



Fen Alanındaki Öğretmen Adaylarının Genel Kimya Ders Kitaplarındaki Kimyasal Gösterimleri Anlama Düzeyleri*

Betül DEMİRDÖĞEN, Fatma Nur AKIN*** ve Gülşah DEMİRCAN AKMAN******

Öz: Bu çalışmanın amacı fen alanındaki öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri (makroskobik, tanecik ve sembolik seviyede) anlama düzeylerini belirlemektir. Bu amaçla nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın katılımcıları dokuz öğretmen adaydır (altı fen bilgisi ve üç kimya). Öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini belirlemek için Genel Kimya ders kitaplarından 23 adet gösterim (16 adet tekli ve 7 adet çoklu) seçilerek bu gösterimler ile ilgili yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler yoluyla elde edilen verilerin içerik analizinde alanyazında öğrencilerin çeşitli konulardaki anlayışlarını analiz etmek için kullanılan “doğru”, “kısmen doğru” ve “yanlış” kodlarından yararlanılmıştır. Analiz sonuçları öğretmen adaylarının büyük bir çoğunluğunun tekli gösterimlerde makroskobik boyut hakkında daha çok doğru anlayışa sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, katılımcıların tanecik boyutu ve çoklu gösterimleri anlamada ve tanımlamada zorluk yaşadıkları belirlenmiştir. Öğretmen adayları için çoklu gösterimleri tanımak tekli gösterimlere göre daha zordur. Çoklu gösterimler içinde yer alan tekli gösterimleri tanımada ise öğretmen adaylarının makroskobik boyutta tanecik ve sembolik boyutlara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, makroskobik boyuttaki gösterimleri doğru tanımlamada fen bilgisi öğretmen adayları ve tanecik boyuttaki gösterimleri doğru tanımlamada kimya öğretmen adayları diğer gruplara göre daha başarılıdırlar. Fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adayları sembolik boyuttaki gösterimlerde ve fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları çoklu gösterimleri doğru tanımlamada en fazla zorluk yaşayan gruplar olmuştur. Araştırmanın sonuçlarından yola çıkarak fen öğretmen eğitimcileri ve fen eğitimi araştırmacıları için önerilerde bulunulmuştur.

^aBu araştırmanın verileri üçüncü yazarın yüksek lisans tezi kapsamında elde edilmiş olup, bu araştırma için veri analizleri kimya öğrenme tecrübe değişkeni için yeniden yapılmıştır.

Bu araştırma, 14. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi’nde sunulmuştur, Burdur, 2021.

Bu araştırma için Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu’ndan (02/04/2018 tarih ve 330 protokol numaralı) etik izin alınmıştır.

**Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Ereğli Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, E-mail:betuldemirdogen@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-7064-5539

***Dr., Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), E-mail:fatmanur.metu@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-1891-667X

****TC MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI Fen Bilimleri Öğretmeni, Final Ortaokulları, E-mail:gulsah684@gmail.com, Orcid No: 0000-0001-5938-2021

Gönderim: 08.03.2021

Kabul: 15.09.2021

Yayın: 15.12.2021



Anahtar Kelimeler: fen alanındaki öğretmen adayları, kimyasal gösterimler, ders kitapları ve durum çalışması

Pre-service Science Teachers' Understanding of Chemical Representations in General Chemistry Textbooks

Abstract: The aim of this study was to examine the understanding of chemical representations (macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels) of science and chemistry pre-service teachers in general chemistry textbooks. Case study, one of the qualitative research methods, guided the planning, data collection, and data analysis. Nine pre-service teachers, six from science and three from chemistry education division, participated in the study. To reveal pre-service teachers' understanding of chemical representations, semi-structured interviews by the use of questions related to 23 representations (16 single and 7 multiple) in General Chemistry textbooks were conducted. During content analysis of semi-structured interview data, understanding of the pre-service teachers were coded as "correct", "partially correct" and "wrong" based on the coding used to analyze students' understanding on various topics in the literature. Data analysis revealed that when presented as one representation, most of the pre-service teachers had adequate understanding about macroscopic representation whereas they had difficulty in understanding and defining submicroscopic and symbolic levels. In addition, describing multiple representations correctly was more difficult than describing single level representations. When presented as a part of multiple representation, pre-service teachers were better at identifying macroscopic representation when compared to submicroscopic and symbolic ones. In addition, results revealed that pre-service science teachers were better than pre-service chemistry teachers in understanding macroscopic representations whereas the percentage of pre-service chemistry teachers with correct definitions about submicroscopic representation was the highest. With respect to understanding symbolic representations, the percentage of sophomore pre-service science teachers with correct definitions was the lowest while freshmen pre-service science teachers had the most difficulty in defining multiple representations. Recommendations for science teacher educators and science education researchers were provided based on the findings of the study.

