



What Are the Misconceptions About Scientific Notation Of Very Large And Very Small Numbers?

Mihriban Hacısalihoğlu Karadeniz¹ , Yasemin Çalışkan²

¹ Giresun University, Faculty of Education, Giresun, Türkiye

² Ministry of National Education, Samsun, Türkiye

ABSTRACT

This study used a case study method following a qualitative methodology. The study aims to reveal the possible misconceptions of 8th grade students regarding the concept of scientific notation of very large and very small numbers. "Scientific Notation Misconceptions Diagnostic Test" was prepared by the researchers in accordance with the purpose of the study and applied to 40 students selected by random sampling among the 8th grade students in a secondary school in the Central Black Sea Region. Descriptive statistics method was used in the interpretation of the obtained data. The misconceptions of the students were interpreted by the researchers by determining the frequency values (f) according to their types. The misconceptions of the students were examined in the context of misconception types. As a result of the study, it was revealed that the students had misconceptions about "over-specification" at the most and "over-generalization" at the least. One of the important results obtained in the current study was that they could not express their answers in scientific notation because of the operational difficulties they experienced in expressing a number, which is preliminary learning of expressing very large and very small numbers with scientific notation, using different integer powers of 10.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 10.04.2023

Received in revised form: 23.06.2023

Accepted: 26.06.2023

Available online: 30.06.2023

Article Type: Research Article

Keywords: eighth grade students, misconception, scientific notation.

© 2023 IJESIM. All rights reserved

1. Introduction

In our daily life, the use of very large and very small numbers in fields is becoming widespread in areas such as cell divisions, interest calculations, accounting, computer architecture, base arithmetic, population growth and decline calculations, etc. There must be useful ways to represent these numbers. Among these ways, scientific notation is a good option (Van de Walle, Karp and Mr-Williams, 2021). Students are accustomed to dealing with natural numbers until secondary school. They may experience various difficulties in finding the square and cube of a natural number, and thus in understanding exponential expressions in 5th grade. Therefore, it is thought that the student who can correctly calculate the value of the exponential expressions can compare the given very large or very small number by expressing its scientific notation.

Within the scope of the study, "What are the misconceptions of 8th grade students about expressing and comparing very large and very small numbers with scientific notation?" question will be answered. In this context, answers will be sought to the sub-problems about the misconceptions about the three acquisitions in the curriculum related to the subject. In the study, it is aimed to determine the

² Corresponding author's address: Ministry of National Education, Samsun, Türkiye

e-mail: yasemin.calskan@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17278/ijesim.1280683>

misconceptions of 8th grade students about expressing and comparing very large and very small numbers with scientific notation.

2. Method

In this study, a case study following a qualitative methodology was used in line with the stated purpose. Case study, one of the qualitative research designs, was used because it was aimed to present it in a holistic, in-depth and flexible manner (Bogdan and Biklen, 2007; Çepni, 2021; Yin, 2009).

3. Findings

As a result of the analysis of the data, a total of 36 answers containing misconceptions were determined. Distribution of these according to misconception types; overgeneralization 1 (2.78%), overspecification 15 (41.67%), mistranslation 7 (19.44%), restricted perception 13 (36.11%).

The misconceptions obtained are as follows according to their types:

Misconceptions of the type of over generalization;

The number, whose analysis is given, is found by writing the coefficients of the numbers that are powers of 10 in order.

Misconceptions of the type of over-specification;

The number, whose analysis is given, is found by writing the coefficients of the numbers that are powers of 10 in order.

The number to the power of 10 has only to do with the digit names.

Scientific notation is only expressions that contain commas.

Misconceptions of the type of mistranslation;

In scientific notation, the exponent gets smaller as the coefficient gets smaller, or the exponent gets bigger as the coefficient gets bigger.

Misconceptions of limited perception type;

In scientific notation, the exponent gets smaller as the coefficient gets smaller, or the exponent gets bigger as the coefficient gets bigger.

In scientific notation, the range of natural numbers that the coefficient can take is not important.

Scientific notation is obtained by deleting the zeros of the given number.

4. Discussion and Conclusion

As an example of students' misconceptions from the type of over-specification, the answers "There should be a comma for scientific notation" and "A comma should be used (by showing the coefficient of 10^9)" shows that they have the idea that there must be a comma in the coefficient in scientific notation.

One of the results of students' restricted perception misconception is that students write the given number correctly as a different power of 10, but they do not consider that the coefficient must be 1 or a real number greater than 1 and less than 10 in scientific notation. This result shows parallelism with the misconception of "not suitable for scientific notation" in the student's answer of $0.000013=13 \cdot 10^{-6}$ in Uçar's (2019) study.

He gave the answer " $15 \cdot 10^7=1.5 \cdot 10^6$ " as an example of students' misconception, which is a type of mistranslation. In this answer, it has been seen that there is information that the power of 10 is 1 or a real number greater than 1 and less than 10 in scientific notation. However, it was observed that the student decreased the coefficient while expressing the numbers in scientific notation, while also reducing the exponent.

As a result of the study, it was determined that the students who had the misconception of the type of overgeneralization did not take the decimal part into account when finding the number of the expression, which was analyzed using the powers of 10. Here, it was seen that the students found the answer by writing the number in which the value of the digit was multiplied in order while solving in

natural numbers. The student's answer " $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3} = 25123$ " is an example of this situation.

One of the important results obtained in the current research is the operational difficulties experienced in expressing a number using different integer powers of 10, which is a preliminary learning of the subject. Due to these operational difficulties, it was determined that the students could not express their answers with scientific notation.

First of all, it can be ensured that students' incomplete learning about expressing numbers with decimal notation can be completed and their awareness can be increased.

Çok Büyük ve Çok Küçük Sayıların Bilimsel Gösterimi ile İlgili Kavram Yanılgıları Nelerdir?

Mihriban Hacısalihoğlu Karadeniz¹, Yasemin Çalışkan²

¹ Giresun Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Giresun, Türkiye

² Milli Eğitim Bakanlığı, Samsun, Türkiye

ÖZ

Bu çalışma, nitel bir metodoloji izleyen durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Çalışma, 8. sınıf öğrencilerinin çok büyük ve çok küçük sayıların (ÇBÇKS) bilimsel gösterimi kavramına ilişkin olası kavram yanılgılarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Araştırmacılar tarafından çalışmanın amacına uygun olarak "Bilimsel Gösterim Kavram Yanılgıları Tanı Testi" hazırlanarak Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan bir ortaokulda öğrenim gören 8.sınıf öğrencileri arasından rastlantısal örnekleme yoluyla seçilen 40 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen verilerin yorumlanmasında betimsel istatistik yöntemi kullanılmıştır. Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları, türlerine göre frekans değerleri (f) belirlenerek araştırmacılar tarafından yorumlanmıştır. Öğrencilerin sahip oldukları yanılgılar; kavram yanılgısı türleri bağlamında incelenmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin en çok "aşırı özelleme" ve en az "aşırı genelleme" türlerinde kavram yanılgılarına sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen önemli sonuçlardan biri ise, öğrencilerin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterim ile ifade etme konusunun ön öğrenmesi niteliğinde olan bir sayıyı 10'un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade etmede yaşadıkları işlemsel zorluklardan ötürü cevaplarını bilimsel gösterim ile ifade edemedikleri tespit edilmiştir.

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihiçesi:

Alındı: 10.04.2023

Düzeltilmiş hali alındı: 23.06.2023

Kabul edildi: 26.06.2023

Çevrimiçi yayımlandı: 30.06.2023

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: bilimsel gösterim, kavram yanılgısı, sekizinci sınıf öğrencileri.

© 2023 IJESIM. Tüm hakları saklıdır

1. Giriş

Günlük hayatımızda hücre bölünmeleri, faiz hesaplamaları, muhasebe işlemleri, bilgisayar mimarisi, taban aritmetiği, nüfus artışı ve azalışı hesaplamaları vb. alanlarda çok büyük ve çok küçük sayıların (ÇBÇKS) kullanımları yaygınlaştıkça, bu sayıların gösterimleri için kullanışlı yolların bulunması gerekir ve bu yollar arasında bilimsel gösterim iyi bir seçenektir (Van de Walle, Karp ve Bay-Williams, 2021). Buna ek olarak, matematik ders kitaplarında bulunan etkinlik ve problemlerde fizik, kimya ve biyoloji gibi bilim dallarında atomun kütlesi, gezegenlerin dünyaya uzaklığı, insan beynindeki nöronların sayısı gibi çeşitli gerçek hayat durumlarına yer verilerek çok büyük ve çok küçük sayıların (ÇBÇKS) bilimsel gösteriminin farklı disiplinlerle ilişkilendirildiği görülmektedir (Bayram, 2013). Dolayısıyla günlük hayatın birçok alanında karşımıza çıkan bilimsel gösterim konusu matematik öğretim programlarında ele alınan önemli konulardan biridir. Benzer biçimde, İlköğretim Matematik Dersi 6-8. Sınıflar Öğretim Programı ve Kılavuzunda (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2009), ÇBÇKS bilimsel gösterimle ifade edilmesi konusunda, öğrencilerden bilimsel gösterimin nerelerde ve hangi amaçla kullanıldığını araştırarak sınıfa sunmalarını gerektirecek yönde etkinliklerin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Matematik Dersi Öğretim Programına (MEB, 2018) göre, üslü ifadeler ile ilgili kazanımlar doğrudan Üslü İfadeler alt öğrenme alanı başlığı altında 8.sınıfta yer almasına karşın, 5. ve 6.sınıfta Doğal Sayılarla İşlemler, 7. sınıfta ise Tam Sayılarla İşlemler alt öğrenme alanları başlığı altında ele alınmıştır. Mevcut programda, 5.sınıfta bir doğal sayının karesi ve küpünün üslü ifade olarak gösterimi; 6.sınıfta bir doğal sayının kendisi ile tekrarlı çarpımının üslü ifade olarak gösterimi; 7.sınıfta ise bir tam sayının kendisi ile tekrarlı çarpımının üslü ifade olarak gösterimi yer almaktadır. Üslü İfadeler konusuna ilişkin öğrenmelerinin sonucunda, 8. sınıf düzeyinde ise öğrencilerden "sayıları 10'un kuvvetlerini kullanarak çözümlenme, verilen bir sayıyı 10'un farklı tamsayı kuvvetlerini kullanarak ifade etme" durumunun ardından "çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırma" durumlarının kazanılmış olması beklenir.

Matematik eğitiminde öğrenmenin, kavramlar arasındaki ilişkilerin anlamlandırılması ile ilgili olduğu belirtildiğinden (Tuluk, 2015) ÇBÇKS'nin anlaşılabilmesi için öğrencilerin, ilgili alt öğrenme alanlarına ilişkin ön öğrenmelere ve kavramlara dair bilgilere sahip olmaları gerektiği söylenebilir. Bu durumla ilişkili olarak kavram bilgisini Baki ve Kartal (2014), yalnızca o kavramın tanımını bilmek değil, kavram ile o kavramı içinde barındıran diğer konular arasındaki ilişkileri fark edebilmek olarak açıklamışlardır. Aynı çalışmada, bir kavramın kendi başına bir anlam içermediği, zihinde kavrama ait şemalara yeni bilgiler eklenerek önceden edinilen bilgilerle ilişkilendirmeler kurulabildiğinde öğrenmenin gerçekleşebileceği ifade edilmiştir. Benzer biçimde kavramların öğrenilmesi, öğrencilerin öğrenmeleri üzerinde büyük öneme sahipken bu süreçte bir takım zorluklar yaşanarak bazı kavramlar ya tamamen öğrenilememekte ya da yanlış öğrenilmektedir (Yılmaz ve Çolak, 2011). Öğrencilerin eksik öğrendikleri konulardaki bu sorunlar, ilerleyen eğitim öğretim sürecine olumsuz bir biçimde yansır. Yaşanan bu olumsuzluklar ortadan kaldırılmadığı sürece meydana gelen eksik öğrenmeler, öğrencilerde kavram yanlışlarının oluşmasına sebep olmaktadır (Yılmaz ve Yenilmez, 2008).

