin sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algıları araştırılacaktır. Türkçede metafor kelimesine karşılık olarak eğretileme, istiare, değişmece, ad aktarması, teşbih, benzetme, mecaz ve kinaye gibi kelimeler kullanılmaktadır. Fakat bu kelimeler çoğunlukla edebiyat ve sanat disiplinlerinde kullanılarak kavramsal veya zihinsel bir sürece karşılık gelmemektedir. Bu sebeple bu kelimeler metafor kelimesinin tam olarak karşılığı olmamaktadır (Lakoff ve Johnson, 2015). Metafor kelimesi bileşik bir kelime olan *metaphore/metaphora* kelimesinden türetilerek İngilizce *metaphor* olarak ifade edilmektedir. *Meta* ötesine, sonrasına ve *phore/phora* ise taşımak, aktarmak anlamlarına gelmektedir (Wikipedia, 2025). Lakoff ve Johnson (1980), metaforu *bir şeyi başka bir şeye göre yapılandırmak ve deneyimlemek* olarak tanımlamışlardır. 1980 yılında Lakoff ve Johnson tarafından yazılan Türkçe dâhil birçok dile çevirisi yapılan *Metaforlar Hayat, Anlam ve Dil* (Metaphors We Live By) isimli kitap metafor kavramı için bir köşe taşı olmuştur. Lakoff ve Johnson (1980), metaforu önceki çalışmaların dilbilimsel (linguistic) yaklaşımlarından farklı olarak kavramsal/zihinsel (conceptual) bir yapı olarak ortaya koymuşlardır. Bu araştırmacılar metaforun sadece kelimelerle yapılan bir dilsel sanat olmadığını aynı zamanda metaforun düşüncesev veya kavramsal bir boyutunun da olduğunu ifade etmişlerdir (Lakoff & Johnson 1980). Böylece kavramsal metafor (Conceptual metaphor), sözel metaforik ifadelerden farklı olarak literatürde yerine almıştır (Kövecses, 2010).

Kavramsal metafor, hedef alan ve kaynak alan olmak üzere iki temel bileşeni bulunmaktadır. Hedef alan, aşına olunmayan ve daha soyut olan kavramsal alandır. Bu hedef alanı zihinsel olarak yapılandırmak için kullanılan aynı zamanda aşına olunan kavramsal alan ise kaynak alandır. Hedef alan ile kaynak alan arasında anlam transferi eşleme(ler) (mapping) aracılığıyla yapılandırılmaktadır. Kaynak alan ile hedef alan arasında birden fazla sistematik (tutarlı bir düzen içinde) eşleme yapılabilmektedir (Kövecses, 2010). Örneğin, günlük hayatta *şirket* kavramı hakkında konuşulurken genellikle ağaçların aşına olunan özellikleri kullanılmaktadır. Aşağıda ağaç ile şirket kavramları arasında kurulan metaforik eşleme sunulmuştur.

Tablo 1. Ağaç ile Şirketin Metaforik Eşlemesi (Kövecses, 2010'den uyarlanmıştır.)

Kaynak Alan	Eşleme	Hedef Alan
Ağaç	→	Şirket
Ağacın dallara ayrılması	Dal	Şirketin bölümlere ayrılması
Ağacın gelişmesi	Gelişme	Şirketin büyümesi
Ağacın bir dalının budanması	Budama	Şirketin bir bölümünün kapatılması
Ağacın kökü	Kök	Şirketin temeli/merkezi
Ağacın çiçeklenmesi	Çiçek	Şirketin en başarılı hali
Ağacın meyvesi	Meyve	Şirketin faydalı sonuçlar vermesi

Günlük hayatta *şirket* kavramı hakkında konuşulurken genellikle ağaçların aşına olunan durumları kullanılmaktadır. “*Şirketin kökleri çok eskilere dayanmaktadır. Şirket meyvelerini*

vermeye başladı. Şirketteki iş gücü budandı.” gibi söylemler kullanılmaktadır. Bu ifadelerin gerisinde düşüncesele olarak iki farklı alanın birbiriyle ilişkilendirilmesi söz konusudur. Burada daha az bilinen ve daha soyut olan bir kavramın daha çok bilinen veya daha somut bir kavramla yapılandırılmıştır (Kövecses, 2010). Bu metaforik ifadeler dilsel sanat özelliğinden ziyade zihinsel bir model içermesinden dolayı eğitimcilerin çok fazla dikkatini çekmiştir (Saban, 2009). Kavramsal metaforlar, öğrencilerin belirli bir kavramı nasıl algıladıklarını veya nasıl bir anlam yüklediklerini ortaya çıkarmanın bir yolu olarak öğrencilerin o kavram ile ilişkilendirdikleri başka bir kavrama odaklanan bir stratejidir (Danesi, 2007). Bu çalışmada hem öğrencilerin hem de öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına ilişkin kavrayışları sonsuzluk kavramıyla ilişkilendirdikleri başka kavramlar üzerinden incelenecektir.

İlgili Literatür

Sonsuzluk, tarih boyunca hem matematik hem de felsefe açısından karmaşık bir kavram olarak ele alınmış ve modern matematikte Cantor’un çalışmalarıyla teorik bir temele oturtulmuştur (Narlı ve Narlı, 2012; Aztekin, Arıkan, ve Sriraman, 2010). Cantor’un birebir eşleme yöntemiyle sonsuz kümeleri anlamaya yönelik çabası, günümüzdeki matematik eğitimine yön veren önemli bir yaklaşımdır. Ancak, bu kavrama yönelik epistemolojik zorluklar, öğrenciler ve öğretmenler arasında çeşitli algısal farklılıklar ve zorluklar yaratmaktadır (Arrigo ve D’Amore, 1999).

Narlı ve Narlı (2012), 13-14 yaş arası ilköğretim öğrencilerinin sonsuzluk algılarını ve bu kavrama ilişkin yanlışlarını incelemiştir. Araştırmanın bulguları, öğrencilerin sonsuzluk kavramını genellikle kişisel deneyimlerine dayanarak tanımladığını ve formel eğitimin bu kavramın kazandırılmasında yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, öğrencilerin sonsuzluk fikrini açıklarken sezgisel yöntemler kullandığı, ancak bu süreçte çeşitli yanlışlar sergilediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Bozkuş, Toluk-Uçar ve Çetin’in (2015) çalışması, ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramına yönelik algılarını incelemiştir. Araştırmanın bulgularına göre öğrencilerin sonsuzluk kavramını genellikle "sonu olmayan", "bitmeyen" ve "devam eden" şeklinde tanımladığı ve kavramı matematiksel, fiziksel ve duygusal kategorilerde düşündüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin büyük bir kısmında statik sonsuzluk düşüncesinin daha baskın olduğu ifade edilmiştir. Yıldırım ve Keşan’ın (2017) çalışması, ortaokul öğrencilerinin "sonsuzluk" ve üç nokta kavramlarına yönelik farkındalıklarını incelemiştir. Araştırmacılar, öğrencilerin bu soyut matematiksel kavramlarla ilgili bilgi düzeylerini ve yanlışlarını ortaya koymuş; özellikle "sonsuzluk azalır mı?" ve "sonsuzluk artar mı?" gibi konularda öğrencilerin çelişkili cevaplar verdiği gözlemlenmiştir. Araştırmanın bulguları, bu kavramların öğretiminde sezgisel yaklaşımların etkili olduğunu ve formel eğitimin yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Hannula, Pehkonen, Maijala ve Soro (2006), 5-6 ve 7-8. sınıf düzeylerindeki öğrencilerin sonsuzluk kavramını anlama düzeylerini incelemiştir. Araştırma, Finlandiya’daki ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin düşüncelerinin gelişimini ortaya koymayı amaçlayan iki yıllık bir uzunlamasına çalışmaya dayanmaktadır. Araştırmada, öğrencilerin büyük çoğunluğunun sonsuzluk kavramını anlamakta güçlük çektiği, ancak yaş ilerledikçe bu kavramı anlamaya yönelik gelişim gösterdikleri belirlenmiştir. Diğer taraftan, İşleyen (2013), ortaöğretim öğrencilerinin sonsuzluk algılarını incelemiştir. Çalışmanın bulguları, öğrencilerin sonsuzluk kavramını “bitmeyen bir süreç”, “belirsiz büyüklük” ve “işlemlerde yutan eleman” gibi çeşitli kategoriler altında tanımladığını göstermiştir. Ayrıca, birebir eşleme yaklaşımının, öğrencilerde matematiksel sonsuzluk konusunda tereddütlere ve zorluklara neden olduğu tespit edilmiştir.

İlgili literatür, öğrencilerin soyut matematiksel kavramları anlamlandırmada önemli güçlükler yaşadığını ve bu kavramlara yönelik algılarının genellikle sezgisel ve kişisel deneyimlere dayalı olduğunu ortaya koymaktadır (Bozkuş vd., 2015; Hannula vd., 2006; İşleyen, 2013; Narlı ve

Narlı, 2012; Yıldırım ve Keşan, 2013). Bu çalışmalar, özellikle sonsuzluk kavramına yönelik algıların genellikle matematiksel bağlamdan uzak bir şekilde şekillendiğini göstermektedir. Araştırmalarda, formel eğitimin bu tür kavramları öğrencilere kazandırmada yetersiz kaldığı ve öğretim sürecinde daha sezgisel, görsel ve kavramsal yaklaşımlara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, öğrencilerin sonsuzluğu tanımlarken sıklıkla "sonu olmayan" veya "bitmeyen" gibi ifadeler kullandıkları, ancak bu tanımlamaların çoğu zaman matematiksel doğruluktan uzaklaştığı belirlenmiştir.