Keywords: pre-service science teachers, chemical representations, textbooks, and case study

Giriş

Kimya, duyu organları ile erişilebilen bir başka deyişle makroskobik boyuttaki olayların nasıl gerçekleştiğini atom, molekül ve iyonlar yardımı ile tanecik boyutta açıklamaya çalışan bir bilim dalıdır (Taber, 2013). Bu nedenle, kimya doğası gereği soyut ve farklı kimyasal gösterimlerin (makroskobik, tanecik ve sembolik boyutlar) kullanılmasına uygun bir alandır (Johnstone, 2000a, 2000b). Kimyanın öğrenilmesinin öğrenciler için zor olmasının nedenlerinden biri, öğrencilerin “çok boyutta” yani aynı anda farklı boyutlarda düşünmelerini gerektirmesidir (Johnstone, 1991). Bununla birlikte farklı kimyasal gösterimlerin kullanımı kimyanın soyut doğasından kaynaklanan sınırlılıkların ortadan kaldırılmasına katkıda bulunmakta (Talanquer, 2011) ve makroskobik boyuttaki olayların kimyasal süreçlerini görselleştirmeye, tartışmaya ve anlamaya yardımcı olmaktadır (Kozma & Russel, 2005). Bu nedenle kimya öğrencilere makroskobik (duyu organları ile erişilebilir), tanecik (atom, molekül ve iyon) ve sembolik (semboller ve formüller) boyutlarda sunulmalı ve bu boyutlarda öğrencilerin anlamlı öğrenmelerinin gerçekleşmesi sağlanmalıdır (Johnstone, 1991). Yapılan çalışmalar da farklı gösterimlerin kullanımının öğrencilerin anlamasına ve hatırlamasına katkıda bulunduğunu göstermiştir (Carney & Levin, 2002).

Kimyasal gösterimler anlamlı öğrenmeyi sağlama açısından önemli olmalarına rağmen öğrenciler bu gösterimleri kendileri yorumladıkları zaman yanlış kavramlara sahip olabilmektedirler (Chittleborough & Treagust, 2008). Ayrıca, öğretmenler kimya öğretiminde öğrencilerin farklı boyutlar arasında geçiş yapmalarını gerektiren öğrenme etkinlikleri gerçekleştirmektedirler (ör. laboratuvarında makroskobik boyutta yapılan gözlemleri tanecik boyutta öğrencilerin yorumlamasını beklemek). Ancak, öğrenciler için bu boyutları birbiri ile ilişkilendirmek kolay değildir (Gabel, 1999). Bu durum da öğrencilerde kimya kavramlarını öğrenmek zordur algısına yol açmaktadır (Johnstone, 1991). Bu nedenle, öğrencilerin kimyasal gösterimler yoluyla anlamlı öğrenmesinin gerçekleşmesi bekleniyor ise öğretmenler hem gösterimlerin anlamını açıklamalı (Stylianidou, 2002) hem de farklı boyutlardaki kimyasal gösterimler arasında ilişki kurmayı öğrencilere öğretmelidir (Gabel, 1999; Head, Yoder, Genton, & Sumperl, 2017; Yıldırım, 2019). Bu özelliklere sahip bir öğretmenin kimyasal gösterimler ve özellikleri, farklı gösterim türleri arasındaki ilişkiler ve gösterimler ile öğretim konularında yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir (Demircan ve Demirdöğen, 2019; Head diğ., 2017).

Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri kullanarak etkili bir öğretim gerçekleştirecek şekilde yetiştirilmesi için öncelikle onların kimyasal gösterimleri

anlama düzeylerini belirlemek gereklidir (Head diğ., 2017; Yıldırım, 2019). Böylece fen alanındaki öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeyleri ve eksiklikleri belirlenerek öğrenme ve öğretmeye engel oluşturabilecek durumlar ortadan kaldırılabilir. Ulusal düzeyde alanyazında yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle bu çalışmaların belirli bir kimya konusunda öğretmen adaylarının anlayışlarını kimyasal gösterimler yolu ile belirlemeye odaklandığı görülmüştür (Ekiz-Kıran, Kutucu, Tarkın-Çelikkıran ve Tüysüz, 2018; Yalçın-Çelik, Turan-Oluk, Üner, Ulutaş ve Akkuş, 2017). Uluslararası düzeyde öğretmen adayları ile yapılan ve öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini belirlemeye yönelik çalışmaların sayısı azdır (Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015). Bu nedenle bu araştırmanın amacı fen alanındaki öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini incelemektir. Kimyasal gösterimlerin öğrenme üzerine etkisi göz önüne alındığında ve fen alanındaki öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerine yönelik sınırlı sayıda çalışma (Head diğ., 2017; Yıldırım, 2019) bulunması nedeniyle bu çalışmanın alanyazına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bu çalışma, öğretmen eğitimi programlarında öğretmen adayları için kimyasal gösterimler ve öğretimde kullanımına yönelik bir eğitimin nasıl tasarlanması gerektiği konusunda temel oluşturacaktır. Araştırma soruları şu şekildedir:

- Fen alanındaki öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlamaları ne düzeydedir?
- Fen bilgisi ve kimya öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki gösterimleri anlama düzeyleri arasında nasıl farklılıklar vardır?

Teorik Çerçeve: Kimyasal Gösterim Nedir?

Kimya doğası gereği soyut bir bilim dalı olduğu için (Gabell, 1999), kimyasal gösterimler, kimya kavramlarının öğretilmesinde yol gösterici bir role sahiptirler (Head diğ., 2017). Kimyasal gösterimler olmadan, soyut kimya kavramlarını öğrenmek doğru bir zihinsel model geliştirmeyi engelleyebilmektedir (Head diğ., 2017). Bu nedenle, kimya öğretiminde gösterimlerin kullanılması, tanecik boyutundaki kimyasal olayların görselleştirilmesini, tartışılmasını ve anlaşılmasını sağlaması açısından önem taşımaktadır (Kozma & Russel, 2005). Kimyanın doğası gereği gösterimler makroskobik, sembolik ve tanecik olmak üzere üç boyutta tanımlanmıştır (Johnstone, 1991, 1993; Taber, 2013). Johnstone (2000a, 2000b) bu üç gösterim türünden her birinin bir üçgenin köşesi olarak düşünülebileceğini, bir gösterim türünün diğerinden üstün olmadığını ve her birinin diğerini tamamladığını ifade etmiştir.



Makroskobik boyut; madde ve olgular ile ilgili somut yaşantılar edinilebilen bir başka deyişle madde ve olguların, görülebilir, dokunulabilir ve koklanabilir olduğu boyuttur (Johnstone, 2000a, 2000b). Bu nedenle, makroskobik boyutta, kimya laboratuvarında ve günlük hayatta edindiğimiz yaşantılarımız olarak düşünülebilir (Johnstone, 2000b). Örneğin buzun erimesi, ısı değişimi, mumun yanması ve kimyasal değişimin delillerinden olan renk değişimi makroskobik boyuta örnek olarak verilebilir.

Tanecik boyut; atom, molekül ve iyonlar (Johnstone, 2000a, 2000b) gibi doğrudan gözlemlenemeyen taneciklerin dizilişlerinin ve hareketlerinin çizimler ya da modeller yoluyla gösterildiği boyut olarak tanımlanabilir (Ekiz Kıran diğ., 2018; Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 2000a, 2000b). Demir atomunun çekirdeğinde bulunan proton ve nötronları farklı renklerde küreler ile, demir atomunda elektronların bulunduğu yörüngeleri çizgiler ile ve elektronları da farklı bir renk ile çizip göstermek tanecik boyuttaki gösterimlere örnek olarak verilebilir. Tanecik boyutun diğer bir özelliği de madde veya olayların makroskobik boyutuna atom, iyon, molekül ve atom altı parçacık kavramları ile açıklama getirmesidir (Gilbert & Treagust, 2009; Taber, 2013). Örneğin, potasyum klorürün suda çözünmesini, su moleküllerinin potasyum ve klorür iyonlarını nasıl sardığını çizerek göstermek, çözünmenin tanecik boyutta gösterimine örnek olarak verilebilir. Tanecik boyut için İngiltere’de “submicroscopic” (Johnstone, 1993, 2000a, 2000b) terimi kullanılmaktadır ve bu terimin Türkçe karşılığı “alt mikroskobik ya da mikroskop altı” terimleridir. Bu tanımdan yola çıkarak hem maddeyi oluşturan temel tanecikler (ör. atom, molekül ve iyon) hem de atom altı parçacıklar (ör., proton, nötron ve elektron) bu boyutta yer aldığından daha kapsayıcı bir ifade olması adına “alt mikroskobik ya da mikroskop altı” ifadesi yerine “tanecik” terimi bu çalışmada kullanılmıştır.