Öğrencilerde kavramların öğrenilmesini engelleyen zorlukların başında yer alan kavram yanlışları (Byrd, McNeil, Chesney ve Matthews, 2015); bireyi sistemli bir biçimde hataya teşvik eden bir algı biçimi olarak ifade edilebilir (Smith, diSessa ve Roschelle, 1993). Dolayısıyla kavram yanlışlığı, yanlış anlamalar sonucu ortaya çıkan yanlış yorumlardır (Ojose, 2015). Bir konudaki var olan uzman algılarından uzak bir biçimde kurulan algılar olarak ele alınan kavram yanlışlarının, öğrencilerin yeni bilgileri anlamlandırmalarını ve algılamalarını etkilediği (Hammer, 1996), kavram yanlışlarıyla tekrarlanan sistematik hataların ileride pek çok soruna neden olacağı belirtilmiştir (Baki ve Bell, 1997; Baki, 2019).

Bir konuya ilişkin edinilen yanlış anlamalar sonucu oluşan kavram yanlışları, mevcut konunun anlaşılmasını önlediği gibi ileride öğretilecek olan bir konu ile ilgili yeni yanlışların oluşmasına neden olabilir (Duatpe Paksu, 2010). Öğretim sürecinde karşılaşılan kavram yanlışlarının ortadan kaldırılması kolay olmamakla birlikte kavram yanlışlarının uzun yıllar geçtiğinde dahi kendiliğinden yok olmayan dirençli bir özelliği olduğu ifade edilmektedir (Anderson ve Smith, 1987; Hammer, 1996; Baştürk ve Dönmez, 2008). Bu bağlamda ilk olarak, öğrencilerin öğretim sürecinde ve önceki yaşantılarında günlük hayatta kullanılan, istemeden ya da farkına varmadan kazanmış oldukları çeşitli kavramlarla ilgili yanlışların tespit edilmesi ve giderilmesi gereklidir (Osborne, Bell ve Gilbert, 1983).

Ortaokula kadar doğal sayıların tabanlarındaki sayılarla işlem yapmaya alışkın olan öğrenciler, 5.sınıfta bir doğal sayının karesini ve küpünü hesaplamada dolayısıyla üslü ifadeleri anlamada çeşitli zorluklar yaşayabilirler. Üslü ifade gösterimi, açık bir gösterim olmadığından, öğrencilerin üslü ifadeyi anlamaları ve değerini hesaplamaları taban ve kuvvet kavramlarını bilmelerine bağlıdır. Taban ve kuvvet kavramlarını öğrenmede sorun yaşayan öğrencilerin, kuvvetteki (üsteki) sayı küçük yazılsa da sayının değerini hesaplamada büyük bir öneme sahip olduğunu anlama ve üslü ifadelerin değerini tahmin etmede zorluk yaşadıkları belirtilmiştir (Sastre ve Mullet, 1998). Buna ek olarak, öğrencilerin üslü ifadeler ile ilgili kavramsal bilgi düzeylerinin düşük olduğu, ve bu duruma bir örnek olarak "3.3.3....3 (10 tane) işleminin sonucunu 3×10 " olarak hesapladıkları vurgulanmıştır (Yazır ve Akkoç, 2017). Öğrencilerin yaşadığı bu zorlukların sonucu olarak, üslü ifadenin değerini hesaplama, negatif üssü ve sıfırcı kuvvetin anlamını algılama, x^n ile n^x ifadelerini birbirinden ayırt etme konularında kavram yanlışlarına sahip oldukları ifade edilmiştir (Duatpe Paksu, 2010; Uçar, 2019). Diğer taraftan Bayram (2013) çalışmasında, öğrencilerin çok küçük sayıların bilimsel gösteriminde çok büyük sayıların bilimsel gösterimine göre daha fazla zorlandıklarını vurgulamıştır. Çok büyük sayıların bilimsel gösteriminde, "778 000 000 = $7,78 \times 10^8$, 4 499 000 000 = $4,499 \times 10^9$ " örneklerinde görüldüğü üzere genellikle pozitif tamsayı kuvvetleri kullanılırken; çok küçük sayıların bilimsel gösteriminde, "0,000386 = $3,86 \times 10^{-4}$, 0,000000279 = 279×10^{-10} " negatif tamsayı kuvvetleri yer almaktadır. Dolayısıyla ÇBÇKS bilimsel gösteriminde öğrencilerin yaşadığı zorluğun, üslü ifadelerde negatif üssü algılayamama ile ilişkili olduğu söylenebilir.

Bilimsel gösterim kavramıyla ilgili öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışları ise, 0,000013 örneği için, sayıyı bilimsel gösterimle ifade edememe " $1,3^{-5}$ ", küçük sayı olduğunu fark edememe " $1,3.10^5$ ",

bilimsel gösterim şekline uygun olmama “ 13.10^{-6} ”, basamaklandırma hatası “ $1,3.10^{-6}$ ”; 854000000 örneği için büyük sayı olduğunu fark edememe “ $8,54.10^{-8}$ ” olarak ifade edilmiştir (Uçar, 2019). Öğrencilerin üslü ifadelerin değerini hesaplamada yaşadığı zorlukların, bilimsel gösterim ile ilgili yanılığların temelini oluşturduğu söylenebilir. Dolayısıyla üslü ifadelerin değerini doğru bir biçimde hesaplayabilen bir öğrencinin, verilen ÇBÇKS bilimsel gösterimini de ifade ederek karşılaştırabileceği düşünölmektedir.

Öğrencilerin konuya ilişkin kavram yanılığlarının belirlenmesi, bilinmesi, önlenmesi ve giderilmesinin, öğrencilerin kavramsal boyutta anlamlı öğrenmelerinin sağlanabilmesine yönelik olduğu (Çepni, 2016; Demircioğlu, Demircioğlu ve Ayas, 2004) ve kavram yanılığlarının tespit edilmesinin süreçte öğrenciye olduğu kadar öğretimin niteliğinin artmasında öğretime de önemli katkılar sunacağı (Avcu ve Durmaz, 2011) belirtilmiştir. Diğer taraftan öğretim sürecinde öğrencilerin mevcut zihin yapılarının dolayısıyla önceki kavramlara ilişkin bilgi düzeyleri ve deneyimlerinin dikkate alınmasının anlamlı öğrenmeler gerçekleşmesi adına önemli olduğu ifade edilmiştir (Yılmaz ve Çolak, 2011). Anlamlı öğrenme, öğrencilerin bir konuyla ilgili hazırbulunluşluklarından, onlara yeni bilgilerin sunulduğu anlamlı ifadelerden ve ön bilgilerini yeni bilgilerle birleştirmeyi seımelerinden kaynaklanır (Ausubel, 1968). Dolayısıyla kavram yanılığlarının tespit edilmesi, önlenmesi ve giderilmesiyle öğrencilerin ön bilgileri ile öğrenmeye çalıştıkları yeni bilgiler arasında anlamlı ilişkiler kurmaları ve bunun sonucunda anlamlı öğrenmelerin gerçekleşmesi sağlanabilir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, çok büyük ve çok küçük sayıların bilimsel gösterimi ile ilgili ayrıntılı çalışmaya rastlanmadığı görölmektedir. İlgili çalışmalara bakıldığında çoğunlukla üslü ifadeler ile ilgili çalışmalarla karşılaşılmış, bu çalışmaların bazılarının içerisinde ÇBÇKS’ye kısaca değinildiği görölmüştür. Mevcut konu 8.sınıf kazanımları içerisinde yer aldığından çalışma 8. Sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda mevcut çalışmada, öğrencilerin ilerleyen sınıf seviyelerinde yeni kavram yanılığına sahip olmalarının önüne geçebilmek ya da var olan yanılığları tespit edebilmek için ÇBÇKS bilimsel gösterimi kavramının ele alınması uygun görölmüştür.

Çalışmada 8.sınıf düzeyindeki öğrencilerin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırma ile ilgili kavram yanılığlarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda öğrenci cevapları incelenerek kavram yanılığlarının ayrıntılı analizi yapılacaktır. Dolayısıyla mevcut çalışmada alt problemlere ilişkin elde edilen sonuçlar ve tespit edilen kavram yanılığları doğrultusunda yanılığların giderilmesine yönelik yapılacak çalışmalara ışık tutarak literatüre katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Çalışma kapsamında “8.sınıf öğrencilerinin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırma ile ilgili kavram yanılığları nelerdir?” sorusuna cevap aranacaktır. Bu bağlamda 8.sınıf Üslü İfadeler alt öğrenme alanında yer alan üç kazanımı da içeren řu alt problemlere cevap aranacaktır:

1. “(M.8.1.2.3.) Sayıların ondalık gösterimlerini 10’un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümler.” kazanımına ait kavram yanılığları nelerdir?
2. “(M.8.1.2.4.) Verilen bir sayıyı 10’un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade eder.” kazanımına ait kavram yanılığları nelerdir?
3. “(M.8.1.2.5.) Çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade eder ve karşılaştırır.” kazanımına ait kavram yanılığları nelerdir?

2. Yöntem

2.1. Araştırmanın Deseni

Bu araştırmada 8. sınıf öğrencilerinin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırma konusundaki kavram yanılığlarının belirlenmesine yönelik bir test geliştirmek ve bu test yardımıyla öğrencilerin bilimsel gösterim konusundaki kavram yanılığlarını belirlemek amacıyla nitel bir metodoloji izleyen durum çalışması kullanılmıştır. Öğrencilerin bilimsel gösterim konusuna yönelik kavram yanılığlarını detaylı ve derinlemesine incelemek amacıyla (McMillan, 2000; Patton, 2002)

durum çalışması yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmada bütüncül, derinlemesine ve esnek bir biçimde ortaya konulması amaçlandığı için nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır (Bogdan ve Biklen, 2007; Çepni, 2021; Yin, 2009). Bu yöntemin seçilmesinin gerekçesi olarak, çalışmada sınırlı örneklem seçilmesi ve durum tespiti yapılması gösterilebilir.

2.2. Çalışma Grubu

Çalışmanın çalışma grubunu Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan bir ortaokulda öğrenim gören 8.sınıflar arasından rastlantısal örnekleme yoluyla seçilen iki sınıftaki 40 (18 kız, 22 erkek) öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma grubunun tamamı, ÇBÇKS bilimsel gösterimine ilişkin sınıf içi uygulamaları tamamlamış öğrencilerden oluşmaktadır. Dolayısıyla bu öğrencilerin, çalışma konusu hakkındaki öğrenmeleri tamamladıkları söylenebilir. Çalışmaya katılan öğrencilerin isimleri gizli tutularak öğrenciler; “Ö₁, Ö₂, Ö₃, ..., Ö₄₀” biçiminde kodlanmıştır. Çalışma grubunun dağılımı Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışma Grubunun Dağılımı

Sınıf	Toplam
8/A	20
8/E	20
Toplam	40

Tablo 1’de görüldüğü gibi 8/A sınıfında 20, 8/E sınıfında 20 öğrenci bulunmaktadır. 8/E sınıfında araştırmacılardan biri matematik derslerini yürütmektedir ve bu sınıf genel olarak akademik başarıları düşük öğrencilerden oluşmaktadır. 8/A sınıfı ise araştırmacıların dışındaki farklı bir öğretmenin derslerini yürüttüğü bir sınıftır. Bu sınıfta öğrenciler hakkında öğretmenin görüşü ise, sınıfta başarı seviyesi yüksek öğrenciler bulunmakla birlikte orta seviyede öğrencilerinde bulunduğu yönündedir.

2.3. Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada veri toplama aracı geliştirilmeden önce kavram yanlışlığı türlerinin sınıflandırılması araştırılmış, ilgili türlerin bilimsel gösterim konusundaki olası kavram yanlışlıkları belirlenmiştir. Graeber ve Johnson (1991), matematikteki kavram yanlışlıklarını dört farklı başlık altında inceleyerek ortaya koymuşlardır. Bunlar aşırı genelleme, aşırı özelleme, yanlış tercüme ve kısıtlı algılama şeklindedir (aktaran Zembat, 2013). Aşağıdaki tabloda kavram yanlışlıklarının açıklamaları ve bu kavram yanlışlıklarına ait bilimsel gösterim ile ilgili olası örnekler verilmiştir.