Literatürde, ortaokul ve lise öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin algılarını ele alan çalışmaların yanı sıra, bu kavramın lisansüstü öğrenciler, öğretmen adayları ve öğretmenler tarafından anlaşılma biçimlerini inceleyen araştırmalar da bulunmaktadır. Aztekin, Arıkan ve Sriraman (2010), 15 haftalık bir doktora dersi sürecinde, doktora öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin kavramsal değişimlerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Araştırma sonuçları, öğrencilerin öğrenim öncesinde genellikle sonsuzluk kavramını potansiyel sonsuzluk olarak algıladıklarını, ancak dersler boyunca kardinal ve ordinal sonsuzluk gibi daha soyut kavramlara dair anlayışlarının geliştiğini göstermiştir. Diğer taraftan, Çelik ve Akşan (2013), matematik öğretmeni adaylarının soyut matematik kavramları olan sonsuzluk, belirsizlik ve tanımsızlık ile ilgili algılarını ve kavramsal zorluklarını incelemiştir. Araştırmaya katılan 83 öğretmen adayına uygulanan iki bölümlü test sonuçları, bu kavramların genellikle günlük yaşam deneyimlerine dayalı olarak yanlış veya yetersiz şekilde tanımlandığını göstermiştir. Özellikle, tanımsızlık ve belirsizlik kavramları sıklıkla karıştırılmış, sonsuzluk ise genellikle "sonu olmayan" veya "çok büyük" bir sayı olarak algılanmıştır. Benzer şekilde, Ergene'nin (2021) çalışması, matematik öğretmeni adaylarının ortaokul matematik öğretim programındaki kazanımlarla sonsuzluk kavramını ilişkilendirme düzeylerini incelemiştir. Araştırmada, adaylar OMÖP'teki 215 kazanımdan 30'unu sonsuzlukla ilişkilendirmiş, özellikle rasyonel ve irrasyonel sayılar, doğru parçası ve çember gibi konuların bu kavramla bağlantılı olduğunu vurgulamıştır. Bulgular, öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına yönelik bilgi eksikliklerini ortaya koyarken, bu kavramın öğretim programlarında daha kapsamlı bir şekilde ele alınması gerektiğini göstermiştir. Sırmacı ve Gökkurt-Özdemir (2016) tarafından yapılan çalışma, matematik öğretmenlerinin sonsuzluk, belirsizlik ve tanımsızlık kavramlarına ilişkin öğretimsel açıklamalarını analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışma, 2015-2016 eğitim-öğretim yılında ortaokul ve lise düzeyinde görev yapan 13 matematik öğretmeniyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın bulguları, öğretmenlerin büyük bir kısmının bu kavramları birbirinin yerine kullandığını ve sembolik durumları açıklarken ezber bilgiye dayalı yüzeysel açıklamalarda bulunduğunu göstermiştir. Özellikle, öğretmenlerin sonsuzluk kavramını genellikle bir obje (sembol) olarak algıladıkları, belirsizlik ve tanımsızlık kavramlarını ise sıkça karıştırdıkları tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Genç'in (2021) çalışması, ortaöğretim öğretmenlerinin sonsuzluk kavramına ilişkin algılarını analiz etmiş ve bu kavramın öğretiminde karşılaşılan zorluklara dair önemli bulgular ortaya koymuştur. Araştırmada öğretmenlerin genellikle dışsal kanıt şemaları ve deneysel kanıt şemaları kullandığı, analitik kanıt şemalarına ise nadiren başvurdukları belirlenmiştir. Sonsuzluk algılarının SOLO taksonomisi bağlamında çoğunlukla ön-yapı ve tek yönlü yapı düzeyinde kaldığı, ancak nadiren ilişkisel yapı ve soyut yapı düzeyine ulaşıldığı tespit edilmiştir. Bulgular, öğretmenlerin sezgisel sonsuzluk algılarının yaşa bağlı olarak değişmediğini, ancak biçimsel sonsuzluk algılarının yaş ve mesleki kıdemle farklılaştığını göstermektedir. Sonsuzluk kavramına ilişkin öğretmenlerin anlamalarının sınırlı olduğu ve bu sınırlamaların öğretim sürecinde kavram yanlışlarına yol açabileceği ifade edilmiştir. Kattou, Michael, Kontoyianni, Christou ve Philippou (2009), ilköğretim öğretmenlerinin sonsuzluk kavramına dair algılarını incelemiştir. Bu araştırma, öğretmenlerin sonsuzluğu bir süreç ya da bir nesne olarak görme eğilimlerini ve bu algıların yanlış anlamalar üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamıştır. Araştırma bulguları, katılımcıların %72'sinin sonsuzluğu "bitmeyen bir süreç" olarak tanımladığını, %28'inin ise bu kavramı bir "nesne" şeklinde algıladığını ortaya

koymuştur. Sonsuz kümelerin karşılaştırılmasına ilişkin olarak, geometrik temsillerin kavramsal doğruluğu artırdığı, buna karşılık sözlü ifadelerin ve yatay temsillerin "parça-bütün ilişkisi" gibi hatalı akıl yürütmelere neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, $0.333...=1/3$ eşitliği katılımcılar tarafından daha kolay kabul edilirken, $0.999...=1$ eşitliği genellikle reddedilmiştir. Bu durum, katılımcıların potansiyel sonsuzluk ile aktüel sonsuzluk kavramlarını ayırt etmede güçlük yaşadıklarını göstermektedir.

Yukarıda incelenen çalışmalar, sonsuzluk kavramının farklı eğitim düzeyleri ve öğrenci grupları tarafından anlaşılmasında çeşitli güçlüklerin yaşandığını ortaya koymaktadır (Aztekin vd., 2010; Çelik ve Akşan, 2013; Ergene, 2021; Genç, 2021; Kattou vd., 2009; Sırmacı ve Gökkurt-Özdemir, 2016). Araştırmalar, ortaokul ve lise öğrencilerinin genellikle sonsuzluğu günlük yaşamdan türetilmiş yüzeysel algılarla değerlendirdiğini, bu algıların çoğunlukla kavramsal yanılgılar içerdiğini göstermektedir. Benzer şekilde, öğretmen adayları ve öğretmenler arasında da sonsuzluk, belirsizlik ve tanımsızlık gibi soyut matematik kavramlarının sıkça karıştırıldığı ve bu durumun öğretim süreçlerinde sorunlara neden olduğu belirtilmektedir. Lisansüstü düzeyde yapılan çalışmalar ise soyut düşünme becerilerinin gelişimi ile kavramsal anlayış arasında bir ilişki olduğunu vurgulamakta, ancak bu seviyede bile kavramın daha derin ve soyut yönlerinin anlaşılamadığı durumlar olduğu ifade edilmektedir. Genel olarak, sonsuzluk kavramına yönelik algıların çoğunlukla yüzeysel kaldığı, öğretim programlarında bu kavrama yeterince yer verilmediği ve bu eksikliğin kavram yanılgılarını beslediği öne sürülmektedir.

Çalışmanın amacı ve gerekçesi

İlgili literatür, sonsuzluk kavramının hem öğretmenler hem de öğrenciler için kavranması güç ve soyut bir yapı olarak kaldığını ortaya koymaktadır. Bu durum, sonsuzluk gibi soyut matematiksel kavramların sadece formel tanımlar ve teorik açıklamalarla ele alınmasının yetersiz kaldığını, öğrenenlerin bu kavramı anlamlandırma sürecinde bireysel zihinsel modeller ve metaforlar geliştirmesinin kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Metaforlar, soyut bir kavramı daha somut ve zihinsel olarak erişilebilir kılmak için bireylerin günlük hayattan ya da tanıdık bilgi alanlarından benzetme kurdukları araçlarıdır. Sonsuzluk gibi insan algısının doğrudan deneyimleyemediği bir kavramın öğrenilmesinde, metaforlar kavramın hem bilişsel hem de duyuşsal yönlerini anlamlandırma sürecine katkıda bulunabilir. Bu bağlamda, metaforlar aracılığıyla yapılan incelemeler, öğrenenlerin sonsuzluk kavramına dair hangi zihinsel çerçeveleri kullandığını anlamayı sağlayarak, eğitim süreçlerini bu çerçeveler doğrultusunda yapılandırma imkânı sunar. Ayrıca, metaforik yaklaşımlar, öğrenenlerin yanlış anlamalarını ya da eksik kavrayışlarını tespit etmeye ve bu algısal sorunların düzeltilmesine yönelik stratejiler geliştirmeye yardımcı olabilir. Bu bağlamda, Habacı ve Çetin (2023), lise öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algılarını inceleyerek, bu kavramın bireylerin zihinsel yapısında genellikle soyut ve sezgisel temellere dayandığını ortaya koymuştur. Ancak bu çalışma, yalnızca belirli bir yaş grubuna (lise düzeyi) odaklanmakta ve farklı gelişimsel düzeylerdeki bireylerin kavramsal algıları arasında olası farkları ele almamaktadır. Oysa sonsuzluk gibi soyut ve karmaşık bir matematiksel kavramın anlaşılması, bireylerin yaşına, bilişsel gelişim düzeyine, matematiksel yeterliliklerine ve eğitim geçmişlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir. Özellikle ortaokul öğrencileri ile öğretmen adayları gibi birbirinden oldukça farklı öğrenim düzeylerindeki grupların, aynı kavrama yönelik geliştirdikleri metaforlar aracılığıyla bu farkların ortaya konulması hem kavramsal gelişimi izlemek hem de öğretim süreçlerine yönelik çıkarımlarda bulunmak açısından önemlidir. Bu nedenle, literatürde ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının

sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algılarını karşılaştırmalı olarak inceleyen çalışmalara duyulan ihtiyaç açık biçimde ortaya çıkmaktadır.

Sonsuzluk kavramının farklı yaş ve öğrenim düzeylerine sahip bireyler tarafından nasıl algılandığını ve anlamlandırıldığını incelemek, bu kavramın öğretimi için önemli olduğu düşünülmektedir. Ortaokul öğrencileri ve öğretmen adayları, bilişsel gelişim düzeyleri, matematiksel deneyimleri ve kavrama yükledikleri anlamlar bakımından farklılık gösteren iki kritik grup olarak düşünülmektedir. Ortaokul öğrencileri, soyut matematiksel kavramlarla ilk kez sistematik biçimde tanışan bireylerdir. Buna karşılık öğretmen adayları, lise düzeyinde matematik öğrenimlerini tamamlamış ve lisans programının henüz başında olan birinci veya ikinci sınıf üniversite öğrencileridir. Lisans derslerinin büyük bölümünü henüz almamış olsalar da lise öğrenimlerini tamamlamış olmaları nedeniyle, sonsuzluk kavramına ilişkin gelişmiş algılara sahip olmaları beklenmektedir. Bu çalışmada bu iki grubun seçilmesinin nedeni, yaş, bilişsel gelişim ve matematiksel öğrenim geçmişi açısından anlamlı farklar sunmalarıdır. Ortaokul öğrencileri soyut kavramlarla yeni tanışan bireylerken, öğretmen adayları lise düzeyinde matematik eğitimini tamamlamış bireylerdir. Bu farklılıklar, sonsuzluk kavramının nasıl algılandığını karşılaştırmalı olarak incelemek için önemli bir zemin sunmaktadır.