Sembolik boyut ise kimyanın harfler, sayılar, kimyasal eşitlikler, semboller, formüller, grafikler ve reaksiyon mekanizmalarını içeren boyutu olarak tanımlanabilir (Ebenezer, 2001; Gilbert, 2010; Johnstone, 2000b). Kimya ile uğraşanlar hem makroskobik hem de tanecik boyutları temsil etmek için semboller kullanırlar (ör. element sembolleri, kimyasal formüller, kimyasal eşitlikler) (Gabel, 1999). Diğer bir ifadeyle, sembolik gösterimler, tanecik ve makroskobik boyuttaki gösterimler arasında bir aracı rolüne sahiptir (Taber, 2009). Elementlerin sembolleri (Mg), bileşiklerin formülleri (MgCl₂) ve çeşitli değişkenler için kullanılan harfler (ör. hacim için V), sabitler (ör. K_d) ve Lewis yapıları sembolik boyuttaki gösterimlere örnek olarak verilebilir.



Öğretmen Adaylarının Kimyasal Gösterimler Hakkındaki Anlayışlarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalar

Fen ve kimya eğitimi alanındaki araştırmalarda, kimyasal gösterimlerden bazen belirli kimya kavramları hakkındaki anlayışları belirlemek için bazen de gösterimler hakkındaki anlayışları ortaya çıkarmak amacıyla yararlanılmıştır. Ulusal alanyazında yapılan araştırmalar incelendiğinde bu araştırmaların genellikle belirli bir kimya konusunda öğretmen adaylarının anlayışlarını kimyasal gösterimler yoluyla belirlemeye odaklandığı görülmüştür. Örneğin, Yalçın-Çelik ve arkadaşlarının (2017) yaptığı araştırmada, kimya öğretmen adaylarının asitlik kavramı ile ilgili anlayışları tanecik boyutundaki çizimler ile incelenmiştir. Benzer bir çalışmada da kimya öğretmen adaylarının çözünürlük konusuna ilişkin anlayışları tanecik boyutundaki çizimler ile araştırılmıştır (Tarkın-Çelikkıran ve Gökçe, 2019). Başka bir çalışmada da kimya öğretmen adaylarının kimyasal denge konusundaki makroskobik, sembolik ve tanecik boyutlarındaki bilgi düzeyleri ortaya çıkarılmıştır (Ekiz-Kıran diğ., 2018). Ok (2019) ise, kimya öğretmen adaylarının sıvılar konusunda kimyasal gösterimlere ait görüşlerini ve olası kavram yanlışlarını incelemiştir. Kimya öğretmen adaylarının metalik bağ ile ilgili zihinsel modellerini ve metalik bağ hakkındaki kavramalarını ortaya çıkarmaya çalışan başka bir çalışmada da öğretmen adaylarından tanecik boyutunda çizim yapmaları ve yaptıkları çizimleri açıklamaları istenmiştir (Nakiboğlu, 2019). Diğer bir çalışmada da fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı konusunda tanecik ve makroskobik boyuttaki anlayışlarına odaklanılmıştır (Okumuş, Öztürk, Doymuş ve Akyar, 2014).