Çalışmada veri toplama aracı olarak beş tanesi açık uçlu, beş tanesi çoktan seçmeli olmak üzere hazırlanan 10 adet sorudan oluşan “Bilimsel Gösterim Kavram Yanlışlıkları Tanı Testi” araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Testin geçerliliğinin sağlanması için bir uzman görüşü alınmıştır. Uzman görüşü sonrası çalışmanın amacına yönelik olmayan sorular çıkartılarak teste son hali verilmiştir. Bu testte yer alan bilimsel gösterimle ilgili yedi adet sorunun dışındaki üç soru; bilimsel gösterimle ifadenin ön öğrenmesi niteliğinde olan sayıların ondalık gösterimlerini 10’un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümü, verilen bir sayıyı 10’un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade etme ile ilgili sorulardır. Kavram yanlışlıkları tanı testindeki sorular, Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018), Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı tarafından onaylanmış çeşitli matematik ders kitapları yararlanılarak hazırlanmıştır.



Tablo 2. Kavram Yanılgısı Türleri ve Örnekleri

Kavram Yanılgısı Türü	Tanımı	Kavram Yanılgısı Türüne Ait Örnek
Aşırı Genelleme (AG)	Belli durumlarda uygulanması doğru sonuç veren kural, prensip ya da kavramın diğer durumlarda da geçerliyimiş gibi düşünülmesi ve bu durumlara yayılmasıdır (Graeber ve Johnson 1991; aktaran Zembat, 2013).	Öğrencinin $3.10^0 + 4.10^{-1}$ biçiminde verilen sayının 34'e eşit olduğunu düşünmesi doğal sayılarda çözümlenmeye ilişkin kuralları ondalık gösterime genellediğini gösterir. Dolayısıyla öğrencinin aşırı genelleme türünden kavram yanılgısına sahip olduğu tespit edilebilir.
Aşırı Özelleme (AÖ)	Bir durumda geçerli olan bir kural ve prensibi bu durumun daha özel alt durumu için kısıtlamaktır (Graeber ve Johnson 1991; aktaran Zembat, 2013).	Bilimsel gösterimde 10'un kuvveti olarak yazılan ifadenin katsayısının 1 ya da 1'den büyük, 10'dan küçük bir sayı olması gerektiğini bilen öğrenci, 10^{-6} ifadesinde "katsayısı olmadığından bilimsel gösterim değildir" biçiminde bir cevap verebilir. Bu durumda öğrencinin, yalnızca katsayısı olan ifadelerin bilimsel gösterim olduğunu düşündüğu dolayısıyla aşırı özelleme türünden kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkabilir.
Yanlış Tercüme (YT)	İşlem, formül, sembol, tablo, grafik ve cümle gibi değişik formlar arası geçişlerde yapılan sistemli hatalar zinciri olarak ifade edilmektedir (Graeber ve Johnson 1991; aktaran Zembat, 2013).	Öğrencinin 120.10^{-6} ifadesinin bilimsel gösterimine 1,2. 10^{-8} cevabını vererek katsayı küçülürken 10'un kuvveti de küçülür biçiminde düşünmesi yanış tercüme türünden bir kavram yanılgısıdır. Burada öğrencinin, verilen bir sayı ve bu sayının 10'un farklı tam sayı kuvvetleri kullanılarak gösterilmesi formları arası geçişlerde sorun yaşadığı söylenebilir.
Kısıtlı Algılama (KA)	Bir kavramın kısıtlı ya da olması gerekenden zayıf olarak algılandığı durumlarda ortaya çıkar (Graeber ve Johnson 1991; aktaran Zembat, 2013).	Öğrenci, 120.10^{-6} ifadesinin bilimsel gösterimini yazarken, "bilimsel gösterimde katsayının aldığı değerin bir önemi yoktur" biçiminde düşünerek 12.10^{-5} cevabını verebilir. Buradan hareketle öğrencinin bir sayının bilimsel gösterimini zayıf olarak algıladığı tespit edilerek kısıtlı algılama türünden bir kavram yanılgısına sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 2'de yer alan kavram yanılgısı türlerine ait durumlar, örnek olarak seçilmiştir. Bununla birlikte, bu cevaplar ve benzeri durumlarda kavram yanılgısı türleri bağlamında ele alınabilir.

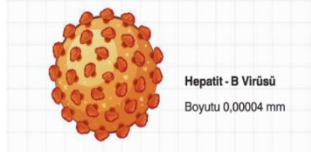
Kavram yanılgıları tanı testindeki sorular; "S₁, S₂, S₃ ... , S₁₀" olarak kodlanmıştır. Testte yer alan sorular, muhtemel cevaplar ve karşılaşılabilecek olası kavram yanılgısı türleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. Çalışma soruları ve muhtemel cevaplara yönelik olası kavram yanılgısı türleri

Çalışma Soruları ve Ortaya Çıkarmayı Amaçladığı Kavram Yanılgısı Türleri	Muhtemel Cevaplar ve Olası Kavram Yanılgısı Türleri
<p>M.8.1.2.3. Sayıların ondalık gösterimlerini 10'un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümler.</p> <p>S1.</p>  <p>Uçaklara binerken yanımızda getirdiğimiz valizlerin ağırlığı belli bir ağırlığa kadar ücretsiz olup, belirtilen sınırın aşılması durumunda ek ücret talep edilmektedir. Hasan, valizini yetkili kişiye verdiğinde “ek ücret ödemeniz gerekmektedir” diye uyarı almıştır.</p> <p>Buna göre aşağıda kg biriminde çözümlenmiş hali verilen ağırlığından hangisi Hasan'ın valizinin ağırlığı olamaz?</p> <p>A) $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3}$ B) $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-3}$ C) $2 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-3}$ D) $3 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^{-3}$</p>	<p>Doğru cevap: $2 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-3} = 20,608$ biçimindedir.</p> <p>Öğrenci cevap için seçeneklerdeki çözümleri yaparken $3 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^{-3} = 3,2$ ya da $2 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-3} = 2,68$ cevaplarını verebilir.</p> <p>Öğrenci, çözümlenmede tam ve ondalık kısımları göz önünde bulundurabilir ancak tüm basamaklardaki sayıların sırayla yazılacağını düşünerek yer tutucu olan 0 sayısını dikkate almadığında kısıtlı algılama türünden bir kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkabilir.</p> <p>Diğer taraftan, seçeneklerdeki çözümleri yaparken örneğin $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3} = 25123$ yazan öğrenci her basamaktaki sayıyı, sırasıyla basamak değeriyle çarpabileceğini düşünerek 10'un kuvveti olan ifadeleri dikkate almadan cevabı oluşturabilir. Dolayısıyla öğrencinin doğal sayılardaki çözümlenme kurallarını ondalık gösterime genellediği ve aşırı genelleme türünden kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkarılabilir.</p>
<p>S2.</p>  <p>Yandaki balonlarda karışık halde çözümlenmesi verilen ondalık gösterim nedir?</p>	<p>Doğru cevap: $4 \cdot 10^2 + 10^1 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-4} = 410,3506$ olacaktır.</p> <p>Öğrenci, $4 \cdot 10^2 + 10^1 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-4} = 410,356$ cevabını verebilir. Burada öğrenci, birler basamağındaki yer tutucu olan 0'ı yerleştirdiği hâlde binde birler basamağındaki 0'ı göz önünde bulundurmayarak yazmayabilir. Buradan hareketle öğrencinin sayıların ondalık gösterimlerini 10'un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümlenme konusunda kavramsal eksikliklerinin olduğu dolayısıyla kısıtlı algılama türünden bir kavram yanılgısına sahip olacağı düşünülmektedir.</p> <p>Diğer taraftan, öğrenci $4 \cdot 10^2 + 10^1 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-4} = 41356$ biçiminde cevap verebilir. Burada öğrencinin, her basamaktaki sayıyı, sırasıyla basamak değeriyle çarpabileceğini düşünerek 10'un kuvveti olan ifadeleri dikkate almadan cevabı oluşturduğu görülmektedir. Dolayısıyla öğrencinin doğal sayılardaki çözümlenme kurallarını ondalık gösterime genellediği ve aşırı genelleme türünden kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkabilir.</p>

M.8.1.2.4. Verilen bir sayıyı 10'un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade eder.

S3.



Yandaki görselde Hepatit-B virüsünün boyutu verilmiştir.

Buna göre bu virüsün milimetre cinsinden boyutu aşağıdakilerden hangisindeki gibi ifade edilmez?

- A) $0,4 \cdot 10^{-4}$ B) $0,04 \cdot 10^{-3}$
C) $4 \cdot 10^{-6}$ D) $400 \cdot 10^{-7}$

Doğru cevap: $0,00004 = 4 \cdot 10^{-5}$ olacaktır.

$0,4 \cdot 10^4$ cevabını bulup A seçeneğindeki gibi ifade edilemeyeceğini söyleyen öğrenci virgülden sağa kaydırırken 10'un kuvvetini küçültmesi gerektiğini düşünmemiştir. Dolayısıyla öğrenci ondalık gösterim biçiminde verilen ifadeyi 10'un farklı tam sayı kuvveti halinde gösterirken farklı formlar arasında geçişte sorun yaşadığı için **yanlış tercüme** türünden bir kavram yanılığına ortaya çıkabilir.

YT

M.8.1.2.5. Çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade eder ve karşılaştırır.

S4.



Dünya ile Ay arasındaki mesafe 384 000 kilometre olduğuna göre, bu mesafenin km cinsinden bilimsel gösterimini yazınız.

Doğru cevap: $384\ 000 = 3,84 \cdot 10^5$ biçimindedir.

Öğrenci bilimsel gösterimde 10'un kuvveti olan katsayının 1 ya da 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olduğunu bilerek 10'un kuvvetini dikkate almadan $3,84000$ cevabını verebilir. Burada öğrencinin bilimsel gösterim kavramına ilişkin zayıf ya da kısıtlı bir anlamaya sahip olduğundan söz edilebilir. Bu da öğrencinin **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanılığına sahip olduğunu gösterebilir.

Ayrıca öğrenci $384 \cdot 10^3$ cevabını verebilir. Burada öğrenci sayının sonundaki 0'ları 10'un kuvveti olarak doğru yazabilir ancak 10'un kuvveti olan ifadenin katsayısının bilimsel gösterimde önemli olmadığını düşünebilir. Burada öğrencinin bilimsel gösterimde katsayının 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini dikkate almadığı dolayısıyla **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanılığına sahip olduğu ortaya çıkabilir.

KA

S5.



Bir kutunun içinde görseldeki gibi kutu üzerinde yazan adetlerde kâğıt mendil bulunmaktadır.

Bir kâğıt mendilin ağırlığı $16 \cdot 10^{-2}$ mg olduğuna göre bir kutuda bulunan kâğıt mendilin toplam ağırlığının kg cinsinden bilimsel gösterimini yazınız.

($1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg}$)

Doğru cevap: $16 \cdot 10^{-2} \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 16 \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 10^{-5}$ biçimindedir.

Öğrenci bir kutu mendilin ağırlığını $16 \cdot 10^{-6}$ olarak kg cinsinden bilimsel gösterimine $1,6 \cdot 10^{-6}$ cevabını verebilir. Burada öğrenci katsayının yalnız 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiği kuralını algılayarak virgülden sola kaydırırken 10'un kuvvetini büyütmesi gerektiğini düşünmemiştir. Dolayısıyla öğrencinin bilimsel gösterim kavramının öğretiminde eksik bir kavrayışa sahip olduğu tespit edilirse **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanılığına sahiptir denilebilir.

KA

S6.