Bu çalışmada, öğretmen adayı olarak hem ilköğretim matematik öğretmenliği hem de sınıf öğretmenliği programlarında öğrenim gören birinci veya ikinci sınıf öğrencilerinin seçilmesinin nedeni, bu iki grubun lise düzeyindeki matematiksel altyapılarının ve programa yerleşme biçimlerinin farklılık göstermesidir. Matematik öğretmen adayları, sayısal ağırlıklı puan türüyle belirli düzeyde matematik başarıları göstererek programa yerleşmiş bireylerdir ve lise matematik müfredatına ilişkin daha derinlik bir deneyime sahip oldukları düşünülmektedir. Buna karşılık, sınıf öğretmenliği programına eşit ağırlıklı puan türüyle yerleşen adaylar, matematiksel başarı düzeyi açısından daha farklı bir profil sunmakta ve lise öğrenimlerinde matematikle sınırlı düzeyde temas kurmuş olabilmektedirler. Bu iki farklı öğretmen adayı grubunun sonsuzluk kavramına ilişkin algılarının karşılaştırılması, lise matematik geçmişi açısından anlamlı bir bağlam sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına yönelik metaforik algılarını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma problemlerine cevap aranmıştır;

1. Matematik öğretmeni adaylarının sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik imgeleri nelerdir?
2. Sınıf öğretmeni adaylarının sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik imgeleri nelerdir?
3. Ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik imgeleri nelerdir?
4. Öğretmen adayları ile ortaokul öğrencilerinin, öğrenim düzeyi ve cinsiyet değişkenlerine göre sonsuzluk kavramına ilişkin geliştirdikleri metaforik imgeler arasında ne tür benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır?

Yöntem

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma desenlerinden biri olan örnek durum çalışması kullanılmıştır. Örnek durum çalışması, belirli bir durumu, olayı ya da olguyu kendi bağlamı içinde incelemeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu desende, araştırılan durumun sınırlarının belirli olması ve bağlamıyla birlikte ele alınması esastır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Bu çalışmada, ortaokul öğrencileri ve öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algıları, belirli bir kavramsal çerçeve içerisinde ve sınırlı bir örneklem grubunda incelenmiştir. Her iki grubun

kendi öğrenim geçmişleri, gelişimsel düzeyleri ve program özellikleri göz önünde bulundurularak algılarının betimlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu yönüyle araştırma, belirli bir durumu bağlamsal olarak ele aldığı için örnek durum çalışması desenine uygun olarak kurgulanmıştır.

Çalışma Grubu

Bu araştırma, İç Anadolu Bölgesinde bulunan bir devlet üniversitesinin iki farklı programında öğrenim gören 133 öğretmen adayı ile yine İç Anadolu Bölgesinde bulunan üç farklı devlet okulunda öğrenim gören 315 ortaokul öğrencisinin katılımıyla toplamda 448 kişiyle gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, araştırmacıların erişim olanakları doğrultusunda belirlenmiş ve çalışma grubunun oluşturulmasında kolay ulaşılabilir örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Erkuş, 2013). Bu yöntemde, veri toplama sürecini kolaylaştırmak amacıyla araştırmacıların ulaşabileceği ve çalışmaya katılmaya gönüllü bireylerden oluşan bir örneklem tercih edilmiştir. Bu katılımcıların öğretmen adaylarının bölüm, sınıf düzeyi ve cinsiyetlerine göre dağılımlarının frekansları Tablo 2’de, ortaokul öğrencilerinin sınıf düzeyi ve cinsiyetlerine göre dağılımlarının frekansları ise Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Öğretmen Adaylarının Demografik Özellikleri

Bölüm	Sınıf	Cinsiyet		Toplam
		Kadın	Erkek	
Sınıf Öğretmenliği	1	57	20	77
İlköğretim Matematik Öğretmenliği	1	20	5	25
	2	26	5	31
Toplam		103	30	133

110

Tablo 3. Ortaokul Öğrencilerinin Demografik Özellikleri

Sınıf	Cinsiyet		Toplam
	Kadın	Erkek	
5	34	29	63
6	42	40	82
7	47	40	87
8	42	41	83
Toplam	165	150	315

Verilerin Toplama Süreci

Çalışma grubundan verileri toplamadan önce hem öğretmen adaylarına hem de ortaokul öğrencilerine öğretmen-bahçıvan metaforu örnek olarak sunulmuştur. Bu örnek doğrultusunda katılımcılara bir metaforla bulunması gereken hedef alan, kaynak alan ve hedef alan ile kaynak alan arasında anlam transferi görevi üstlenen eşlemelerden bahsedilmiştir. Daha sonra katılımcıların sonsuzluk kavramına ilişkin sahip oldukları algıları ortaya çıkarmak için “Sonsuzluk... gibidir, çünkü...” cümlesini tamamlamaları istenmiştir. Öğrencilerden sadece tek bir metafor üzerinde yoğunlaşarak düşüncelerini ayrıntılı bir şekilde yazmaları sağlamıştır. Katılımcıların sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algılarını ifade etmeleri için yeteri kadar süre verilmiştir. Ayrıca veri toplama formu üzerinde katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin verilere ulaşmak kapalı uçlu sorulara da yer verilmiştir.

Verilerin Analizi

Verilerin analizine başlamadan önce, 448 katılımcıdan toplanan formlar numaralandırılmıştır. Bu numaralandırma işleminin ardından, formlar daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Katılımcıların yazdıkları ifadeler, hedef alan, kaynak alan ve bu iki alan arasındaki ilişki bağlamında analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda formlar dört kategoriye ayrılmıştır. Birinci kategoride, sonsuzluk kavramına ilişkin yalnızca açıklayıcı ifadeler yer almakta olup metaforik bir ilişkilendirme bulunmamaktadır. Birinci kategoride yer alan bir katılımcı, “sonsuzluk çok büyüktür ve sınırı yoktur” ifadesiyle yalnızca kavrama ilişkin açıklama yapmış, herhangi bir kaynak alana ya da metaforik ilişkiye yer vermemiştir. İkinci kategoride, kaynak alan belirtilmiş olmasına rağmen, hedef alan ile kaynak alan arasında anlamlı bir ilişki kurulmamıştır. İkinci kategoride yer alan bir katılımcı, “sonsuzluk deniz gibidir” ifadesini kullanmış, ancak “çünkü” kısmını boş bırakmış ve bu benzetmeye dayalı herhangi bir açıklama sunmamıştır; dolayısıyla hedef alan ile kaynak alan arasında anlamlı bir ilişki kurulmamıştır. Üçüncü kategoride, hedef alan ile kaynak alan arasında bir ilişki kurulmuş olmasına rağmen, bu ilişkiyel ifadeler sonsuzluk kavramının anlaşılmasına katkı sağlamamaktadır. Üçüncü kategoride yer alan bir başka katılımcı, “sonsuzluk gökyüzü gibidir çünkü mavi” ifadesiyle hedef alan (sonsuzluk) ve kaynak alan (gökyüzü) arasında bir bağlantı kurmuş olsa da bu bağlantı kavramsal açıdan sonsuzluğun doğasına yönelik açıklayıcı bir değer taşımamaktadır. Dördüncü kategoride ise hedef alan ile kaynak alan arasında anlamlı ve kabul edilebilir bir ilişki kurulmuştur. Dördüncü kategoride yer alan bir katılımcı ise, “Sonsuzluk bir yol gibidir çünkü sonu görünmez ve ne kadar gidersen git bitmez” şeklindeki ifadesiyle, hedef alan ile kaynak alan arasında açık, anlamlı ve kavramsal olarak güçlü bir ilişki kurarak başarılı bir metafor üretmiştir.

İlk üç kategoride yer alan toplam 260 form, anlamlı veri içermemesi nedeniyle analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. Analiz süreci, dördüncü kategoriye dahil edilen 188 form üzerinden devam ettirilmiştir. Bu formların 52'si sınıf öğretmeni adaylarından, 40'ı matematik öğretmeni adaylarından, 96'sı ise ortaokul öğrencilerinden toplanmıştır. Matematik öğretmen adayları "MÖA", sınıf öğretmeni adayları "SÖA", ortaokul 5. sınıf öğrencileri "OÖ5", 6. sınıf öğrencileri "OÖ6", 7. sınıf öğrencileri "OÖ7" ve 8. sınıf öğrencileri "OÖ8" kodları ile sınıflandırılmıştır. Gruplardaki katılımcılar, belirlenen bu kodlar kullanılarak her bir grup içindeki katılımcı sayısına göre numaralandırılmıştır. Örneğin, matematik öğretmen adaylarına ait ilk form "MÖA_1" olarak kodlanmıştır. Bu kodlama sistemi hem veri analizi sürecinde hem de bulguların raporlanması aşamasında kullanılmış olup, verilerin düzenli ve sistematik bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Formlarda katılımcılar tarafından oluşturulan metaforik yapılar incelenmiş ve toplam 38 farklı metafor imgesi tespit edilmiştir. Tespit edilen metafor imgeleri, Bozkuş, Toluk-Uçar ve Çetin'in (2015) çalışmasında kullanılan

üç ana kategoriye göre sınıflandırılmıştır: fiziksel sonsuzluk, duygusal-manevi sonsuzluk ve matematiksel sonsuzluk. Örneğin, fiziksel sonsuzluk kategorisinde dünyanın eksen, gökyüzü, kara delik ve okyanus gibi metafor imgeleri yer almıştır. ‘Duygusal-manevi sonsuzluk kategorisinde ahiret, girdap, ölümsüz, sevgi ve merak gibi metafor imgeleri bulunurken, matematiksel sonsuzluk kategorisinde ise sayılar, ışın, pi sayısı ve doğru gibi metafor imgeleri gruplandırılmıştır.

Geçerlik ve Güvenirlik

Araştırma sonuçlarının geçerliğini sağlamak amacıyla; veri toplama ve analiz süreci ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Veri analizinin güvenilirliğini artırmak için, metafor imgelerinin kategorilendirilmesi iki aşamalı bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ikinci yazar metafor imgelerini üç ana kategoriye göre sınıflandırmıştır. Ardından, birinci yazar aynı imgeleri bağımsız olarak değerlendirmiştir. Her iki yazarın gerçekleştirdiği kategorilendirmeler, Miles ve Huberman’ın (1994) önerdiği güvenilirlik formülü (Güvenirlik = Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda, yazarlar arasındaki uzlaşma yüzdesi %97 olarak hesaplanmıştır. Miles ve Huberman’a (1994) göre, yazarlar arasındaki uyum oranının %90’a yaklaşması ya da %90’ı aşması, analiz sürecinde yeterli düzeyde bir güvenirliliğin sağlandığını göstermektedir.