Alanyazında fen alanındaki öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Head ve arkadaşları (2017) kimya öğretmen adaylarının kimyasal gösterimler hakkındaki anlayışlarını belirlemek için yeni bir kart derecelendirme (İngilizce’de “card sorting” olarak bilinen) yöntemi kullanmışlardır. Bu araştırmaya son sınıfta okuyan 10 kimya öğretmen adayı katılmıştır. Veri toplamaya başlamadan önce, öğretmen adaylarından kimyasal gösterimleri açıklayan (Johnstone, 1993) makaleyi okumaları istenmiştir. Daha sonra, bir Genel Kimya ders kitabında yer alan ve her biri farklı kimyasal gösterimi içeren 26 kart öğretmen adaylarına sunulmuştur. Ayrıca öğretmen adaylarına, her bir köşesinde bir kimyasal gösterimin adının (makroskobik, sembolik ve tanecik boyut) yazdığı eşkenar üçgen içeren çalışma kâğıtları verilmiştir. Öğretmen adaylarından ilk olarak karttaki her bir kimyasal gösterimi tanımlamaları istenmiştir. Daha sonra, kartta yer alan her bir kimyasal gösterimi göreceli olarak üçgen üzerine yerleştirmeleri ve derecelendirmeleri istenmiştir. Kart derecelendirme aktivitesinden sonra,



öğretmen adaylarıyla kimyasal gösterimler hakkındaki anlayışları üzerine görüşmeler yapılmıştır. Araştırmanın bulguları, bu yöntemin kimya öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini belirlemede kullanılabilir geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, öğretmen adayları makroskobik gösterimlerin varlığını ya da yokluğunu kolay bir şekilde tespit etmiştir. Araştırmacılar, bu bulguyu, makroskobik boyutun daha somut olduğu gerçeğine bağlamışlardır. Öğretmen adayları, doğası gereği sembolik gösterimler içeren matematiksel denklemleri kolayca fark etmişler; ancak bu çalışmada sembollerin neyi temsil ettiğini doğru bir şekilde tanımlayıp tanımlamadıkları araştırılmamıştır. Tanecik boyutta bir gösterim varlığında grafik ya da element sembolü içeren bir sembolik gösterim kartı sunulduğunda öğretmen adaylarının cevapları farklılık göstermeye başlamıştır. Bunun yanında, öğretmen adayları birden fazla gösterim içeren yapıları tanımlamakta zorlanmışlardır. Araştırmacılar bu bulguyu öğretmen adaylarının kartlar üzerinde çalışırken kartta öne çıkan gösterime ya da adayın ön bilgisinin olduğu gösterime odaklanmasına bağlamışlardır.

Yıldırım (2019) çalışmasında, fen bilgisi öğretmen adaylarının kimyasal gösterimlere yönelik anlayışlarını incelerken, aynı zamanda kullandıkları ders kitaplarının öğretmen adaylarının kimyasal gösterimlere yönelik anlayışlarını nasıl etkilediğini de araştırmıştır. Bu nitel durum çalışmasında, üçüncü ve dördüncü sınıfta okuyan toplam 18 fen bilgisi öğretmen adayının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini ölçmek amacıyla Genel Kimya ders kitabında yer alan kimyasal gösterimlerden oluşan 27 kart hazırlanmıştır. Öğretmen adaylarının bu kartlarda yer alan kimyasal gösterimler hakkındaki ön bilgilerini belirlemek amacıyla onlarla görüşmeler yapılmış ve öğretmen adaylarından kartlar hakkında ne düşündüklerini yazmaları istenmiştir. Daha sonra, kimyanın üçlü gösterimi ile ilgili bilgi ve örneklerin paylaşıldığı çalışmada, bu gösterimlerin farklılıkları ve aralarındaki ilişkinin kurulmasının önemi ifade edilmiştir. Ayrıca, Head ve arkadaşlarının (2017) önerdiği şekliyle eşkenar üçgen içeren bir çalışma kâğıdı öğretmen adaylarına verilmiştir. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarıyla bireysel görüşmeler yapılmış ve bu görüşmelerde onlardan kartlardaki kimyasal gösterimleri tekrar tanımlamaları ve üçgen üzerinde kimyasal gösterimin ait olduğu yeri gösteren yüzdelik değeri nasıl belirlediklerini açıklamaları beklenmiştir. Araştırmanın bulgularına göre, çalışma öncesinde öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri tanımlamaya yönelik bir bilgiye sahip olmadan sadece kartlarda yer alan görselleri tasvir ettikleri, gösterimlerin isimlerine yer vermedikleri ve bu gösterimler arasında ilişki kurmadıkları ortaya çıkmıştır. Çoklu gösterimlerin yer aldığı kartlarda sadece tek bir gösterime yönelik açıklama yaptıkları,