Bir insan vücudunda ortalama $25 \cdot 10^{12}$ adet alyuvar bulunur. Bu alyuvarlardan birinin çapı yaklaşık 6 mikrondur. Buna göre insan vücudundaki tüm alyuvarlar yana dizilebilseydi alyuvarların oluşturacağı uzunluğun metre cinsinden değerinin bilimsel gösterimi aşağıdakilerden hangisine eşit olurdu? (1 mikron = 10^{-6} metre)

KA, YT

Doğru cevap: $25 \cdot 10^{12} \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 150 \cdot 10^6 = 1,5 \cdot 10^8$ olacaktır. Alyuvarların oluşturacağı uzunluğa metre cinsinden doğru olarak $150 \cdot 10^6$ cevabını veren bilimsel gösteriminin de $150 \cdot 10^6$ olduğu cevabını verebilir. Bu cevap incelendiğinde öğrencinin bilimsel gösterimde 10'un kuvveti olarak verilen ifadenin katsayısının alabileceği değer aralığının bir önemi olmadığını düşündüğü görülmektedir. Dolayısıyla öğrencinin **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanlışlığına sahip olduğu söylenebilir. Benzer biçimde öğrenci, alyuvarların oluşturacağı uzunluğu metre cinsinden $150 \cdot 10^6$ olarak ifade edebilir ve bu cevap doğru olacaktır. Ancak öğrenci bu çok büyük sayının bilimsel gösterimine ilişkin $1,5 \cdot 10^4$ cevabını verebilir. Bu durumda öğrenci katsayının 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini algılayarak virgüli sola kaydırırken 10'un kuvvetini büyütmesi gerektiğini düşünmemiştir. Burada öğrencinin 10'un farklı tam sayı kuvveti formları arasındaki geçişte yaşadığı sorunlar **yanlış tercüme** türünden kavram yanlışlığını ortaya çıkarabilir.

S7.



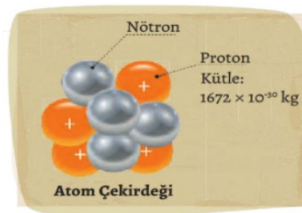
10^{-3} ton)

Bir kaldırım üzerine konulan atık kâğıt dönüşüm kutuları görseldeki gibi verilmiştir. Bu kutuların her birinin içindeki atık kâğıt miktarı $0,12 \cdot 10^3$ kg olduğuna göre tüm kutularda bulunan kâğıtların toplam ağırlığının ton cinsinden bilimsel gösterimi nedir? (1 kg =

KA, YT

Doğru cevap: $0,12 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,36 \cdot 10^0 = 3,6 \cdot 10^{-1}$ olacaktır. Öğrenci cevap için çözümü yaparken $3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 \cdot 10^3$ işleminin sonucunu $0,36 \cdot 10^0$ biçiminde bularak bu sonucun aynı zamanda bilimsel gösterim olduğunu belirtebilir. Öğrencinin bilimsel gösterimde ifade ettiği katsayının olması gereken değer aralığında olmadığından bu konuda sınırlı bir öğrenmeye sahip olduğu görülebilir. Bu durum da öğrencide **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanlışlığı ortaya çıkarabilir. Benzer biçimde öğrenci cevap için çözümü yaparken $3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 \cdot 10^3$ işleminin sonucunu $0,36 \cdot 10^0$ biçiminde bularak bilimsel gösterim için $3,6 \cdot 10^1$ cevabını verebilir. Öğrenci katsayının 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini algılayarak virgüli sağa kaydırırken 10'un kuvvetini küçültmesi gerektiğini düşünmemiştir. Öğrencinin bir sayıyı 10'un farklı tam sayı kuvveti formları arasındaki geçişte yaşadığı sorunlar **yanlış tercüme** türünden kavram yanlışlığını ortaya çıkarabilir.

S8.



Atomun çekirdeği proton ve nötron adı verilen parçacıklardan oluşur. 1 protonun kütlesi $1672 \cdot 10^{-30}$ kilogramdır. Yukarıdaki bilgilere göre protonun kilogram cinsinden kütesinin bilimsel gösterimi aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?

- A) $16,72 \cdot 10^{-29}$ B) $1,672 \cdot 10^{-33}$
C) $167,2 \cdot 10^{-29}$ D) $1,672 \cdot 10^{-27}$

KA

Doğru cevap: $1672 \cdot 10^{-30}$ sayısının bilimsel gösteriminin $1,672 \cdot 10^{-27}$ olarak ifade edilmesidir. Öğrenci katsayının yalnız 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini algılayarak $1,672$ cevabını verebilir. Bilimsel gösterim kavramını olması gerekenden zayıf algıladığı için **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanlışlığına sahiptir. C çeldiricisinde yer alan $167,2 \cdot 10^{-29}$ cevabını veren öğrenci verilen değeri 10'un farklı bir tamsayı kuvveti olarak doğru göstermiş olur ancak bilimsel gösterim kavramının kuralına ilişkin eksik öğrenmeleri mevcut olduğundan bilimsel gösterime uygun olarak doğru cevabı oluşturamamıştır. Dolayısıyla öğrencinin **kısıtlı algılama** türünde bir kavram yanlışlığına sahip olduğu düşünülmektedir.

S9.



Bir araba tırında her biri eşit ağırlıkta olan görseldeki kadar arabalar bulunmaktadır.

Bir arabanın ağırlığı $0,015 \cdot 10^2$ ton olduğuna göre araba tırında bulunan arabaların toplam ağırlığının kg cinsinden bilimsel gösterimi aşağıdakilerden hangisidir? (1 ton = 10^3 kg)

- A) $1,35 \cdot 10^4$ B) $1,355 \cdot 10^5$
C) $1,35 \cdot 10^6$ D) $1,35 \cdot 10^7$

KA, YT

S10.

Aşağıdakilerden hangisi bilimsel gösterime uygun bir yazım değildir?

- A) $1,3 \cdot 10^4$ B) 10^9 C) $0,3 \cdot 10^8$ D) $2,34 \cdot 10^{-5}$

A

Doğru cevap: $0,015 \cdot 10^2 \cdot 9 \cdot 10^3 = 0,135 \cdot 10^5 = 1,35 \cdot 10^4$ biçimindedir.

Öğrenci arabaların toplam ağırlığını $0,135 \cdot 10^5$ olarak bularak bilimsel gösterime uygun halinin bu olduğunu ifade edebilir. Bu durumda ğrenci, bir ifadenin bilimsel gösterim olması için 10^4 'un kuvveti olarak bulduğu ifadenin katsayısının hangi değer aralığında olduğunun önemi olmadığını düşünebilir. Öğrencinin, " $a \times 10^n$ " biçimindeki bir bilimsel gösterimde $|a|$ 'nın 1 ya da 1,'den büyük, 10^4 'dan kk bir gerçek sayı olması gerektiğini göz önünde bulundurmadığı dolayısıyla eksik ya da zayıf öğrenmeler sonucu **kısıtlı algılama** türünden bir kavram yanılığına sahip olduğu ortaya çıkabilir.

Benzer Şekilde ğrenci arabaların toplam ağırlığını $0,135 \cdot 10^5$ olduğunu bularak bilimsel gösterimi için $1,35 \cdot 10^6$ cevabını verebilir. Öğrenci, katsayının 1 veya 1,'den büyük, 10^4 'dan kk bir gerçek sayı olması gerektiğini algılayarak virgl sağa kaydırırken 10^4 'un kuvvetini kltmesi gerektiğini düşünmemiştir. Burada ğrencinin, verilen BKS 10^4 'un farklı tam sayı kuvvetleri biçiminde yazma da dolayısıyla farklı formları arasında geçişte sorun yaşaması nedeniyle **yanlış tercüme** türünde bir kavram yanılığı ortaya çıkabilir.

Doğru cevap: $0,3 \cdot 10^8$ biçimindedir.

Öğrenci, bir ifadenin bilimsel gösterim olabilme koşulu için 10^4 'un kuvveti olan ifadenin katsayısının 1 veya 1,'den büyük, 10^4 'dan kk bir gerçek sayı olması gerektiği bilgisine sahip olabilir ancak bunu 10^4 'un kuvveti olan sayının mutlaka katsayısı olması gerektiği biçiminde düşünerek 10^9 seçeneği için bilimsel gösterim değildir Őeklinde cevap verebilir. Dolayısıyla ğrencinin bilimsel gösterimi 10^4 'un kuvveti olan sayının mutlaka katsayısının olması gereken bir duruma zellemiş olması **aşırı özelleme** türünden bir kavram yanılığına sahip olduğunu gösterebilir.

Ayrıca ğrenci 10^9 cevabını verirken ifadenin katsayısının "1" olduğunu belirleyebilir fakat bu katsayı ondalık gösterim biçiminde olmadığından bilimsel gösterime uygun bir yazım olmadığını düşünebilir. Dolayısıyla ğrenci, bilimsel gösterim sorularında çoğunlukla bir sayının ondalık gösterimiyle işlem yaptığından bilimsel gösterimdeki katsayıların yalnızca ondalık gösterim olması gerektiğini düşünüyor olabilir. Bu durumda, öğrencinin **aşırı özelleme** türünden bir kavram yanılığına sahip olduğunu gösterir.

2.4. Uygulama Süreci ve Verilerin Analizi

Uzman görüşü sonucu son hali verilen “Bilimsel Gösterim Kavram Yanılgıları Tanı Testi” araştırmacılar tarafından birinin katılımıyla 2 farklı sınıfa 1’er ders saatinde (40 dakika) uygulanmıştır. Aynı okulda iki ayrı sınıfta uygulanan sorular katılımcıların soruları birbiriyle paylaşmaması adına birbirini takip eden ders saatlerinde peş peşe uygulanmıştır. Çalışmanın amacına paralel olarak öğrencilerin sorulara verdikleri cevaplar; doğru, kısmen doğru, yanlış, boş biçiminde kategorilere ayrılmıştır. Bu kategorilerin hangi kriterlere göre belirlendiği Tablo 4’te detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo 4. Sorulara verilen cevap türleri

Sorulara verilen cevapların türleri	Tanımı	Cevap türüne uygun örnek
Doğru	Geçerliliği olan ve cevabın tüm yönlerini içeren cevaplar	- $125 \cdot 10^3$ ifadesinin bilimsel gösterimi $1,25 \cdot 10^5$ ‘dir. - Çözümlemiş biçimi $2 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^{-2} + 7 \cdot 10^{-3}$ olarak verilen sayı 20,047 ‘dir.
Yanlış	Bilimsel olarak yanlış olan cevaplar	- $5 \cdot 10^{-20}$ ifadesi bilimsel gösterim değildir. - $43 \cdot 10^{20}$ ifadesi $4,3 \cdot 10^{19}$ ifadesine denktir.
Kısmen Doğru	Geçerli olan cevabın bir yönünü içeren fakat bütün yönlerini içermeyen cevaplar	- $4 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^2 + 9 \cdot 10^0 + 8 \cdot 10^{-1} + 3 \cdot 10^{-2}$ gösterimi 4039,83 sayısını ifade eder.
Boş	Boş bırakma ve anlamsız cevaplar verme	- Bilmiyorum, anlamadım

Ayrıca doğru, kısmen doğru, yanlış ve boş cevaplara ilişkin frekans (f) ve yüzde (%) hesaplanmıştır. Ardından doğru olmayan cevaplar yorumlanmış ve öğrencilerde karşılaşılan kavram yanılgıları, dört kategoride toplanarak analiz edilmiştir.

Elde edilen verilerin yorumlanmasında testte yer alan her bir soru için öğrenci cevapları betimsel olarak açıklanmış ve sahip olunan kavram yanılgılarının çözümler üzerindeki yansımaları üzerinde durulmuştur. Ayrıca betimsel istatistik yöntemi kullanılmış ve öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları, türlerine göre frekans değerleri (f) ile ifade edilerek yorumlanmıştır. Araştırmacılar katılımcıların cevaplarını bağımsız olarak analiz etmişlerdir. Verilerin analizinde güvenilirliği sağlamak amacıyla elde edilen verilerde iki araştırmacıda olası kavram yanılgılarını belirlemiştir. Daha sonra araştırmacılar yaptıkları analizleri karşılaştırarak analizi son haline getirmişlerdir. Bunun yanı sıra sorulara katılımcıların verdikleri cevaplardan ve şekil üzerindeki gösterimlerinden alıntılar yapılarak ortaya çıkan durumlar bulgular kısmında örneklendirilmiştir.