Bulgular

Bu bölümde, öncelikle metaforik imgelerin kategorik sınıflandırılması sunulmuştur. Daha sonra her bir kategoride yer alan metaforik imgelerin öğretmen adaylarının bölümlerine ve ortaokul öğrencilerin sınıf düzeylerine göre dağılımı verilmiştir. Aşağıdaki Tablo 4’te 188 katılımcı tarafından sonsuzluk kavramına yönelik geliştirilen geçerli metaforlardaki metaforik imgeler sunulmuştur.

112

Tablo 4. Sonsuzluk Kavramına Yönelik Metaforik İmgeler

Kategoriler	<i>f</i>	%	Metaforik imgeler	<i>f</i>
Duygusal-manevi sonsuzluk	96	%51	Sevgi	34
			Hayal/umut	10
			Bilgi	9
			İlah	6
			İstek/İhtiyaç	6
			Ahiret	5
			Duygu/düşünce	4
			Ölümsüz	4
			Cennet/cehennem	4
			Ruh	4

			Zaman	3
			Öğrenmek	2
			Allah'ın rahmeti	1
			Aşk	1
			Nimet	1
			Kin	1
			Merak	1
			Uzay	25
			Evren/kâinat	13
			Bitmeyen yol	8
			Gökyüzü	6
			Karadelik	4
			Okyanus	3
			Hava	3
			Deniz	3
Fiziksel Sonsuzluk	74	%39.4	Hayat/yaşam	2
			Dünyanın eksen	1
			Sürekli akan su	1
			Orman	1
			Nehir	1
			Çöl	1
			Su döngüsü	1
			Girdap	1
			Sayılar	13
Matematiksel Sonsuzluk	18	%9.6	Işın	2
			Sonu olmayan çizgi	1

Doğru	1
Pi sayısı	1

Tablo 4'e göre katılımcıların sonsuzluk kavramına ilişkin ifade ettikleri metaforik imgeler daha çok duygusal sonsuzluk (%51) kategorisinde yer almaktadır. Bu kategoride toplam 17 farklı metaforik imge bulunmaktadır. Duygusal sonsuzluk kategorisinde en çok yer alan metaforik imgeler sevgi, hayal, bilgi, ilah ve arzu olurken en az üretilen metaforik imgeler ise merak, kin, aşk ve Allah'ın rahmeti olmuştur. Katılımcıların duygusal sonsuzluk kategorisinden sonra fiziksel sonsuzluk (%39.4) kategorisinde daha fazla metafor geliştirmişlerdir. Fiziksel sonsuzluk kategorisinde toplam 16 farklı imge bulunmaktadır. Bu imgelerden uzay, evren, bitmeyen yol ve gökyüzü daha fazla kullanılırken girdap, su döngüsü, çöl, nehir, orman, sürekli akan su ve dünyanın eksenini daha az tercih edilmiştir. Katılımcıların sonsuzluk kavramına yönelik en az matematiksel sonsuzluk kategorisinde metafor üretmişlerdir. Bu kategoride sayılar, ışın, sonu olmayan çizgi, doğru ve pi sayısı olmak üzere beş farklı imge yer almaktadır. Katılımcıların sonsuzluk kavramına ilişkin ifade ettikleri metaforik imgelerin kelime bulutu Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. Katılımcıların Sonsuzluk Kavramına İlişkin İfade Ettikleri Metaforik İmgelerin Kelime



Bulutu

Kelime bulutunda, katılımcıların sonsuzluk kavramını anlamlandırmak için kullandıkları metaforik imgeler, ifade edilme sıklıklarına göre görselleştirilmiştir. En sık kullanılan imgeler daha büyük boyutlarla vurgulanmıştır. Bulgular, katılımcıların çoğunlukla "sevgi", "uzay" ve "evren/kâinat" gibi metaforlarla sonsuzluk kavramını ifade ettiğini göstermektedir. Bu metaforlar, sonsuzluk kavramının hem duygusal-manevi hem de fiziksel bağlamda anlamlandırıldığını ortaya koymaktadır. Buna karşın, "pi sayısı", "ışın" ve "doğru" gibi matematiksel metaforik imgelerin daha az kullanıldığı gözlenmiştir. Öğretmen adaylarının duygusal sonsuzluk kategorisindeki metaforik imgelerinin bölümlerine göre dağılımı Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Öğretmen Adaylarının Duygusal Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforik İmgelerinin Bölümlerine Göre Dağılımı

Kategori	Metaforik imge	SÖA	MÖA
Duygusal-manevi Sonsuzluk	Sevgi	10	4
	Hayal/umut	5	3
	Bilgi	3	1
	İlah	3	2
	İstek/ihtiyaç	1	3
	Ahret	1	1
	Duygu/düşünce	-	1
	Ölümsüz	-	1
	Cennet/cehennem	1	1
	Ruh	1	1
	Zaman	1	1
	Öğrenmek	1	-
	Allah'ın rahmeti	-	1
	Aşk	1	-
	Nimet	1	-
	Toplam	29	20

Tablo 5 incelendiğinde duygusal sonsuzluk kategorisinde sınıf öğretmeni adaylarının matematik öğretmen adaylarına göre daha fazla geçerli metafor ürettikleri görülmektedir. Sınıf öğretmeni adayları sonsuzluk kavramını bu kategoride daha çok sevgi, hayal/umut, bilgi ve İlah metaforik imgeleriyle bağdaştırarak açıklamışlardır. Matematik öğretmen adayları da benzer şekilde sevgi, hayal/umut, İlah ve istek/ihtiyaç imgeleriyle metafor üretmişlerdir. Öğretmen adaylarının bu kategoride vermiş oldukları örnek cevaplar şu şekildedir:

“Sonsuzluk hayal gibidir, çünkü hiçbir zaman sınırı olmadan, her zaman, her yerde yapılabilen bir eylemdir. Hiçbir zaman kısıtlanamaz ve engel olunamaz. Her şey hakkında yapılabilir.” (MÖA_5)

“Sonsuzluk anne ve baba sevgisi gibidir, çünkü bir annenin ya da babanın çocuğa duyduğu sevgi hiçbir zaman bitmez.” (MAÖ_32)

“Sonsuzluk bilgi gibidir, çünkü biz ne kadar bilgiye sahip olursak olalım bilmediğimiz bir şeyler olacaktır. Devamlı yeni bilgilere ulaşabiliriz. Hiçbir zaman ulaştığımız bir bilginin son olduğunu söyleyemeyiz. Sonsuzlukla böyledir hiçbir zaman son bulmayacaktır.” (MAÖ_20)

“Sonsuzluk Allah gibidir, çünkü ucu bucağı yoktur. Bir sonu olacağı düşünülemez.” (MÖA_3)

“Sonsuzluk istek ve ihtiyaçlarımız gibidir, çünkü hiç gitmezler. Sürekli ve yeni ve farklı şeylere ihtiyaç duyarız. ... Elimizdekileri ile yetinmek yerine hep daha fazlasını isteriz sürekli isteriz yine isteriz ve bir daha isteriz. Böyle gelmiş ve böyle gidecek gibi sonsuza kadar isteriz daha fazlasını daha iyisini daha güzelini” (SÖA_41)

“Sonsuzluk umut gibidir, çünkü her şey bitti dese de insan, hep bir umut vardır. Hep bir belki vardır. İnsanın her zaman kendine ve hayata dair bir umutu vardır ve umut sonsuzdur, tıpkı bir çocuğun hayal gücü gibi, bitmez.” (SÖA_12)

Duygusal sonsuzluk kategorisinde ortaokul öğrencilerinin ürettikleri metaforların sınıf düzeylerine göre dağılımları aşağıdaki Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Ortaokul Öğrencilerinin Duygusal Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforlarının Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Kategori	Metaforik imge	5. sınıf	6. sınıf	7. sınıf	8. sınıf
Duygusal-manevi Sonsuzluk	Sevgi	1	6	4	9
	Hayal/umut	-	1	1	-
	Bilgi	-	1	2	2
	İlah	-	-	-	1
	İstek/ihtiyaç	-	-	2	-
	Ahiret	1	1	-	1
	Duygu/düşünce	-	-	2	1
	Ölümsüz	-	2	-	1
	Cennet/cehennem	1	1	-	-
	Ruh	-	1	-	1
	Zaman	-	-	1	-
	Öğrenmek	-	-	1	-
	Kin	-	-	1	-
	Merak	-	-	1	-
	Toplam	3	13	15	16

Tablo 6’da 5. sınıflar diğer sınıf düzeylerine göre duygusal sonsuzluk kategorisinde geçerli metafor üretmekte zorlandıkları görülmektedir. 5. sınıflardan üç öğrenci sonsuzluk kavramını sevgi, istek/ihtiyaç ve cennet/cehennem metaforlarıyla açıklamışlardır. 6, 7 ve 8. sınıflar bu kategoride daha çok sevgi metaforik imgesini kullanmışlardır. Bu üç sınıf düzeyinde öğrenciler tarafından yakın sayıda geçerli metafor üretebilmişler ve belirli metaforik imgeleri tercih etmişlerdir. Öğrencilerin bu kategoride vermiş oldukları örnek cevaplar şu şekildedir:

“Sonsuzluk bilgi gibidir, çünkü bilginin sınırı yoktur.”(OÖ7_9)

“Sonsuzluk sevgi gibidir, çünkü sevgi hiç bitmeyecek bir şeydir.” (OÖ7_23)

“Sonsuzluk anne sevgisi gibidir çünkü anne sevgisiyle her zaman yanımızda olur. Sonsuzluk hiç bitmeyen bir şey, annelerin sevgisi de bitmeyecek bir şey. Anne sevgisini her zaman hissederiz. Anneler de sonsuza kadar yanımızda olur.” (OÖ8_13)

“Sonsuzluk sevgi gibidir, çünkü sevginin sınırı ve sonu yoktur.” (OÖ8_11)

“Sonsuzluk cennet gibidir, çünkü cennetin bir sonu olmadığı gibi sonsuzluğun da bir sonu yoktur sonsuzluk çok güzeldir.” (OÖ5_3)

Fiziksel sonsuzluk kategorisinde öğretmen adaylarının ürettikleri metaforik imgeler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Öğretmen Adaylarının Fiziksel Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforik İmgelerinin Bölümlerine Göre Dağılımı

Kategori	Metaforik imge	SÖA	MÖA
Fiziksel Sonsuzluk	Uzay	10	6
	Evren/kâinat	5	3
	Bitmeyen yol	-	1
	Gökyüzü	4	2
	Karadelik	-	1
	Okyanus	1	2
	Hava	-	1
	Deniz	1	-
	Hayat/yaşam	1	-
	Dünyanın eksen	-	1
	Sürekli akan su	-	1
	Orman	1	-
	Girdap	-	1
	Toplam	23	19