kimyanın üçlü gösteriminden bahsetmedikleri ve gösterimler arasında herhangi bir ilişki kuramadıkları tespit edilmiştir. Kimyanın üçlü gösterimine yönelik yapılan çalışma sonrasında, öğretmen adaylarının tekli gösterim içeren kartlarda yer alan gösterimleri belirlemede oldukça başarılı oldukları ve çoklu gösterimleri belirlemede zorlansalar bile gösterimler arasında bağlantı kurabildikleri ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları görselleri açıklarken ön bilgilerine dayalı olarak yapılan görüşmelerde kullandıkları ifadeleri kullansalar da bu kez açıklamalarında kimyasal gösterimleri de kullanmışlardır. Ayrıca, öğretmen adaylarının tek bir gösterime sahip olan kartlardan makroskobik gösterim bulunan görsellerde daha başarılı oldukları ifade edilmiştir. Bunun yanında, dördüncü sınıf öğretmen adaylarının genel olarak üçüncü sınıf öğretmen adaylarına göre kimyasal gösterimleri belirlemede daha başarılı oldukları belirlenmiştir.

Araştırma Yöntemi

Araştırma Deseni

Bu çalışma ile fen alanındaki öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda belirlenen araştırma sorusuna cevap bulmak için nitel araştırma yöntemlerinden “durum çalışması” araştırmanın planlama, veri toplama ve veri analizinde araştırmacılara yol göstermiştir. Durum çalışması belirli sınırları olan bir sistem içinde gerçekleşen bir olgunun bir veya birden çok durum yardımı ile araştırılmasına olanak sağlayan nitel araştırma desenlerindedir (Creswell, 2007). Durum çalışmalarının önemli bir özelliği de mevcut durumlara odaklanması ve nasıl sorusuna cevap aramasıdır. İstatistiksel genellemeler yapmak yerine var olan teorileri genişletmek durum çalışmasının öne çıkan özelliklerindedir (Yin, 2009). Bu çalışmada Johnstone (2000a) tarafından kimyasal gösterimler için önerilen model öğretmen adaylarının ders kitaplarındaki görselleri nasıl anlamlandırdıklarını araştırmak amacıyla kullanılmış ve kimyasal gösterimlerle ilgili modelin (Johnstone, 2000a) genişletilmesi amaçlanmıştır. Durum çalışmaları amaçlarına göre sınıflandırıldığında bu araştırma tanımlayıcı durum çalışması olarak sınıflandırılabilir (Yin, 2009). Tanımlayıcı durum çalışmalarında amaç var olan teorileri kullanarak olguyu tanımlamaktır. Johnstone (2000a) tarafından önerilen ve gösterimlerle ilgili alanyazında var olan model kullanılarak bu çalışmada öğretmen adaylarının ders kitaplarındaki görselleri anlama düzeyleri tanımlanmıştır.

Katılımcılar



Araştırmanın katılımcılarını fen bilgisi ve kimya öğretmen adayları oluşturmaktadır. Altısı fen bilgisi ve üçü kimya alanından olmak üzere dokuz öğretmen adayı araştırmaya katılmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılardan üçü bir devlet üniversitesinin Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı'nda birinci sınıfa, üçü ikinci sınıfa devam etmekte olup diğer üç öğretmen adayı da aynı devlet üniversitesinde kimya eğitimi üzerine pedagojik formasyon sertifika programı kapsamında öğrenim görmektedir. Katılımcılar birbirlerinden kimya öğrenme yaşantısı açısından farklılık göstermektedirler. Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, ikinci sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları Kimya 1 ve Kimya 2 derslerini almış ve bu derslerde kimyasal gösterimlerin kullanıldığı bir öğretim sürecine dahil olmuşlardır. Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, birinci sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları kimyasal gösterimlerle öğretimin gerçekleştiği Kimya 1 dersini almaktadırlar. Kimya eğitimi üzerine pedagojik formasyon sertifika programı kapsamında öğrenim gören öğretmen adayları ise diğer katılımcılara göre daha fazla sayıda ve türde kimya dersi almışlardır. Bununla birlikte yapılan görüşmelerde bu katılımcılar lisans düzeyinde kimyasal gösterimlerin etkili şekilde kullanımı ile kimya öğretimini destekleyen öğrenim yaşantılarının yok denecek kadar az olduğunu ifade etmişlerdir. Katılımcılar, öğretmen adayları arasından araştırma için uygun olanlar belirlenerek kolay ulaşılabilir (İngilizce'de convenience olarak bilinen) örnekleme yöntemi ile seçilmiştir (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2012).