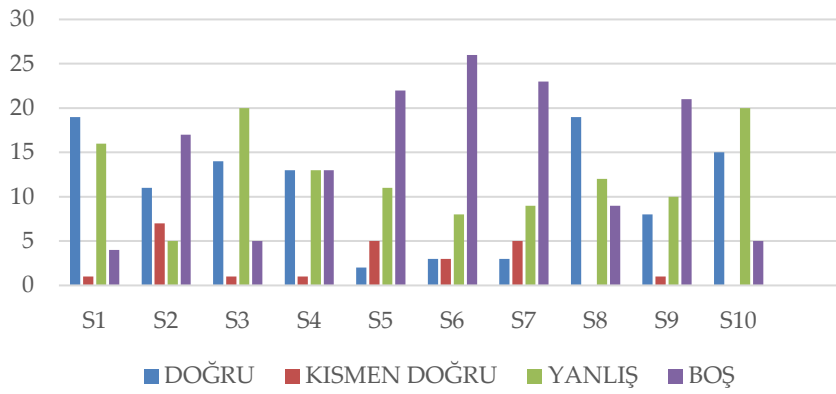
3. Bulgular

Bu bölümde, öğrencilerin bilimsel gösterimi ifade etme ve karşılaştırma konusundaki yedi soru ve bu konunun hazırbulunuşluğu niteliğinde olan ondalık gösterimleri 10’un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümlenme, verilen bir sayıyı 10’un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade etme ile ilgili 3 soruya verdiği cevaplar; “Doğru, Kısmen Doğru, Yanlış, Boş” olarak Tablo 5’te sınıflandırılmıştır.

Tablo 5’i incelediğimizde testte yer alan sorulara verilen cevapların %26,75 doğru, %6 kısmen doğru, %31 yanlış ve %36,25 boş olduğu görünmektedir. Öğrencilerin en fazla yanlış yaptığı soruların %50 oranla S₃ ve S₁₀ olduğu en fazla doğru cevaplanan soruların ise %47,5 oranla S₁ ve S₈ olduğu görülmektedir. Verilen tabloda öğrencilerin cevapları çoğunlukla boş bıraktığı görülmektedir. Özellikle S₆’yı öğrencilerin %65’inin boş bıraktığı dikkat çekmektedir.

Tablo 5. Çalışma grubunun testte yer alan sorulara ilişkin cevapları

Soru	Doğru		Kısmen Doğru		Yanlış		Boş	
	f	%	f	%	f	%	f	%
S1	19	47,5	1	2,5	16	40	4	10
S2	11	27,5	7	17,5	5	12,5	17	42,5
S3	14	35	1	2,5	20	50	5	12,5
S4	13	32,5	1	2,5	13	32,5	13	32,5
S5	2	5	5	12,5	11	27,5	22	55
S6	3	7,5	3	7,5	8	20	26	65
S7	3	7,5	5	12,5	9	22,5	23	57,5
S8	19	47,5	0	0	12	30	9	22,5
S9	8	20	1	2,5	10	25	21	52,5
S10	15	37,5	0	0	20	50	5	12,5
Toplam	107	26,75	24	6	124	31	145	36,25

**Grafik 1.** Öğrencilerin Test Sorularına İlişkin Yanıtlarının Frekans Grafiği

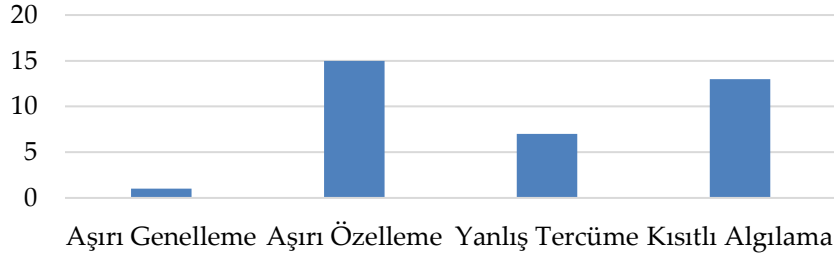
Grafik 1 incelendiğinde, S₅, S₆, S₇ ve S₉ numaralı sorularda öğrencilerin soruları çoğunlukla boş bıraktığı dikkat çekmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda öğrencilerin kısmen doğru ve yanlış cevapladığı sorular incelenerek aşırı genelleme, aşırı özelleme, yanlış tercüme ve kısıtlı algılama kavram yanılığı türlerine göre analiz edilmiştir. Öğrencilerden sorulara ait cevaplar incelendiğinde kavram yanılığı türlerine göre sınıflandırılan yanılığlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Öğrencilerde Belirlenen Kavram Yanılığları

Aşırı Genelleme	Çözümlemesi verilen sayı, 10'un kuvveti olan sayıların katsayısını sırayla yazarak bulunur.
Aşırı Özelleme	10 ^x ifadesinde katsayı olmadığından bilimsel gösterim olmaz. 10'un kuvvetindeki sayının yalnızca basamak isimleriyle iliğisi vardır. Bilimsel gösterim yalnızca içerisinde virgöl bulunan ifadelerdir.
Yanlış Tercüme	Bilimsel gösterimde katsayı küçülürken üs küçülür veya katsayı büyürken üs büyür. Çözümlemede 10 ^x ifadesinde katsayı olmadığından basamak değer 0'dır.
Kısıtlı Algılama	Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değer aralığının bir önemi yoktur. Bilimsel gösterim, verilen sayının sıfırları silinerek elde edilir.

Öğrenci cevapları analiz edildiğinde aşırı genelleme türünden 1, aşırı özelleme türünden 3, yanlış tercüme türünden 1 ve kısıtlı algılama türünden 3 olmak üzere, toplam 8 kavram yanılığı tespit edilmiştir. Verilerin analizi sonucunda toplam 36 tane kavram yanılığı içeren cevap tespit edilmiştir. Bu kavram yanılığısına sahip cevapların kavram yanılığı türlerine göre dağılımına ait veriler Grafik 2'de gösterilmiştir.



Grafik 2. Yapılan Kavram Yanılgısı Türleri

Grafik 2’de görüldüğü üzere sorulara verilen cevaplardaki kavram yanılgılarının türleri incelendiğinde 36 kavram yanılgısına sahip cevabın; aşırı genelleme 1 (%2,78), aşırı özelleme 15 (%41,67), yanlış tercüme 7 (%19,44), kısıtlı algılama 13 (%36,11) olarak dağılımı verilmiştir. En fazla görülen kavram yanılgısının aşırı özelleme olduğu dikkat çekmektedir. En az ise aşırı genelleme türü kavram yanılgısı olduğu tespit edilmiştir. Kavram yanılgıları ve türlerine ait bulgular çalışmanın alt problemleri kapsamında aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

3.1. “M.8.1.2.3. Sayıların ondalık gösterimlerini 10’un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümler.” Kazanımına Ait Kavram Yanılgıları ve Türleri

Bu alt problem için yöneltilen S₁ ve S₂ kodlu soruların cevapları incelendiğinde ortaya çıkan kavram yanılgıları ve türleri bu başlık altında örneklerle açıklanmıştır.

S₁.

Uçaklara binerken yanımızda getirdiğimiz valizlerin ağırlığı belli bir ağırlığa kadar ücretsiz olup, belirtilen sınıra aşılması durumunda ek ücret talep edilmektedir. Hasan, valizini yetkili kişiye verdiğiğinde “ek ücret ödemeni gerekmektedir” diye uyarı almıştır.

Buna göre aşağıda kg biriminde çözümlenmiş hali verilen ağırlığından hangisi Hasan’ın valizinin ağırlığı olamaz?

A) $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3} = 25123$
 B) $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-3} = 21000$
 C) $2 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-2} = 2008$
 D) $3 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^{-2} = 30000$

En fazla 25kg den sonra ücret olacağı için şıklardan gidersek kolay seçeriz.

Şekil 1. Ö₇ kodlu öğrencinin S₁ numaralı soruya verdiği cevap

S₁’de çeldiricilere yönelik olarak yazılan cevaplar incelendiğinde Ö₇ kodlu öğrenci çözümlemeye 10’un negatif kuvvetlerinin ondalık kısmı ifade ettiğine dikkat etmemiştir. Öğrenci, doğal sayılarda çözümleme yapılırken basamaklardaki sayılar sırasıyla basamağın değeriyle çarpılır bilgisine göre A çeldiricisi için $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3} = 25123$ cevabını oluşturmuştur. Öğrenci aynı yanılgıyı diğer çeldiricilerde de göstermiştir. Burada öğrencinin “Çözümlemesi verilen sayı, 10’un kuvveti olan sayıların katsayısını sırayla yazarak bulunur.” kavram yanılgısına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, doğal sayılarda çözümlemeye ilişkin kuralların ondalık gösterimde de kullanılabileceğinin düşüncesiyle “aşırı genelleme” türünden bir kavram yanılgısıdır.

S₂.

Yandaki balonlarda karışık halde çözümlenmiş verilen ondalık gösterim nedir?

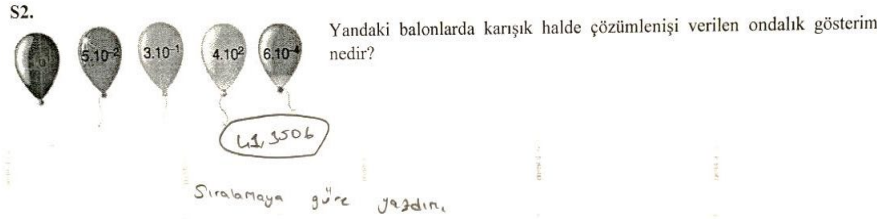
10^2 , $5 \cdot 10^{-2}$, $3 \cdot 10^{-1}$, $4 \cdot 10^0$, $6 \cdot 10^{-4}$

400,3506

Sıfırlara denk gelen sayı olmadığı için koyulmuş.

Şekil 2. Ö₁ kodlu öğrencinin S₂ numaralı soruya verdiği cevap

Ö₁ kodlu öğrencinin cevabı incelendiğinde çözümlenmesi karışık halde verilen ondalık gösterimi oluştururken 10^1 ifadesinin katsayısı yazılmadığı için katsayının 0 olduğunu ve onlar basamağının basamak değerinin 0 olması gerektiğini düşünerek $4 \cdot 10^2 + 10^1 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-4} = 400,3506$ cevabını verdiği görölmektedir. Burada öğrencinin “Çözümlenmede 10^x ifadesinde katsayı olmadığından basamak değeri 0’dır.” kavram yanılığına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Ö₁ kodlu öğrencinin, 10^1 ’un kuvveti olan ifadelerde katsayının gerekenden zayıf algılandığı veya kavramsal bilgisinde eksik bir durum söz konusu olduğundan “kısıtlı algılama” türünden bir kavram yanılığına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Ö₆ kodlu öğrencinin S₂ numaralı soruya verdiği cevap

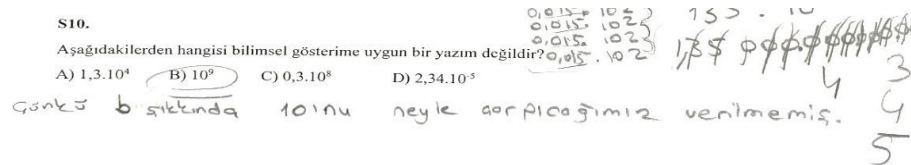
Ö₆ kodlu öğrencinin, 10^1 ’in birler basamağını, $4 \cdot 10^2$ ’nin ise onlar basamağını temsil ettiğini düşünerek 41,3506 olarak cevabını oluşturduğu görölmektedir. Dolayısıyla Ö₆, 10^1 ’un kuvveti olan sayının, bulunduğu basamağı temsil ettiğini düşünmüştür. Buradan hareketle öğrencinin 10^1 ’un kuvveti ile temsil ettiği basamağın yeri arasında hatalı bir ilişki kurduğu gözlemlenerek “ 10^1 ’un kuvvetindeki sayının yalnızca basamak isimleriyle ilgisi vardır.” kavram yanılığına sahip olduğu belirlenmiştir. Burada öğrencinin “aşırı özelleme” türünden bir kavram yanılığına sahip olduğu söylenebilir.