Tablo 7 incelendiğinde sınıf öğretmeni adaylarının matematik öğretmen adaylarına göre sonsuzluk kavramına yönelik fiziksel sonsuzluk kategorisinde daha fazla geçerli metafor ürettikleri görülmektedir. Sınıf öğretmeni adayları bu kategoride uzay ve evren/kâinat metaforik imgelerini daha fazla tercih etmişlerdir. Benzer şekilde matematik öğretmen adayları da bu iki imgeyi daha fazla kullanmışlardır. Öğretmen adaylarının bu kategoride vermiş oldukları örnek cevaplar şu şekildedir:

“Sonsuzluk gökyüzü gibidir, çünkü ne başladığı yer bellidir ne de bittiği yer. Gökyüzünün bir sonu yoktur. Durduğu bittiği bir yer yoktur. Sonsuzluğun da öyle. Gökyüzüne baktığımızda diğer ucunu göremezsin çünkü bir ucu yoktur.” (SÖA_25)

Sonsuzluk uzay gibidir, çünkü başlangıcı sonu belirsizdir. Genişlemeye de her an devam ettiğinden sonsuzluk kavramıyla açıklanabilir. Sonsuza dek uzanmaktadır.” (SÖA_19)

“Sonsuzluk evren gibidir, çünkü sonsuzluğun nasıl ucu bucağı yoksa evrenin de ucu bucağı yoktur. Sonsuzluk nasıl her yeri kapsıyorsa evren de öyle bütün galaksileri yıldızları gezegenleri içine alır.” (SÖA_15)

“Sonsuzluk bir girdap gibidir, çünkü ucu bucağı olmayan asla nereye gittiğini tahmin edemeyiz. Öğrenmek istesek bile yaşamımızın yetmeyeceği bir şeydir. O yüzden girdap ve sonsuzluk bence birbirine benzer, hiçbir zaman en uç noktasını öğrenemeyeceğiz bu nedenle de birbirine benzeyen iki olaydır.” (MÖA_7)

“Sonsuzluk okyanus gibidir, çünkü bir okyanusa gözümüzle baktığımızda onun bittiği yeri göremeyiz. Okyanustan bir bardak veya bir kova su aldığımızda eksilmiş olmaz. Bizim algılayamadığımız kadar çoktur.” (MÖA_35)

Fiziksel sonsuzluk kategorisinde ortaokul öğrencilerinin ürettikleri metaforların dağılımı Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Ortaokul Öğrencilerinin Fiziksel Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforik İmgelerinin Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Kategori	Metaforik imge	5. sınıf	6. sınıf	7. sınıf	8. sınıf
Fiziksel Sonsuzluk	Uzay	-	6	2	1
	Evren/kâinat	-	3	1	1
	Bitmeyen yol	-	3	1	3
	Karadelik	1	1	1	-
	Hava	-	-	-	2
	Deniz	-	-	-	2
	Hayat/yaşam	-	-	1	-
	Nehir	-	1	-	-
	Çöl	-	-	1	-

Su döngüsü	-	-	1	-
Toplam	1	14	8	9

Tablo 8’de ortaokul öğrencilerinin sınıf düzeylerine göre ifade etikleri metaforik imgelerinin değişiklik gösterdiği görülmektedir. Fiziksel sonsuzluk kategorisinde 5. sınıf düzeyinde sadece bir öğrenci karadelik imgesini kullanarak geçerli metafor ifade etmiştir. Bu kategoride en fazla 6. sınıflar geçerli metafor üretmişlerdir. 6. Sınıf düzeyinde öğrenciler daha çok uzay, evren/kainat ve bitmeyen yol imgeleriyle geçerli metaforlar geliştirmişlerdir. 7. ve 8. sınıflar ise birbirine yakın sayıda metafor geliştirmişlerdir. Bu sınıf düzeylerinde öğrenciler genellikle uzay, bitmeyen yol, hava ve deniz imgelerini tercih etmişlerdir. Öğrencilerin bu kategoride vermiş oldukları örnek cevaplar şu şekildedir:

“Sonsuzluk bitmeyen yol gibidir, çünkü o yolda ne kadar gidersek gidelim bir sonu yoktur. Sonsuzlukta sonu olmayan bir varlıktır.” (OÖ6_15)

“Sonsuzluk uzay gibidir, çünkü sonsuzluğun sonu yoktur ve sınırsızdır. Uzayında bir sonu yoktur ve o da sınırsızdır.” (OÖ6_26)

“Sonsuzluk kara delik gibidir, çünkü sonsuzluk gibi kara deliğinde sonu yoktur.” (OÖ5_6)

“Sonsuzluk hava gibidir, çünkü hava hiç bitmeyeceği gibi sonsuzlukta hiç bitmez.” (OÖ8_1)

“Sonsuzluk bir çöl gibidir çünkü çöl asla git git bitmeyen neredeyse sonu gelmeyen bir yerdir işte sonsuzluk böyle bir şeydir. Sonsuzluğun da Hiçbir zaman sonu gelmez.” (OÖ7_14)

Matematiksel sonsuzluk kategorisinde öğretmen adaylarının ürettikleri metaforik imgeler Tablo 9’da verilmiştir.

119

Tablo 9. Öğretmen Adaylarının Matematiksel Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforik İmgelerinin Bölümlerine Göre Dağılımı

Kategori	Metaforik imge	SÖA	MÖA
Matematiksel Sonsuzluk	Sayılar	-	1
	Işın	-	-
	Sonu olmayan çizgi	-	-
	Doğru	-	-
	Pi sayısı	-	-
	Toplam	-	1

Tablo 9’da öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramını matematiksel sonsuzluk kategorisinde sadece sayılar imgesiyle açıkladıkları görülmektedir. Bu kategoride sadece bir matematik öğretmen adayının geçerli metafor üretmiş olması dikkat çeken bir bulgu olarak ortaya çıkmıştır. Bir öğretmen adayının bu kategoride vermiş olduğu cevap şu şekildedir:

“Sonsuzluk sayılar gibidir çünkü sayıları saymaya başlarsak bir sona varamayız sonsuzlukla bunun gibidir bir başlama noktası var ama bitiş noktası yok.” (MÖA_6)

Matematiksel sonsuzluk kategorisinde ortaokul öğrencilerinin ürettikleri metaforların dağılımı Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Ortaokul Öğrencilerinin Matematiksel Sonsuzluk Kategorisindeki Metaforik İmgelerinin Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Kategori	Metafor	5. sınıf	6. sınıf	7. sınıf	8. sınıf
Matematiksel Sonsuzluk	Sayılar	-	8	1	3
	Işın	2	-	-	-
	Sonu olmayan çizgi	1	-	-	-
	Doğru	-	1	-	-
	Pi sayısı	-	-	-	1
	Toplam	3	9	1	4

Tablo 10 incelendiğinde ortaokul öğrencilerin matematiksel sonsuzluk kategorisinde diğer kategorilere göre daha az metafor ürettikleri görülmektedir. 6. Sınıf düzeyinde daha fazla geçerli metafor geliştirilmiştir. Ortaokul öğrencileri genellikle sayılar ve ışın imgelerini tercih etmişlerdir. Öğrencilerin bu kategoride vermiş oldukları örnek cevaplar şu şekildedir:

“Sonsuzluk sayılar gibidir, çünkü sayıların bir son sonu yoktur. Sayılar sonsuza kadar gider, sonsuzluğun da bir sonu yoktur.” (OÖ8_10)

“Sonsuzluk doğru gibidir, çünkü geometri deki doğrunun ucu bucağı olmadığı gibi sonsuzun da ucu bucağı yoktur.” (OÖ6_9)

“Sonsuzluk pi sayısı gibidir, çünkü pi sayısı sonsuza kadar devam eder. Ne zaman nerede biteceği belli değildir. Sonsuzlukta sonsuza dek devam eder, ne zaman biteceği belli değildir.” (OÖ8_4)

Hem öğretmen adaylarının hem de ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramına yönelik ürettikleri geçerli metaforların cinsiyet, bölüm ve sınıf düzeylerine göre dağılımı Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11. Geçerli Metaforların Cinsiyet, Bölüm ve Sınıf Düzeylerine Göre Dağılımı

Kategoriler	Öğretmen adayları		Ortaokul öğrencileri		Öğretmen adaylarının bölümleri		Ortaokul öğrencilerinin sınıf düzeyi			
	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	MÖA	SÖA	5.sınıf	6. sınıf	7. sınıf	8. sınıf

Duygusal /Manevi Sonsuzluk	40	9	30	17	20	29	3	13	15	16
Fiziksel Sonsuzluk	36	6	14	18	19	23	1	14	8	9
Matemati ksel Sonsuzluk	1	-	9	8	1	-	3	9	1	4

Tablo 11'deki verilere göre öğretmen adaylarının %69,17'si geçerli metafor ifade etmişlerdir. Kadın öğretmen adaylarının %74,75'i geçerli metafor üretirken erkek öğretmen adaylarının %50'si geçerli metafor üretmişlerdir. Sınıf öğretmen adaylarının %67,53'ü geçerli metafor üretirken matematik öğretmen adaylarının %71,42'si geçerli metafor geliştirmişlerdir. İlköğretim matematik öğretmenliği 1. sınıf öğrencilerinin %60 geçerli metafor üretirken İlköğretim matematik öğretmenliği 2. sınıf öğrencilerinin %80,64'ü geçerli metafor üretmişlerdir.

Ortaokul öğrencilerinin %34,28'si geçerli metafor ifade etmişlerdir. Kadın ortaokul öğrencilerinin %31,72'si'i geçerli metafor üretirken erkek ortaokul öğrencilerinin %28'si geçerli metafor üretmişlerdir. 5. sınıf öğrencilerinin %15,87'si, 6. sınıf öğrencilerinin %43,90'nı, 7. sınıf öğrencilerinin %26,43'ü ve 8. sınıf öğrencilerinin %34,93'ü geçerli metafor üretmişlerdir.