Veri Toplama Araçları

Alanyazında, öğrencilerin sunulan kavramlar hakkında oluşmuş zihinsel durumlarını ortaya koymak amacıyla bire bir görüşmeler yapılması ve açık uçlu sorular kullanılması önerilmiştir (Coll & Treagust, 2001). Bu araştırmada, fen alanındaki öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini ortaya çıkarmak için öğretmen adayları ile açık uçlu sorulardan oluşan yüz yüze ve bireysel yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de devlet üniversitelerinde yaygın olarak kullanılan bir Genel Kimya ders kitabında farklı konuların öğretiminde kullanılan 23 adet gösterim seçilerek bu gösterimler yarı-yapılandırılmış görüşme formunun hazırlanmasında kullanılmıştır. Gösterimlerin seçiminde konuların farklı olmasına ve boyut kapsamına giren farklı türde gösterim örneklerine yer verilmesine dikkat edilmiştir. Görüşme formunda makroskobik boyut için üç, tanecik boyut için beş, sembolik boyut için sekiz ve farklı boyutların bir arada olduğu çoklu gösterim için yedi adet soruya yer verilmiştir. Her bir boyut için soru sayısının eşit olmamasının birbiri ile bağlantılı iki nedeni vardır. Birincisi makroskobik boyut gözlemlenebilen ve somut yaşantı edinilebilen bir boyut olduğu için bu boyut için görüşmede

kullanılacak gösterim türü sayısı sınırlıdır. Tanecik boyut kapsamında atom, molekül, iyon ve atomun yapısını oluşturan yapıları (ör. elektron ve orbital) içeren gösterimler yer aldığından görüşme formunda bu boyut için makroskobik boyuta göre daha fazla sayıda görsel yer almaktadır. Benzer şekilde bileşik formülü, kimyasal eşitlik, matematiksel eşitlik, yapısal formül (ör. Lewis yapısı ve çizgi-bağ formülü), elektron dağılımı ve grafik gibi çeşitli gösterim örnekleri sembolik boyut kapsamına girdiğinden bu boyut için görüşme formunda yer alan soru sayısı tanecik boyuttakine göre daha fazladır. Çoklu gösterimlerde iki boyut (ör. makroskobik ve tanecik) ya da üç boyutun (makroskobik, tanecik ve sembolik) bir arada bulunduğu örnek durumlar fazla olduğundan çoklu gösterim için görüşmede makroskobik ve tanecik boyuttakine daha fazla soru yer almıştır. Her bir boyut kapsamında yer alan gösterim türü sayısının farklı olmasının bir sonucu olarak ders kitabında makroskobik, tanecik, sembolik ve çoklu gösterimler için kitaplardaki örnek görsel sayısı da farklıdır. Öğretmen adaylarından her bir soruda verilen görseldeki gösterim boyutunu tanımlamaları ve neden böyle bir tanım yaptıklarını açıklamaları istenmiştir. Görüşme soruları hazırlandıktan sonra bir kimya eğitimi uzmanından görüş alınmış ve pilot çalışması yapılmıştır. Pilot çalışmada 9 fen bilgisi öğretmen adayı ile yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma sonucu elde edilen veriler doğrultusunda görüşmede yer alan sorular tekrar gözden geçirilmiş ve görüşmeye son hali verilmiştir. Örnek görüşme soruları Ek'te sunulmuştur.