3.2. “M.8.1.2.3. Sayıların ondalık gösterimlerini 10^1 ’un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümler.” Kazanımına Ait Kavram Yanılığları ve Türleri

S₃ numaralı soruyu öğrencilerin %50’si yanlış cevaplamış ancak soru çoktan seçmeli olduğundan ve öğrenciler verdikleri cevapları açıklamadıklarından kavram yanılığı tespit edilmemiştir.

3.3. “M.8.1.2.5. Çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade eder ve karşılaştırır.” Kazanımına Ait Kavram Yanılığları ve Türleri

Bu alt problem için yöneltilen S₄, S₅, S₆, S₇, S₈, S₉, S₁₀ numaralı soruların cevapları incelendiğinde ortaya çıkan kavram yanılığları ve türleri bu başlık altında örneklerle açıklanmıştır.



Şekil 4. Ö₄₀ kodlu öğrencinin S₁₀ numaralı soruya verdiği cevap

Bilimsel gösterimde 10^1 ’un kuvveti olan ifadenin katsayısının 1 veya 1’den büyük, 10^1 ’den küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini bilgisine sahip öğrenci, 10^1 ’un kuvveti olan sayının mutlaka katsayısı olması gerektiğini düşünebilir. Ö₄₀ kodlu öğrencinin cevabında bu durum gözlemlenmiştir. Öğrenci “ 10^1 ’u neyle çarpacağımız verilmemiş” cevabını vererek 10^9 ’un katsayısı olmadığı için bilimsel gösterim olmadığını düşünmüştür. Ö₄₀ kodlu öğrenci “ 10^x ifadesinde katsayı olmadığından bilimsel gösterim olmaz.” kavram yanılığına sahiptir. Öğrencinin bilimsel gösterim kavramını yalnızca 10^1 ’un katsayısının bulunduğu bir durumda geçerli olduğunu düşünmesi “aşırı özelleme” türünden bir kavram yanılığıdır.

S10.

Aşağıdakilerden hangisi bilimsel gösterime uygun bir yazım değildir?

- A) $1,3 \cdot 10^4$ (B) 10^9 C) $0,3 \cdot 10^8$ D) $2,34 \cdot 10^{-5}$

10^9 değildir çünkü bilimsel gösterim olması için virgül olması gerek.

S10.

Aşağıdakilerden hangisi bilimsel gösterime uygun bir yazım değildir?

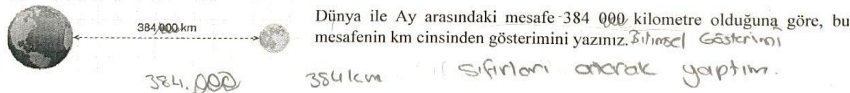
- A) $1,3 \cdot 10^4$ (B) 10^9 C) $0,3 \cdot 10^8$ D) $2,34 \cdot 10^{-5}$

virgül kullanılmadı

Şekil 5. Ö₉ e Ö₁₅ kodlu öğrencinin S10 numaralı soruya verdiği cevap

Bilimsel gösterimde 10'un kuvveti olan ifadenin katsayısının 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini bilgisi ve katsayılarla genellikle ondalık gösterimlerle işlemlerin yapılması Ö₉ kodlu öğrencinin "bilimsel gösterim için virgül olması gerek" cevabını vermesine sebep olmuştur. Aynı şekilde düşünen Ö₁₅ kodlu öğrenci 10^9 'un katsayısını göstererek "virgül kullanılmalı" cevabını vermiştir. Bu kavram yanlışlığı ile başka öğrencilerde de karşılaşılmıştır. Buradan hareketle Ö₉ ve Ö₁₅ kodlu öğrencilerin "Bilimsel gösterim yalnızca içerisinde virgül bulunan ifadelerdir." kavram yanlışlığına sahip olduğu söylenebilir. Öğrencilerin bilimsel gösterim kavramının mutlaka ondalık gösterim içeren ifadelerin bulunduğu durumlarda geçerli olduğunu düşünmesi "aşırı özelleme" türünden bir kavram yanlışlığıdır.

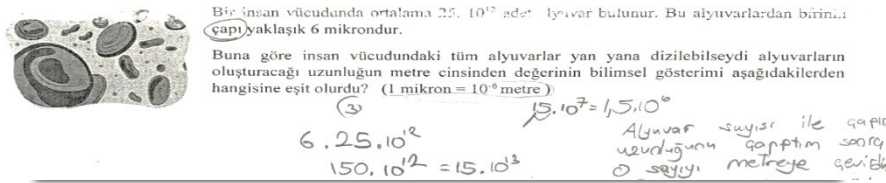
S4.



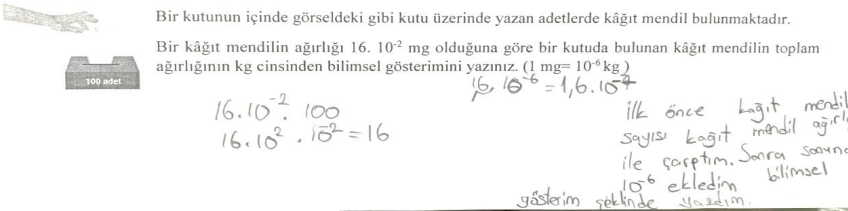
Şekil 6. Ö₁ kodlu öğrencinin S4 numaralı soruya verdiği cevap

Ö₁ bir sayının bilimsel gösterime çevirmek için 384 000 sayısının sadece sıfırlarını silerek 384 cevabını vermiştir. Bu cevapta, öğrencinin bilimsel gösterimi sayılardaki sıfırı silmek olarak algıladığı görülmektedir. Dolayısıyla öğrencinin çok büyük sayılarla işlem yaparken sondaki sıfırları 10'un kuvveti olarak yazabilmesi için gerekli bilgiyi tam olarak kavrayamadığından bilimsel gösterime ilişkin eksik veya kısıtlı bir öğrenme gerçekleştirdiği görülmektedir. Buradan hareketle Ö₁'in, "Bilimsel gösterim, verilen sayının sıfırları silinerek elde edilir." biçimindeki "kısıtlı algılama" türünden bir kavram yanlışlığına sahip olduğu açığa çıkmıştır.

S6.



S5.

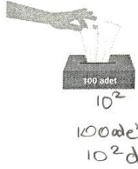


Şekil 7. Ö₂₀ kodlu öğrencinin S₆ ve S₅ numaralı sorulara verdiği cevaplar

Ö₂₀ kodlu öğrenci bulduğu $15 \cdot 10^7$ cevabındaki 10'un kuvveti olan ifadenin katsayısı olan 15'i bilimsel gösterim kuralındaki katsayı değer aralığına uygun biçimde 1,5 yaparken 10'un kuvveti olan sayıyı 1

büyütmek yerine 1 azaltmış ve $1,5 \cdot 10^6$ cevabını vermiştir. \ddot{O}_{20} , benzer biçimde S_5 'te çözüm için bulduğu $16 \cdot 10^{-6}$ gösterimini bilimsel gösterim biçiminde yazarken katsayıdaki 16'yı bilimsel gösterim de katsayının olması gereken değer aralığına uygun olarak 1,6 biçiminde yazmış ancak 10^6 'un kuvveti olan (-6)'yı bir sayı küçülterek (-7) olarak ifade etmiştir. Cevaplar incelendiğinde \ddot{O}_{20} 'nin "Bilimsel gösterimde katsayı küçülürken üs küçülür veya katsayı büyürken üs büyür." kavram yanılığına sahip olduğu görülmektedir. Buradan hareketle öğrencinin 10^6 'un farklı tam sayı kuvvetleri arasında geçiş yapmakta sorun yaşadığı görülmektedir. Farklı formlar arasında geçiş yapmakta yaşanan bu sorunlar öğrencinin "yanlış tercüme" türü bir kavram yanılığına sahip olduğunu göstermektedir.

S5.



Bir kutunun içinde görseledeki gibi kutu üzerinde yazan adetlerde kâğıt mendil bulunmaktadır.

Bir kâğıt mendilin ağırlığı $16 \cdot 10^{-2}$ mg olduğuna göre bir kutuda bulunan kâğıt mendilin toplam ağırlığın kg cinsinden bilimsel gösterimini yazınız. ($1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg}$)

100 adet 10^2
100 adet bilimsel gösterimi 10^2 dir.
 $16 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2 = 16 \cdot 10^0 \cdot 10^{-6} = 16 \cdot 10^{-6}$
1mg 10^{-6} kg olduğuna göre $16 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6}$ arpa 2

şekil 8. \ddot{O}_2 kodlu öğrencinin S_5 numaralı soruya verdiği cevap

\ddot{O}_2 kodlu öğrenci kâğıt mendilin ağırlığının ne olması gerektiğini çok küçük sayılarda doğru işlemleri yaparak bulmuş ancak bulduğu cevabı bilimsel gösterimle ifade edememiştir. Mevcut durum \ddot{O}_2 kodlu öğrencinin bilimsel gösterim ile ilgili "Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değer aralığının bir önemi yoktur." Biçiminde düşündüğünü, dolayısıyla "kısıtlı algılama" türünden bir kavram yanılığına sahip olduğunu göstermektedir.

S8.



Atomun çekirdeği proton ve nötron adı verilen parçacıklardan oluşur. 1 protonun kütle $1672 \cdot 10^{-27}$ kilogramdır.

Yukarıdaki bilgilere göre protonun kilogram cinsinden kütleinin bilimsel gösterimi aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?

A) $16,72 \cdot 10^{-29}$ B) $1,672 \cdot 10^{-33}$ C) $167,2 \cdot 10^{-29}$ D) $1,672 \cdot 10^{-27}$

Sola geerinde sayı büyütüldüğünden
Orada yıldırdım.

şekil 9. \ddot{O}_3 kodlu öğrencinin S_8 numaralı soruya verdiği cevap

\ddot{O}_3 kodlu öğrencinin cevabı da \ddot{O}_2 kodlu öğrenci ile paralellik göstermektedir. \ddot{O}_3 kodlu öğrencinin cevabı $167,2 \cdot 10^{-29}$ incelendiğinde öğrenci bilimsel gösterimde katsayıda virgöl bir basamak sola alınırken üs bir değer büyür, katsayıda virgöl bir basamak sağa alınırken üs bir değer küçülür kuralını doğru anlamış ve uygulayabilmiştir. Ancak bilimsel gösterim olabilmesi için gerekli olan katsayının 1 ya da 1'den büyük, 10^6 'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiği bilgisini tam oluşturamamıştır. Mevcut durum \ddot{O}_3 kodlu öğrencinin "Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değer aralığının bir önemi yoktur." kavram yanılığına sahip olduğunu gösterir. Buradan hareketle \ddot{O}_3 kodlu öğrencinin bilimsel gösterimde katsayı kavramını olması gerekenden zayıf algılandığından ya da öğrencinin bilimsel gösterime ilişkin kavramsal bilgisinde eksik bir durum söz konusu olduğundan "kısıtlı algılama" türünden bir kavram yanılığına sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu alışmada 8.Sınıf öğrencilerinin ÇBKS bilimsel gösterimi ile ilgili sahip oldukları kavram yanılığları ve bu yanılığların türlerinin neler olduğu araştırılmıştır. Öğrencilerin testte yer alan sorulara verdiği cevaplar incelendiğinde cevapların %26,75 doğru, %6 kısmen doğru, %31 yanlış ve %36,25 boş olduğu tespit edilmiştir. %50 oranla en fazla yanlış yapılan S_3 ve S_{10} olduğu tespit edilmiştir. S_3 ' verilen yanlış cevaplar incelendiğinde öğrencilerin ÇBKS farklı gösterimlerini yazamamasından kaynaklandığı görülmüştür. Bu durum öğrencilerin 10^6 'un kuvveti olan sayının katsayısı ile 10^6 'un kuvveti arasındaki ilişkiyi tam olarak kavrayamadıklarını düşündürmüştür. S_{10} 'a verilen cevaplar incelendiğinde ise öğrencilerin bilimsel gösterim tanımı tam olarak anlamlandıramadıklarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin %65'inin S_6 'yı boş bıraktığı görülmüştür. İlgili soruda verilen "1 mikron = 10^{-6} metre" bilgisi öğrencilerin bilmedikleri bir konu olduğunu düşündürmüş ve bu durumunda öğrenciyi soruyu boş bırakmaya yönlendirmiş olabileceğini düşündürmüştür. Ayrıca test

genelinde öğrencilerin boş bıraktığı sorular incelendiğinde bu soruların açık uçlu sorular olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin çoktan seçmeli sorulara daha çok cevap verme yöneliminde olduğu dikkat çekmiştir. Bu sonuç Temizkan ve Sallabaş (2011)' in çalışmasında öğrencilerin çoktan seçmeli sorulardan oluşan testlerde, açık uçlu soruların yer aldığı testlere göre okuduklarını anlama açısından daha başarılı olduğu sonucuyla benzerlik göstermektedir.