Tartışma, Sonuç Ve Öneriler

Bu çalışmada öğretmen adayları ile öğrencilerin sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algıları incelenmiştir. 488 katılımcıdan elde edilen veriler, kavramsal metafor teorisinin kuramsal çerçevesi doğrultusunda incelenmiştir. Katılımcıların yazılı ifadeleri, hedef alan, kaynak alan ve bu iki alan arasındaki ilişki bağlamında detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ancak, metaforik bir ilişki kurulmadan yalnızca sonsuzluk kavramını açıklayan cevaplar, kaynak alanın belirtilmesine rağmen hedef alan ile kaynak alan arasında bir ilişki kuramayan cevaplar ve hedef alan ile kaynak alan arasında ilişki kurmasına rağmen sonsuzluk kavramının anlaşılmasına anlamlı bir katkı sağlamayan cevaplar analiz sürecinin ikinci aşamasına dahil edilmemiştir. Bu aşamada, toplam 260 cevap değerlendirme dışında bırakılmıştır. Bu aşamada toplam 260 cevabın değerlendirme dışında bırakılması, çalışmanın sonuçları açısından dikkat çekici bir bulgu olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, katılımcıların önemli bir kısmının sonsuzluk kavramına yönelik metaforik düşünme sürecinde zorluk yaşadığını göstermektedir. Bununla birlikte, analiz edilen 188 form, katılımcıların sonsuzluk kavramına ilişkin çeşitli metaforik algılarını ortaya koymuş ve bu bağlamda çalışmanın hedefleri doğrultusunda anlamlı bir veri seti sunmuştur.

Sınıf öğretmeni adaylarının %67,7'sinin (52/77) cevapları analiz edilmiş ve bu doğrultuda metaforik algıları tespit edilmiştir. Bu bulgu, sınıf öğretmeni adaylarının metaforik algılarını ifade etme becerilerinin genel olarak iyi olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, analiz edilemeyen cevapların oranının %32,3 (25/77) düzeyinde olması, sınıf öğretmeni adaylarının bir kısmının sonsuzluk kavramına ilişkin düşüncelerini metaforik bir çerçevede ifade etmede güçlük yaşadıklarına işaret etmektedir. Kadın sınıf öğretmeni adaylarının cevaplarının

%71,9'unun (41/57) analiz edilebilmesine karşın, erkek sınıf öğretmeni adaylarında bu oranın %55 (11/20) düzeyinde kalması, cinsiyetler arasındaki bir farka işaret etmektedir. Bu bulgu, kadın katılımcıların sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etme konusunda erkek katılımcılara kıyasla daha başarılı olduklarını düşündürmektedir.

Matematik öğretmeni adaylarının %72'sinin (40/56) cevapları analiz edilerek metaforik algıları tespit edilmiştir. Bu bulgu, matematik öğretmeni adaylarının sonsuzluk kavramlarıyla ilgili düşüncelerini metaforik olarak ifade etme becerilerinin iyi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, analiz edilemeyen cevapların oranının %28 (16/56) düzeyinde olması, matematik öğretmeni adaylarının bir kısmının sonsuzluk kavramına ilişkin düşüncelerini metaforik bir çerçevede ifade etmede güçlük yaşadıklarına göstermektedir. Kadın matematik öğretmeni adaylarının %78,3'ünün (36/46) cevapları metaforik anlamda değerlendirilirken, erkek matematik öğretmeni adaylarının %40'ının (4/10) cevapları analiz edilmiştir. Bu bulgu, matematik öğretmeni adayları arasında da kadın katılımcıların sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etme konusunda erkek katılımcılara kıyasla daha başarılı olduklarını göstermektedir.

Ortaokul öğrencilerinin cevapları, sınıf düzeyi arttıkça daha kabul edilebilir hale gelmektedir. 5. sınıf öğrencilerinin yalnızca %11,3'ü (7/63) analiz edilebilir cevap verirken, bu oran 8. sınıfta %35'e (29/83) kadar çıkmaktadır. Bu bulgu, sonsuzluk kavramının metaforik olarak ifade edilme becerisinin yaşla ve eğitim düzeyiyle birlikte geliştiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, analiz dışı bırakılan cevapların çok yüksek oranlarda olması, bu yaş grubundaki öğrencilerin sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etmede zorlandığını ortaya koymaktadır. Ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etme becerilerinde cinsiyet ve sınıf düzeyine bağlı farklılıklar gözlemlenmiştir. 5. sınıf düzeyinde, kadın öğrencilerin analiz edilebilir cevap verme oranı %14,7 (5/34), erkek öğrencilerin ise %6,9 (2/29) olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her iki grup için de bu oranların oldukça düşük olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, 5. sınıf öğrencilerinin soyut bir kavram olan sonsuzluğu metaforik bir çerçevede ifade etme konusunda genel olarak zorluk yaşadıklarını göstermektedir. Ayrıca, kadın öğrencilerin erkeklere kıyasla bu alanda daha başarılı olduğu görülmektedir. 8. sınıfta ise kadın öğrencilerin analiz oranı %35,7 (15/42), erkeklerin oranı %34,1 (14/41) olmuştur. Genel olarak, yaş ve sınıf düzeyi yükseldikçe hem kadın hem de erkek öğrencilerin sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etme becerilerinin geliştiği gözlenmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bu bulgular, katılımcıların sonsuzluk kavramını metaforik olarak ifade etme durumlarının yaş, cinsiyet ve eğitim düzeyine göre farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle ortaokul öğrencilerinde sınıf düzeyi arttıkça metaforik ifadelerin kabul edilebilir hale gelmektedir. Öğretmen adayları açısından değerlendirildiğinde ise hem sınıf öğretmeni hem de matematik öğretmeni adaylarının büyük çoğunluğunun metaforik ifadeleri geçerli bulunmuştur. Ancak analiz dışı bırakılan cevapların oranının hem öğrenciler (%30,5; 96/315) hem de öğretmen adayları (%30,8; 41/133) için dikkat çekici bir düzeyde olması, sonsuzluk gibi soyut bir kavramın metaforik olarak ifade edilmesinde katılımcıların belirgin zorluklar yaşadığını ortaya koymaktadır.

Lakoff ve Johnson (1980), soyut kavramların genellikle fiziksel deneyimlerden türetilen metaforlarla anlamlandırıldığını belirtmiştir. Ancak, soyut bir kavram olan sonsuzluk, fiziksel deneyimlerle doğrudan ilişkilendirilemediğinden, ortaokul öğrencileri bu kavramı somut bir çerçeveye oturtmakta zorlanmıştır. Bu yaş grubundaki bireylerin kavramsal şemalarının gelişimi henüz tamamlanmamış olduğundan, sonsuzluk kavramını anlamlandırma süreçleri sınırlı kalabilmektedir (Lakoff ve Johnson, 1980; Aztekin, 2008). Kövecses (2010), metaforların daha bilindik ve somut bir alanın soyut bir alanla eşleştirilmesi yoluyla anlam kazandığını vurgular. Ancak ortaokul öğrencileri, soyut bir kavram olan sonsuzluk için uygun

bir kaynak alan belirlemede zorlanmışlardır. Sonsuzluk, doğrudan deneyimlenemeyen bir kavram olduğu için öğrencilerin bu kavramı fiziksel dünyadan bir metaforik şemaya bağlayamaması, ifade güçlüklerine yol açtığı düşünülmektedir. Metaforların bireylerin kültürel ve kişisel deneyimlerinden beslendiği bilinmektedir (Lakoff ve Johnson, 1980). Ortaokul öğrencilerinin, soyut bir kavram olan sonsuzlukla ilgili bireysel ya da kültürel birikimlerinin sınırlı olması, onların bu kavramı metaforik olarak ifade etmelerini zorlaştırdığı düşünülmektedir. Örneğin, günlük yaşamda sonsuzlukla ilgili bir deneyime sahip olmayan öğrenciler, bu kavramı anlamlandıracak bir bağlam oluşturmada başarısız olması olağan bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır (Habacı ve Çetin, 2023). Katılımcıların özellikle ortaokul düzeyinde metafor kullanmada zorlanmasının temel nedenleri arasında, sonsuzluk kavramına ilişkin kavrayışlarının sınırlı olması, metaforik düşünceye yeterince maruz kalmamaları ve metafor oluşturmaya destekleyecek imge şemalarının yetersizliği bulunduğu söylenebilir. Bu durum, sonsuzluk kavramının anlamlandırılmasında gerekli olan bilişsel ve deneyimsel altyapının bu yaş grubunda henüz tam olarak gelişmediğine işaret etmektedir. Ayrıca bu çalışmada analiz dışında bırakılan %55,6'lık (260 katılımcı) oran, dikkat çekici bir bulgu olarak ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Bozkurt ve arkadaşlarının ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavrayışlarını incelediği çalışmalarında da sınıflandırılmayan %31'lik bir yanıt oranının bulunduğu rapor edilmiştir. Bu durum, özellikle ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramını anlamlandırmada çeşitli zorluklar yaşadıklarını ve bu kavrama ilişkin soyut düşünme becerilerinin henüz yeterince gelişmemiş olabileceğini göstermektedir.

Bulgular, katılımcıların sonsuzluk kavramını farklı metaforik imgelerle ilişkilendirdiğini göstermektedir. Katılımcıların %51'si duygusal-manevi sonsuzluk kategorisinde metaforik imgeler geliştirmiştir. Bu kategori, sevgi, hayal ve bilgi gibi soyut imgelerle temsil edilmektedir. Bu bulgu, katılımcıların sonsuzluk kavramını duygusal ve manevi deneyimleriyle ilişkilendirme eğiliminde olduklarını göstermektedir. Fiziksel sonsuzluk kategorisi ise %39,4 oranıyla ikinci sırada yer almıştır. Bu grupta geliştirilen metaforik imgeler, uzay ve evren gibi çevresel unsurlardır. Katılımcıların bu imgeler aracılığıyla sonsuzluk kavramını fiziksel dünyaya dayalı bir çerçevede anlamlandırdığı görülmektedir. Matematiksel sonsuzluk kategorisi, %9,6 ile en düşük temsil oranına sahiptir. Bu kategoride geliştirilen metaforik imgeler sayılar, ışın ve sonu olmayan çizgi gibi matematiksel kavramlarla sınırlı kalmıştır. Bu araştırma ile Bozkuş, Toluk-Uçar ve Çetin'in (2015) çalışması arasında dikkat çekici benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır. Söz konusu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavrayışları analiz edilerek bulgular aynı kategoriler altında sınıflandırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, *fiziksel sonsuzluk* kategorisi %25 ile en yüksek orana sahip olduğu görülmektedir. *Matematiksel sonsuzluk* kategorisi %24 oranıyla ikinci sırada yer alırken, *duygusal-manevi sonsuzluk* kategorisi ise %20 ile en düşük orana sahiptir. Bu iki araştırma arasındaki belirgin fark, duygusal-manevi sonsuzluğun Bozkuş ve ark. (2015) çalışmasında en düşük kategoriye oluştururken, bu çalışmada en yüksek kategori olarak ortaya çıkmasıdır. Fiziksel sonsuzluğun Bozkuş ve ark. (2015) çalışmasında birinci sırada yer alması, öğrencilerin sonsuzluk algılarında çevresel unsurların önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Bozkuş ve ark. (2015) çalışmasında katılımcı grubunun yalnızca ortaokul öğrencilerinden oluşması, bu yaş grubunda soyut düşünme becerilerinin henüz tam olarak gelişmemiş olması ve öğrencilerin fiziksel çevreye dair somut gözlemlere daha fazla odaklanma eğiliminde olmalarıyla ilişkilendirilebilir. Buna karşın, bu çalışmada yer alan katılımcı grubunun daha geniş bir yaş aralığını ve özellikle öğretmen adaylarını da içermesi, duygusal algıların daha baskın bir şekilde ortaya çıkmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca veri toplama öncesinde tüm katılımcılara duygusal temalı öğretmen-bahçıvan metaforu örneğinin sunulmuş olması, katılımcıları benzer biçimde duygusal-manevi imgeler üretmeye yönlendirmiş olabilir. Bu durum, duygusal-manevi sonsuzluk kategorisinin yüksek oranda temsil edilmesini kısmen açıklayabilir. Bu etki, bulguların yorumlanmasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Diğer taraftan Habacı ve Çetin'in (2023) lise öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin geliştirdikleri metaforlar üzerine yaptıkları çalışmada, metafizik kavramlar (%29,33) ve duygular (%22,67) kategorilerinin baskın olduğu görülmektedir. Metafizik kavramlar içerisinde ruh, ölüm, ahiret ve zaman gibi soyut ve manevi unsurlar yer alırken; duygular kategorisinde sevgi, mutluluk, aşk ve özgürlük gibi insan deneyimlerine dayalı metaforlar öne çıkmıştır. Bu sonuçlar, lise öğrencilerinin soyut düşünme becerilerinin ve manevi kavramlarla ilişki kurma eğilimlerinin güçlü olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, bilinçli eylemler (%14,67), astrojik kavramlar (%10,67) ve doğa-çevre (%10,67) gibi kategorilerin yer alması, öğrencilerin farklı bağlamlarda sonsuzluk kavramını anlamlandırdığını ortaya koymaktadır. Habacı ve Çetin'in (2023) çalışması ile bu çalışmada duygusal-manevi unsurlar öne çıkmaktadır. Habacı ve Çetin'in (2023) çalışmasında metafizik kavramlar %29,33 oranıyla birinci sırada yer alırken, duygular kategorisi %22,67 ile ikinci sırada gelmiştir. Bu çalışmada ise duygusal-manevi sonsuzluk kategorisi %51 ile en yüksek oranı temsil etmektedir. Ancak, Habacı ve Çetin'in çalışmasında metafizik ve duygusal-manevi metaforların daha dengeli bir dağılım gösterdiği, bu çalışmada ise duygusal-manevi metaforların çok daha baskın olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklılık, iki çalışmadaki katılımcı gruplarının yaş, sosyo-kültürel özellikler ve bilişsel düzeylerindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Fiziksel sonsuzluk kategorisi açısından karşılaştırıldığında, Habacı ve Çetin'in çalışmasında bu kategori doğa-çevre (%10,67) ve astrolojik kavramlar (%10,67) başlıkları altında daha alt sıralarda temsil edilmiştir. Buna karşılık, bu çalışmada fiziksel sonsuzluk kategorisi %39,4 oranıyla ikinci sırada yer almış ve çevresel ve bilimsel unsurlarla güçlü bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Bu durum, bu araştırmanın katılımcılarının sonsuzluk kavramını fiziksel dünya üzerinden anlamlandırma eğiliminin daha güçlü olduğunu göstermektedir. Lise öğrencilerinin daha çok metafizik ve duygusal metaforlara odaklanması, onların soyut düşünceye daha fazla yönelmesiyle açıklanabilir. Matematiksel sonsuzluk kategorisi her iki çalışmada da en düşük temsil oranına sahiptir. Habacı ve Çetin'in (2023) çalışmasında matematik kategorisi %4 oranında temsil edilirken, bu çalışmada bu oran %9,6'dır. Bu sonuç, öğrencilerin matematiksel kavramlarla sonsuzluğu ilişkilendirmeyi tercih etmemelerinin dikkat çekici bir göstergesidir. Bu durumu açıklarken hem sonsuzluk kavramının hem de matematiksel kavramların soyut yapısının önemli bir rol oynadığını belirtmek gerekir. Matematiksel kavramlar genellikle somutlaştırılması zor ve soyut bir düşünce düzeyi gerektirirken, sonsuzluk kavramı da aynı şekilde algılanması ve açıklanması güç bir yapıdadır. Öğrencilerin bilişsel ve gelişimsel düzeyleri, bu iki soyut yapıyı birbiriyle ilişkilendirme kapasitelerini sınırlayabilir. Özellikle soyut düşünme becerilerinin henüz tam olarak gelişmediği öğrenim düzeylerinde, bu tür kavramları anlamlandırmak ve bir arada değerlendirmek daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin sonsuzluk kavramını matematiksel bağlamda ifade etmekte zorlanmalarını, bu soyutluk düzeyi ve gelişimsel faktörlerle ilişkilendirmek mümkündür.

Ortaokul öğrencilerinin metafor kullanımında cinsiyetlere göre belirgin eğilimler gözlemlenmiştir. Kadın öğrenciler, duygusal ve manevi temalı metaforlara daha fazla yönelirken erkek öğrenciler fiziksel sonsuzluk temalı metaforları daha sık kullanmıştır. Matematiksel sonsuzluk temalı metaforlarda ise cinsiyetler arasında dengeli bir dağılım olduğu görülmektedir (9 kadın, 8 erkek). Bu veriler, kadın öğrencilerin soyut ve duygu temelli kavramlara, erkek öğrencilerin ise fiziksel temalara daha fazla eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ortaokul öğrencilerinin sınıf bazlı metafor kullanımına dair genel bir değerlendirme yapıldığında, sınıf düzeylerinin metaforik düşünce süreçleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Daha alt sınıflarda (5. ve 6. sınıf), metafor kullanımı genellikle daha sınırlı ve somut temalar üzerinde yoğunlaşırken, üst sınıflarda (7. ve 8. sınıf) daha çeşitli ve soyut kavramların ifade edildiği dikkat çekmektedir. Genel olarak, sınıf düzeyine göre metafor kullanımındaki bu değişimler, öğrencilerin bilişsel ve duygusal gelişimlerinin farklı aşamalarını yansıtmakta ve yaş ilerledikçe soyut düşünceye yönelimin arttığını göstermektedir. Öğretmen

adayları ise cinsiyet bazlı kıyaslandığında, kadın ve erkek öğretmen adayları kendi grupları içinde benzer eğilimler göstermektedir. Kadınlar arasında duygusal/manevi ve fiziksel sonsuzluk kategorilerinde güçlü bir temsil olduğu, ancak matematiksel sonsuzluk kategorisinde çok düşük bir oran görüldüğü dikkat çekmektedir. Erkekler de duygusal-manevi sonsuzluk ve fiziksel sonsuzluk kategorilerini daha fazla bir tercih etmiş, ancak matematiksel sonsuzluk kategorisinden herhangi bir imge tercih etmemişlerdir. Öğretmen adayları bölüm bazlı kıyaslandığında sınıf öğretmeni Adayları, duygusal-manevi ve fiziksel sonsuzluk kategorilerinde daha yoğun metaforlar geliştirirken, matematiksel sonsuzluk kategorisinde hiçbir metafor üretmemiştir. Matematik öğretmeni adayları ise duygusal-manevi ve fiziksel sonsuzluk kategorilerde dengeli bir dağılım sergilemiş, ancak matematiksel sonsuzluk kategorisinde sadece bir metafor üretebilmiştir. Ortaokul öğrencileri ile öğretmen adaylarının sonsuzluk kavramına ilişkin metafor kullanım eğilimleri karşılaştırıldığında, her iki grubun da duygusal-manevi ve fiziksel sonsuzluk kategorilerinde yoğun bir şekilde metaforlar geliştirdiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, matematiksel sonsuzluk kategorisi her iki grup tarafından daha az tercih edilmiştir. Ancak dikkat çekici bir fark olarak, ortaokul öğrencilerinin öğretmen adaylarına kıyasla sonsuzluk kavramını matematiksel kavramlarla ilişkilendirme konusunda daha fazla eğilim gösterdiği görülmüştür.

Sonsuzluğun tarihsel gelişiminde, potansiyel sonsuzluk genellikle daha kabul edilebilir bulunurken, fiili sonsuzluğun benimsenmesinde zorluklar yaşanmıştır. Aristoteles, potansiyel sonsuzluğu sürekli bir süreç olarak tanımlamış ve fiili sonsuzluğu zihnin kavrayamayacağı gerekçesiyle reddetmiştir (Aztekin, 2008; Bozkuş, 2014). Cantor'un kardinal ve ordinal sayı teorileri, fiili sonsuzluğu matematiğe dahil etse de, bu kavram başlangıçta şüpheyle karşılanmıştır (Aztekin, 2008). Potansiyel sonsuzluk, dinamik ve sezgisel bir süreç olarak anlaşılırken, fiili sonsuzluk daha soyut ve kavranması güç bir yapı olarak değerlendirilmiştir (Bozkuş, 2014; Aztekin, 2008). Elde edilen bulgular, katılımcıların sonsuzluk kavramını duygusal-manevi sonsuzluk, fiziksel sonsuzluk ve matematiksel sonsuzluk kategorilerine ait metaforlar aracılığıyla ele alırken, bu kavrayışlarının potansiyel sonsuzluk perspektifinde şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu üç kategoride yer alan metaforların ortak özelliği, bir sürecin devamlılığına veya bir şeyin sınırlarının ötesine geçme potansiyeline işaret etmeleridir. Ancak bu metaforlar, fiili bir bütünlük veya tamamlanmışlık algısından yoksundur. Örneğin, sevgi, bilgi, uzay gibi metaforlar, genellikle bir sınırın sürekli genişlemesi, bir potansiyelin gerçekleşmeye devam etmesi ya da bir sürecin devamlılığı ile ilişkilendirilmekte, bu nedenle fiili sonsuzluk kavramının soyut doğasından uzak bir anlayışı yansıtmaktadır. Bu durum, tarihsel süreçte fiili sonsuzluğun anlaşılmasında yaşanan güçlüklerle paralellik göstermektedir. Aristoteles, sonsuzluğu potansiyel ve fiili olarak ikiye ayırmış ve potansiyel sonsuzluğu dinamik ve sürekli ilerleyen bir süreç olarak tanımlarken, fiili sonsuzluğu zihnin kavrayamayacağı tamamlanmış bir yapı olarak reddetmiştir. Katılımcıların sonsuzluğu metaforik olarak daha çok potansiyel bir süreç üzerinden açıklamaları, Aristoteles'in bu tarihsel yaklaşımı ile örtüşmektedir. Matematiksel sonsuzluk anlayışının, Cantor'un kardinal ve ordinal sayı teorileri ile sistematik bir yapı kazanmasına kadar genellikle potansiyel bir süreç olarak ele alınmış olması, katılımcıların bu soyut kavramı kavramsallaştırma güçlüklerini anlamamıza ışık tutmaktadır.