Çalışmanın sonucunda öğrencilerin ÇBÇKS bilimsel gösterimi ile ilgili aşırı genelleme, aşırı özelleme, yanlış tercüme ve kısıtlı algılama türlerinin 4'üne de ilişkin kavram yanlışlarının olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada öğrencilerin %41,67'i aşırı özelleme, %36,11'i kısıtlı algılama, %19,44'ü yanlış tercüme ve %2,78'i aşırı genelleme türünden kavram yanlışlarına sahip oldukları açığa çıkmıştır.

Öğrencilerin ağırlıklı olarak (%41,67) ÇBÇKS bilimsel gösteriminde *aşırı özelleme* türünden kavram yanlışlarına sahip oldukları görülmüştür. Aşırı özelleme türünden ortaya çıkan kavram yanlışları aşağıda verilmiştir:

- $10'$ un kuvvetindeki sayının yalnızca basamak isimleriyle ilgisi vardır.
- 10^x ifadesinde katsayı olmadığından bilimsel gösterim olmaz.
- Bilimsel gösterim yalnızca içerisinde virgül bulunan ifadelerdir.

Ondalık gösterimlerin $10'$ un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümlenmesi ile ilgili elde edilen *aşırı özelleme* türünden kavram yanılığı "*10'un kuvvetindeki sayının yalnızca basamak isimleriyle ilgisi vardır*" olarak tespit edilmiştir. Ö₁ kodlu öğrenci S₂ de 10^1 ifadesindeki $10'$ un kuvveti olan $1'$ in birler basamağını temsil ettiğini düşünerek cevabı oluştururken birler basamağını 1 olarak ifade ettiği görülmüştür. Aynı zamanda bu düşünce öğrencinin 10^2 'nin de onlar basamağını temsil edeceğini düşünmesine yol açmıştır. Bu durum öğrencinin $10'$ un kuvveti olan 1 sayısını basamak adı olan birler basamağı olarak özellediğini düşündürmüştür. Buradan hareketle bu düşünceye sahip öğrencilerde *aşırı özelleme* türünden "*10'un kuvvetindeki sayının yalnızca basamak isimleriyle ilgisi vardır*" kavram yanılığının olduğu belirlenmiştir. Matematikte öğrencilerin ilk defa karşılaştıkları kavramların zihinde iyi yapılanması ve kavrama ilişkin şemaların oluşturulması ilgili kavramları içinde barındıran daha üst düzeydeki kavramların zihinde yapılanmasını kolaylaştırır (Anıl, 2007). Bu bağlamda, ondalık gösterimlerin $10'$ un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümlenmesi çalışmalarından önce, öğrencilerin doğal sayılarda çözümlenme ve üslü ifadeler kavramlarına ilişkin ön öğrenmeleri değerlendirilmeli ve kavram yanlışlarının varlığı belirlenmeye çalışılmalıdır. Böylelikle kavramlar arası ilişkilerin anlamlı bir biçimde kurulması dolayısıyla kavramların öğrenilmesi kolaylaştırılarak kavram yanlışlarının önüne geçilmesi sağlanabilir.

Bilimsel gösterime ilişkin *aşırı özelleme* türünden ortaya çıkan kavram yanlışları "*10^x ifadesinde katsayı olmadığından bilimsel gösterim olmaz*" ve "*Bilimsel gösterim yalnızca içerisinde virgül bulunan ifadelerdir*" olmak üzere 2 adettir. Bilimsel gösterimin tanımında $10'$ un kuvveti olan ifadenin katsayısının 1 veya $1'$ den büyük, $10'$ dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiği bilgisi öğrencilerin bilimsel gösterimde mutlaka katsayı olması gerektiği biçiminde düşünmesine ve bu bilgiyi her $10'$ un kuvveti olan ifadeye özellemesine sebep olmuştur. Bu yanılığa sahip Ö₄₀'ın, S₁₀'da 10^9 ifadesi için "*10'u neyle çarpacağımız verilememiş*" cevabını verdiği görülmüştür. Bu durum ise öğrencilerden yarıdan fazlasının sahip olduğu "*10^x ifadesinde katsayı olmadığından bilimsel gösterim olmaz*" *aşırı özelleme* türünden kavram yanılığını açığa çıkarmıştır. Aşırı özelleme türünden kavram yanlışlarından bir diğeri ise, "*Bilimsel gösterim yalnızca içerisinde virgül bulunan ifadelerdir*" biçimindedir. Ö₉ ve Ö₁₅'in S₁₀'a verdiği "*bilimsel gösterim için virgül olması gerek*" ve "*virgül kullanılmalı (10⁹'un katsayısını göstererek)*" cevapları öğrencilerin bilimsel gösterimde mutlaka katsayıda virgül olması gerektiği yönünde düşünceye sahip olduklarını göstermektedir. Ders içi örnek sorularda ve ders kitaplarında yer alan bilimsel gösterim sorularında genellikle katsayıda virgül bulunan ifadelerle işlem yapılması öğrencilerin bu kavram yanılığına sahip olmalarının sebebi olarak düşünülmektedir. Benzer biçimde, 6 ve 7. Sınıf öğrencilerinin Fen ve Teknoloji ders kitaplarında bulunan çok büyük sayılara ilişkin "*Elektronlar çekirdek etrafında $2,18 \times 10^8$ cm/s hızla dönerler.*", "*Bir ışık yılı $9,46 \times 10^{12}$ km'dir.*" İfadelerini anlamsız

buldukları ve bu ifadeleri anlamada zorlandıkları ifade edilmiştir (Aydın ve Temel, 2012). Öğrencilerin çok büyük ve çok küçük sayıları anlamlandırmada yaşadıkları zorlukların, bu sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırmada da ortaya çıktığı ve bilimsel gösterim kavramının anlaşılmasını da zorlaştırdığı söylenebilir. Bu doğrultuda mevcut çalışmanın bu sonucu, ilgili çalışmanın sonucuyla tutarlılık göstermektedir.

Çalışma sonucunda katılımcıların (%36,11) ÇBÇKS bilimsel gösteriminde kısıtlı algılama türünden kavram yanlışlarına sahip oldukları görülmüştür. Kısıtlı algılama türünden ortaya çıkan kavram yanlışları aşağıda verilmiştir:

- Çözümlemede 10^x ifadesinde katsayı olmadığından basamak değeri 0'dır.
- Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değeri aralığının bir önemi yoktur.
- Bilimsel gösterim, verilen sayının sıfırları silinerek elde edilir.

Ondalık gösterimlerin 10^x 'un tam sayı kuvvetlerini kullanarak çözümüyle ilgili elde edilen *kısıtlı algılama* türünden kavram yanlışlığı "*Çözümlemede 10^x ifadesinde katsayı olmadığından basamak değeri 0'dır*" olarak tespit edilmiştir. Ö₁ kodlu öğrenci 10^1 ifadesinin katsayısı olmadığı için basamak değeri 0 olduğunu düşünerek cevabını oluşturmuştur. Bu durum aynı biçimde düşünen öğrencilerin 10^x biçimindeki ifadelerin katsayısını anlamlandırmalarının ya da öğrenmelerinin zayıf olduğunu düşündürmektedir.

Bilimsel gösterime ilişkin *kısıtlı algılama* türündeki kavram yanlışlarının "*Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değeri aralığının bir önemi yoktur*" ve "*Bilimsel gösterim, verilen sayının sıfırları silinerek elde edilir*" olmak üzere 2 adet olduğu açığa çıkmıştır. Kısıtlı algılama kavram yanlışlığına ait elde edilen sonuçlardan biri, Ö₂'nin verilen sayıyı 10^x 'un farklı kuvveti olarak doğru yazdığı ancak bilimsel gösterimde katsayının 1 veya 1'den büyük, 10^x 'dan küçük bir gerçek sayı olması gerektiğini göz önünde bulundurmadığı yönündedir. Benzer biçimde Ö₁₂'de S₅'de ilgili probleme ait çözümü doğru yapmış ancak sonucu bilimsel gösterim olarak istenen sorunun cevabını " $16 \cdot 10^{-6}$ " olarak ifade etmiştir. Dolayısıyla Ö₁₂, verdiği cevapta katsayının 1 ile 10 arasında olmadığını dikkate almamıştır. Bu öğrencilerin ilgili yanlışlığına sahip olması bilimsel gösterimde katsayı değeri aralığını anlama noktasında kavramsal eksikliklerinin olduğunu bu sebeple kavramı eksik veya zayıf algıladıklarını düşündürmektedir. Bunun sonucunda bu öğrencilerin "*Bilimsel gösterimlerde, katsayının alabileceği doğal sayı değeri aralığının bir önemi yoktur*" kavram yanlışlığına sahip oldukları kanısına varılmıştır. Bu sonuç Uçar'ın (2019) çalışmasındaki öğrencinin $0,000013=13 \cdot 10^{-6}$ cevabındaki "*Bilimsel gösterim şekline uygun olmama*" kavram yanlışlığı ile paralellik göstermektedir.

Çalışmada öğrencilerin kısıtlı algılama türünden sahip oldukları bir diğer kavram yanlışlığı ise çok büyük sayıları bilimsel gösterimle ifade etmede ortaya çıkmıştır. Ö₁ kodlu öğrencinin S₄'e verdiği cevapta 384 000 sayısının bilimsel gösterimini 384 olarak ifade ettiği ve açıklama olarak "*sıfırları silerek yaptım*" cevabını vermesi bu duruma örnek gösterilebilir. Bu durum bu öğrencilerin bilimsel gösterimi kavramsal olarak eksik ya da zayıf algıladıklarını düşündürmektedir. Buradan hareketle öğrencilerde kısıtlı algılama türünden "*Bilimsel gösterim, verilen sayının sıfırları silinerek elde edilir*" kavram yanlışlığına sahip oldukları belirlenmiştir. Mevcut çalışmada öğrencilerin çok büyük sayıların bilimsel gösteriminde kavram yanlışlığına sahip oldukları açığa çıkmıştır. Ancak Bayram (2013) çalışmasında, öğrencilerin çok büyük sayıları bilimsel gösterimle ifade etmede, çok küçük sayılara göre daha başarılı oldukları belirlenmiş dolayısıyla çalışmanın bu sonucuyla farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda katılımcıların (%19,44) ÇBÇKS bilimsel gösteriminde yanlış tercüme türünden kavram yanlışlığına sahip oldukları görülmüştür. Yanlış tercüme türünden ortaya çıkan kavram yanlışlığı aşağıda verilmiştir:

- Bilimsel gösterimde katsayı küçülürken üs küçülür veya katsayı büyürken üs büyür.

Bilimsel gösterime ilişkin *yanlış tercüme* türündeki kavram yanlışlığının "*Bilimsel gösterimde katsayı küçülürken üs küçülür veya katsayı büyürken üs büyür*" olduğu tespit edilmiştir. Ö₂₀ kodlu öğrencinin S₅ ve

S₆'ya verdiği " $15 \cdot 10^7 = 1,5 \cdot 10^6$ " cevabına bakıldığında bilimsel gösterimde 10'un kuvvetinin 1 veya 1'den büyük, 10'dan küçük bir gerçek sayı olması bilgisinin mevcut olduğu görülmüştür. Ancak Ö₂₀'nin, sayıları bilimsel gösterimle ifade etme de katsayıyı küçültürken üssüde küçülttüğü görülmüştür. ÇBÇKS farklı gösterim biçimleri arasında geçiş yapmakta yaşanan bu hata öğrencide *yanlış tercüme* türünden bir kavram yanlışlığının oluşmasına sebep olmuştur. Benzer biçimde, öğrencilerin $218 \cdot 10^8 = 2,18 \cdot 10^6$ örneğinde görüldüğü üzere "Virgüli bir basamak sola kaydırırken 10'un kuvvetini azaltma" konusunda kavram yanlışlığına sahip oldukları (Uçar, 2019) ve verilen sayıda virgülin hangi basamağa gelmesi gerektiğini belirleseler de 10'un kuvvetini bulma da sorun yaşayarak üsse yanlış sayılar yazdıkları (Bayram, 2013) ifade edilmiştir. Bu bağlamda bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde yapılan bu çalışmaların sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir.

Çalışma sonucunda katılımcıların (%2,78) ÇBÇKS bilimsel gösteriminde aşırı genelleme türünden kavram yanlışlığına sahip oldukları görülmüştür. Aşırı genelleme türünden ortaya çıkan kavram yanlışlığı aşağıda verilmiştir:

- Çözümlemesi verilen sayı 10'un kuvveti olan sayıların katsayısını sırayla yazarak bulunur.

Bu kavram yanlışlığına sahip öğrencilerin 10'un kuvvetleri kullanılarak çözümlenmiş biçimde verilen ifadenin hangi sayı olduğunu bulurken ondalık kısmı dikkate almadıkları, doğal sayılarda çözümleme yaparken basamağın değerinin çarpıldığı sayıyı sırayla yazarak cevap bulduğu görülmüştür. Benzer biçimde, Ö₇ kodlu öğrencinin " $2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3} = 25123$ " cevabı bu duruma örnektir. Bu durum öğrencinin doğal sayıların çözümlenmesi konusuna ilişkin öğrenmelerini ondalık gösterimlerin çözümlenmesi konusuna genellediğini dolayısıyla *aşırı genelleme* ile ilgili sahip oldukları "Çözümlemesi verilen sayı 10'un kuvveti olan sayıların katsayısını sırayla yazarak bulunur." Yanlışlığına sahip olduklarına işaret etmektedir. Uçar (2019) çalışmasında, öğrencilerin 10'un tam sayı kuvvetleri verilerek çözümlenen ondalık gösterimi bulmaya ilişkin, ilgili ondalık gösterimi oluştururken " $4 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0 + 5 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-2} = 4258$ " biçiminde, sayıyı tam kısımdan oluşturdukları ancak ondalık kısmı göz önünde bulundurmadıkları ve basamaklandırmada da sorun yaşadıklarını belirtmiştir. Bu doğrultuda bu çalışmanın sonucu, sözü edilen çalışmanın bu sonucuyla benzerlik göstermektedir.

Mevcut çalışmada elde edilen önemli sonuçlardan biri ise öğrencilerin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterim ile ifade etmeye ilişkin sorulara verdikleri cevaplarda görüldüğü üzere çoğunlukla konuya ait kuralları bildikleri yönündedir. Ancak bu konunun ön öğrenmesi niteliğinde olan bir sayıyı 10'un farklı tam sayı kuvvetlerini kullanarak ifade etmede yaşadıkları aritmetik zorluklardan ötürü cevaplarını bilimsel gösterim ile ifade edemedikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin ondalık gösterim ve 10'un negatif kuvvetleri arasındaki ilişkiyi tam olarak anlamlandıramamış olmaları bilimsel gösterim ile ifade de kavram yanlışlığına sebep olmaktadır. Karşılaşılan dikkat çekici sonuçlardan bir diğeri de, öğrencilerin bilimsel gösterimi bildikleri ancak kavramı anlama ya da anlamlandırmada sorun yaşadıklarından kavram yanlışlığına sahip olduklarının belirlenmesi olmuştur. Örneğin; öğrencilerin 10^9 ifadesi için " 10^9 bilimsel gösterim değildir neyle çarpılacağı verilmemiş", "bilimsel gösterim olması için virgül olması gerek" biçimindeki cevapları bu duruma örnektir.

Bu çalışmada 8.sınıf öğrencilerinin çok büyük ve çok küçük sayıları bilimsel gösterimle ifade etme ve karşılaştırma ile ilgili kavram yanlışlığının belirlenmesi kapsamında elde edilen sonuçlarına dayalı olarak yapılan öneriler şöyledir:

- Öğrencilerin öncelikle bir sayının ondalık gösterimi konusundaki eksik öğrenmelerinin tamamlanması ve farkındalıklarının artırılması sağlanabilir.
- Üslü ifadeler alt öğrenme alanındaki kavramlar ve bir sayının 10'un farklı kuvvetlerini kullanarak ifade edilmesi ile ilgili eksiklikler, hatalar ve zorluklar önceden incelenerek olası kavram yanlışlığına karşı ders içeriği bu doğrultuda etkinliklerle planlanabilir. Buna ek olarak, süreçte öğretmenler tarafından hazırlanan çalışma yaprakları öğrencilere uygulanarak ilgili konu ya da kavramlara ait olası kavram yanlışlığı belirlenerek engellenebilir. Bu çalışma yapraklarında öğrencilerdeki mevcut

yanılguları ortaya çıkarabilecek kavram karikatürleri, tanılayıcı dallanmış ağaçlar, yapılandırılmış gridler, kavramsal değişim metinlerine yer verilebilir. Bununla birlikte, matematik derslerinde hikâye, masal, bilmece gibi olaya dayalı uygulamaların kullanılması önerisinden yola çıkılarak (Hacısalihoğlu Karadeniz, 2018) öğrencilerdeki mevcut kavram yanılgılarının tespit edilebilmesi amacıyla kavramın günlük hayatla ilişkisini ve öğrencilerin öğrenmelerini ortaya koyan hikâye yazma uygulamalarına başvurulabilir.

- Bilimsel gösterimde 10'un kuvveti olan ifadenin katsayısı olmayan durumlarda katsayının yazılmamış olsa dahi var olduğunu ve 1 olduğunu öğrencilerin kavraması sağlanabilir. Bu doğrultuda, öğretim süreçlerinde bu ve benzeri durumlara örnekler verilerek öğrencilerin bilimsel gösterim kavramını tek bir bağlamda ele almalarının önüne geçilebilir.

- Öğrencilerin ÇBÇKS bilimsel gösterimi konusunda sahip oldukları kavram yanılgılarının ve bu yanılgı türlerinin neler olduğunu ortaya konulduğu bu çalışmadan esinlenerek ileriki çalışmalar için bu yanılguların giderilmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilebilir.

- Benzer alışmalar, matematiğin farklı kavramları ele alınarak öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilebilir. Bu sayede, öğretmen adaylarının hizmet öncesinde sahip oldukları kavram yanılgılarını fark etmeleri sağlanarak bu yanılguların giderilmesi yoluna gidilebilir.

Kaynakça

- Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1987). Teaching science. In Richardson-Koehler, V. (Ed.), *Educators' handbook: A research perspective* (84-111). New York: Longman.
- Anıl, ř. (2007). *Mutlak değer konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi ve giderilmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Balıkesir.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitiveview*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Avcu, T., & Durmaz, B. (2011). Tam sayılarla ilgili işlemlerde ilköğretim düzeyinde yapılan hatalar ve karşılaşılan zorluklar. *2 nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications*. Antalya.
- Aydın, F. & Temel, H. (2012). Fen ve Teknoloji Dersi ile Matematik Dersinin Entegrasyonunun Sağlanması: Üslü Sayılar Örneği. *2. Ulusal Eğitim Programları ve Öğretim Kongresi*. Bolu.
- Baki, A. (2019). *Matematiği öğretim bilgisi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Baki, A. & Kartal, T. (2014). Kavramsal Ve İşlemsel Bilgi Bağlamında Lise Öğrencilerinin Cebir Bilgilerinin Karakterizasyonu. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(1), 27-50.
- Baştürk, S., ve Dönmez, G. (2008). Üniversite Mezunu Yetişkinlerde Sayı Kavramı. *VIII. Ulusal Fen Bilimleri Ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Bolu.
- Bayram, G. (2013). *8. sınıf öğrencilerinin üslü ifadelere ilişkin sayı duyuları ve başarıları arasındaki ilişki*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Bell, A. & Baki, A. (1997). *Ortaöğretim matematik öğretimi*. Ankara: YÖK Dünya Bankası.
- Bogdan, R. C. & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods*. Boston: Allyn & Bacon.
- Byrd, C.E., McNeil, N. M., Chesney, D. L. & Matthews, P.G. (2015). A specific misconception of the equal sign acts as a barrier to children's learning of early algebra. *Learning and Individual Differences*, 38, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.01.001>
- epni, S. (Ed.). (2016). *Fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi.
- epni, S. (2021). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*. Ankara: Celepler Matbaacılık

- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Ayas, A. (2004). Kavram yanlışlarının çalışma yapraklarıyla giderilmesine yönelik bir çalışma. *Millî Eğitim Dergisi*, 163, 121-131.
- Duatepe Paksu, A. (2010). *Üslü ve köklü sayılar konularındaki öğrenme güçlükleri. İlköğretimde karşılaşılan matematiksel zorluklar ve çözüm önerileri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Hacısalihoğlu Karadeniz, M. (2018). "Kraliçeyi Kurtarmak" adlı hikâye kitabında yer alan bilmecelerin problem çözme stratejileri bağlamında incelenmesi. In IV. *International Academic Research Congress (INES)* (Vol. 29).
- Hammer, D. (1996). Misconceptions or P-Primes: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions?. *The Journal of the Learning Science*, 5, 97-127.
- Mcmillan, J. H. (2000). *Educational research Fundamentals for the consumer*. USA: Longman.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2009). *İlköğretim Matematik Dersi 6-8. Sınıflar Öğretim Programı ve Kılavuzu*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Matematik dersi (İlkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Ojose, B. (2015). Students' misconceptions in mathematics: analysis of remedies and what research says. *Ohio Journal of School Mathematics*, Fall 2015, Vol. 72.
- Osborne, R. J., Bell, B. F. & Gilbert, Y.K. (1983). Science teaching and children's view of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Sastre, M. T. M. ve Mullet, E. (1998). Evolution of the intuitive mastery of the relationship between base, exponent, and number magnitude in highschool students. *Mathematical Cognition*, 4(1), 67-77.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-163.
- Temizkan, M., & Sallabaş, M. E. (2011). Okuduğunu anlama becerisinin değerlendirilmesinde çoktan seçmeli testlerle açık uçlu yazılı yoklamaların karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 30, 207- 220
- Tuluk, G. (2015). Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının aç kavramına ilişkin oluşturdukları kavram haritalarının değerlendirilmesi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(2), 323-337, <http://doi.org/10.16949/turcomat.36234>
- Uçar, E. (2019). *Ortaokul 8.sınıf öğrencilerinin üslü sayılar konusundaki kavram yanlışlarının incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak Üniversitesi, Uşak.
- Van De Walle, J., Karp K. S., & Bay-Williams, J.M. (2021). *İlkokul ve ortaokul matematiği (Çev. S. Durmuş)*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Yazır, F., Akkoç, H., (2017). Meslek lisesi 9. sınıf öğrencilerinin ortaöğretim matematik öğretim programındaki cebir konularına ait kavramsal ve işlemsel bilgi yeterlilikleri. *Gaziantep University Journal of Educational Sciences*, 1(1), 34-54.
- Yılmaz, K. & Çolak, R. (2011). Kavramlara genel bir bakış: Kavramların ve kavram haritalarının pedagojik açıdan incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 185-204.
- Yılmaz, Z. & Yenilmez, K. (2008). İlköğretim 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin ondalık sayılar konusundaki kavram yanlışları (Uşak ili örneği). *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 461-483.

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Zembat, İ. Ö. (2013). Sayıların farklı algılanması-sorun sayılarda mı, öğrencilerde mi?. M. F. Özmantar, E. Bingölbali, & H. Akkoç (Edt.), *Matematiksel kavram yanlışlıları ve çözüm önerileri* (s. 41-60) içinde. Ankara: Pegem Akademi.