Öneriler

Çalışmanın bulguları hem öğretmen adaylarının hem de ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin geliştirdikleri metaforik algıların, kavramın doğasını yansıtmada yeterli derinlikte olmadığını ortaya koymuştur. Katılımcıların önemli bir kısmı ya anlamlı bir metaforik ilişki kuramamış ya da yüzeysel ve kavramsal katkı sunmayan benzetmelerle ifade üretmiştir. Bu durum, soyut ve karmaşık yapıda olan sonsuzluk kavramının öğrenilmesinde bilişsel zorluklar yaşandığını ve öğretim sürecinde bu kavramın yeterince yapılandırılmadığını

göstermektedir. Bu doğrultuda, sonsuzluk kavramının uygun yaş ve öğrenim düzeyinde, öğretim programına bağımsız bir konu olarak dâhil edilmesi ve bu süreci destekleyecek öğretim materyallerinin geliştirilmesi yararlı olabilir. Lakoff ve Johnson’ın (1980) kavramsal metafor teorisine dayanan bulgular, metaforun yalnızca dilsel bir araç olmadığını, aynı zamanda kavramsal bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Metafor, bireylerin soyut bir kavramı daha somut ve anlaşılır hale getirmelerine yardımcı olurken, aynı zamanda zihinsel kavrayışın bir göstergesi olarak da işlev görmektedir. Bu bağlamda, öğretmenler, soyut matematik kavramlarını somutlaştırmak ve öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırmak için metaforik ifadelerden faydalanmaları önerilmektedir.

Bu çalışma doğrultusunda, sonsuzluk kavramına yönelik gelecekte araştırma yapmayı planlayan araştırmacılar için çeşitli öneriler sunulabilir. İlk olarak, araştırmaların yalnızca ortaokul öğrencileri ve öğretmen adayları gibi belirli gruplarla sınırlı kalmaması; farklı yaş grupları ve meslek gruplarını da kapsamaları önemlidir. Örneğin, lise öğrencileri, farklı branşlardan öğretmenler ve akademisyenler üzerinde yapılacak çalışmalar, sonsuzluk kavramının metaforik algılarının yaş, eğitim düzeyi ve disiplin bağlamında nasıl değiştiğini anlamaya katkı sağlayabilir. Sonsuzluk kavramına ilişkin metaforik algıların incelenmesi, sadece matematik eğitimi çerçevesiyle sınırlı tutulmamalıdır. Bunun yerine, felsefe, psikoloji ve dilbilim gibi disiplinler arası bir perspektif benimsenerek, kavramın bireylerin düşünsel ve duygusal süreçlerindeki yeri daha geniş bir çerçevede değerlendirilmelidir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan “Sonsuzluk ... gibidir çünkü ...” yapısının yanı sıra, açık uçlu sorular, yapılandırılmış görüşmeler ve odak grup çalışmaları gibi nitel veri toplama araçlarından faydalanılarak katılımcıların kavramsal anlayışları daha derinlemesine incelenebilir. Metaforlar aracılığıyla veri toplanmadan önce, katılımcılara farklı disiplinlerden örnekleri içeren kapsamlı bir metafor eğitimi sunulması hem kavramsal çeşitliliği artırabilir hem de metafor yapısına uygun olmayan yanıtların sayısını azaltarak veri analiz sürecini daha verimli hâle getirebilir. Sonsuzluk kavramına ilişkin algıların zaman içindeki gelişimini anlamak için boylamsal çalışmalar yürütülmesi önerilmektedir. Bu tür araştırmalar, bireylerin soyut kavramları anlamlandırma süreçlerinin dinamiklerini ortaya koyabilir. Son olarak, sonsuzluk kavramının öğretiminde metafor kullanımının öğretim sürecindeki etkilerini değerlendiren deneysel çalışmalar yapılması, bu alanın pedagojik uygulamalarını zenginleştirebilir ve öğretim yöntemlerinin etkinliğini artırabilir.

Kaynaklar

- Allen, G. D. (2017). How big is infinity? In G. D. Allen & A. Ross (Eds.), *Pedagogy and content in middle and high school mathematics* (pp. 13–15). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6351-137-7_4
- Arıkan, A., & Halicioğlu, S. (2012). *Soyut matematik*. Palme yayıncılık.
- Arrigo G., & D’Amore B. (2002). “Lo vedo ma non ci credo...”, seconda parte. Ancora su ostacoli epistemologici e didattici al processo di comprensione di alcuni teoremi di Georg Cantor. *La matematica e la sua didattica*. 1, 4-57.
- Aztekin, S. (2008). *Farklı yaş gruplarındaki öğrencilerde yapılanmış sonsuzluk kavramlarının araştırılması*. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aztekin, S., Arıkan, A., & Sriraman, B. (2010). The constructs of PhD students about infinity: An application of repertory grids. *The Mathematics Enthusiast*, 7(1), 149-174. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1180>

- Bozkuş, F. (2014). *Ortaokul öğrencilerinin sonsuzluk kavrayışları* (Yüksek lisans tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Bozkuş, F., Toluk Uçar, Z., & Çetin, İ. (2015). Ortaokul öğrencilerinin sonsuzluğu kavrayışları. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 6(3), 506-531. <https://doi.org/10.16949/turcomat.53890>
- Çelik, D., & Akşan, E. (2013). Matematik öğretmeni adaylarının sonsuzluk, belirsizlik ve tanımsızlık kavramlarına ilişkin anlamaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(1), 166-190. <https://doi.org/10.12973/nefmed158>
- Danesi, M. (2007). A conceptual metaphor framework for the teaching of mathematics. *Studies in philosophy and education*, 26, 225-236. <https://doi.org/10.1007/s11217-007-9035-5>
- Ergene, Ö. (2021). Öğretmen adayları gözünden sonsuzluk kavramı ve matematik dersi öğretim programı. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 123-151. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.998263>
- Erkuş, A. (2013). *Davranış bilimleri için bilimsel araştırma süreci* (4. baskı). Ankara: Seçkin.
- Genç, F. (2021). *Ortaöğretim öğretmenlerinin sonsuzluk algıları* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Habacı, Ş. D., & Çetin, İ. (2023). Lise öğrencilerinin sonsuzluk kavramına ilişkin metaforları. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(2), 1108-1161.
- Hannula, M. S., Pehkonen, E., Maijala, H., & Soro, R. (2006). Levels of students' understanding on infinity. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 4(2), 317-337. <https://doi.org/10.5485/TMCS.2006.0129>
- İşleyen, T. (2013). Ortaöğretim öğrencilerinin sonsuzluk algıları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(3), 1235-1252.
- Kattou, M., Michael, T., Kontoyianni, K., Christou, C., & Philippou, G. (2009). Teachers' perceptions about infinity: A process or an object? *Proceedings of CERME 6, January 28-February 1, 2009*, 1771-1773.
- Kövecses, Z. (2010). *Metaphor: A practical introduction* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2015). *Metaforlar: Hayat, anlam ve dil* (G. Y. Demir, Çev.). İstanbul: İthaki Yayınları.
- Larvor, B. P., Löwe, B., & Schlimm, D. (2015). History and philosophy of infinity. *Synthese*, 192(7), 2339-2344. <https://doi.org/10.1007/s11229-015-0857-3>
- Mamolo, A. ve Zazkis, R. (2008). Paradoxes as a window to infinity. *Research in Mathematics Education*, 10 (2), 167-182. <https://doi.org/10.1080/14794800802233696>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications
- Narlı, S., & Narlı, P. (2012). İlköğretim öğrencilerinin sonsuzluk fikrine sahip mi? *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33, 122-125.
- Nesin, A. (2007). *Matematik ve sonsuz* (1. baskı). İstanbul: Nesin Yayıncılık.

- Núñez, R. E. (2005). Creating mathematical infinities: Metaphor, blending, and the beauty of transfinite cardinals. *Journal of Pragmatics*, 37(10), 1717–1741. <https://doi.org/10.1016/J.PRAGMA.2004.09.013>
- Özmantar, M. F. (2008). Sonsuzluk kavramı: Tarihsel gelişimi, öğrenci zorlukları ve çözüm önerileri. In M. F. Özmantar, E. Bingölbali, & H. Akkoç (Eds.), *Matematiksel kavram yanılgıları ve çözüm önerileri* (pp. 151-180). Pegem Akademi.
- Saban, A. (2009). Öğretmen adaylarının öğrenci kavramına ilişkin sahip oldukları zihinsel imgeler. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 281–326.
- Sabery, G. A., Mohsini, M. N., & Dawran, M. (2024). An explanation to the concept of actual infinity and potential infinity through set theory and calculus. *Journal of Mathematics and Statistics Studies*, 5(1), 01–09. <https://doi.org/10.32996/jmss.2024.5.1.1>
- Sırmacı, N., & Gökkurt Özdemir, B. (2016). Matematik öğretmenlerinin sonsuzluk, belirsizlik ve tanımsızlık kavramlarına ilişkin öğretimsel açıklamaları. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(3), 788–806. <https://doi.org/10.14686/buefad.v5i3.5000201306>
- Tirosh, D. (1999). Finite and infinite sets: Definitions and intuitions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 30(3), 341–349. <https://doi.org/10.1080/002073999287879>
- Wikipedia. (2025). *Metaphor*. In *Wikipedia*. Retrieved January 13, 2025, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaphor>
- Yıldırım, A., Şimşek, H. (2011). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayınevi
- Yıldırım, K., & Keşan, C. (2017). Ortaokul öğrencilerinin üç nokta ve sonsuzluk kavramlarına ilişkin görüşleri. *Eğitim ve Bilim*, 42(191), 103-115.