Veri Analizi

İçerik analizi “belirli kurallara dayalı kodlamalarla bir metnin bazı sözcüklerinin daha küçük içerik kategorileri ile özetlendiği sistematik, yinelenebilir bir teknik” (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2014, s. 240) olarak tanımlanabilir. Yalnızca kitap, kitap bölümleri, mektup, gazete, kısa yazı ve resim gibi tarihsel dokümanları oluşturan metinler üzerinde değil, görüşme, günlük tartışma metinleri ve bunlara ek olarak resim, televizyon programı gibi görsel elementler de içerik analizine tabi tutulabilir (Büyüköztürk diğ, 2014). Bu araştırmada öğretmen adayları ile gerçekleştirilen yarı-yapılandırılmış görüşmelerin ses kayıtlarının dinlenip yazılması ile elde edilen metinler içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizi sürecinde alanyazında öğrencilerin çeşitli konulardaki anlayışlarını analiz etmek için kullanılan (Demircioğlu, Demircioğlu, Ayas ve Kongur, 2012; Şendur ve Toprak 2013) kodlardan yola çıkarak öğretmen adaylarının anlayışları “doğru”, “kısmen doğru” ve “yanlış” şeklinde kodlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Yarı-yapılandırılmış görüşmelerin analizinde kullanılan kodlar ve tanımları

Gösterim	Kod	Tanım
----------	-----	-------

Tekli gösterim	Doğru	Gösterimin doğru bir şekilde tanımlandığı ve tanımlanan boyut ile ilgili açıklamaların doğru şekilde yapıldığı cevaplardır.
	Kısmen doğru	Gösterimin doğru bir şekilde tanımlandığı ancak boyut ile ilgili açıklamaların doğru olmadığı cevaplar ya da gösterim ile ilgili açıklamaların doğru ancak boyutun kendisinin doğru bir şekilde tanımlanmadığı cevaplardır.
	Yanlış	Gösterim ve tanımlanan boyut ile ilgili açıklamaların doğru olmadığı cevaplar ya da cevap verilmeyen durumlardır.
Çoklu gösterim	Doğru	Çoklu gösterimdeki tüm gösterim türlerinin doğru bir şekilde tanımlandığı ve tanımlanan her bir boyut ile ilgili açıklamaların doğru şekilde yapıldığı cevaplardır.
	Kısmen doğru	Çoklu gösterimdeki gösterim türlerinden sadece bir kısmının doğru bir şekilde tanımlandığı ve boyutlarla ilgili açıklamaların bir kısmının doğru şekilde yapıldığı cevaplardır.
	Yanlış	Çoklu gösterimdeki gösterim türlerinin ve boyutlarla ilgili açıklamaların yanlış olduğu cevaplar ya da cevap verilmeyen durumlardır.

Geçerlik, Güvenirlik ve Etik

Veri toplama sürecinde geçerlik ve güvenilirlik olguları araştırmada kullanılan görüşme sorularının geliştirilmesi sırasında göz önünde bulundurulmuştur. Yarı-yapılandırılmış görüşmelerin geçerliği uzman incelemesi ve pilot çalışma yapılarak sağlanmıştır. Yarı-yapılandırılmış görüşme soruları araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve gösterimler konusunda çalışmaları olan bir kimya eğitimi uzmanından görüş alınmıştır. Görüşme sorularının pilot uygulamada kullanılan versiyonu 2017-2018 güz yarıyılında fen eğitimi anabilim dalında öğrenim görmekte olan dokuz öğretmen adayına uygulanmıştır. Pilot uygulama görüşmeleri yazıya döküldükten sonra araştırmacılar ve kimya eğitimi uzmanı tarafından incelenmiş ve araştırmanın amacı doğrultusunda gözden geçirilmiştir. Görüşme sorularının her iki versiyonu (pilot uygulama ve asıl) araştırma sorusuna uygunluk, araştırmada odaklanılan boyutları kapsama ve görsel uygunluk (soru türü, soru sayısı) açılarından uzman tarafından incelenmiştir. Uzman dönütleri doğrultusunda görüşme soruları son haline getirilerek asıl uygulama sürecinde kullanılmıştır. Böylece veri toplama aşamasında görüşme sorularının odaklanılan olguyu ölçme açısından geçerliğini sağlama ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Veri analizi için geçerlik ve güvenilirlik olguları görüşmelerin analizi sürecinde dikkate alınmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin içerik analizinde kullanılan kodların geçerliği alanyazındaki (Demircioğlu diğ., 2012; Şendur ve Toprak, 2013) çalışmalarla desteklenmiştir. İçerik analizinde kullanılan bu kodların uygunluğu, tanımları ve ayırt ediciliği bir kimya eğitimi uzmanı tarafından incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İçerik analizinde kullanılan kodların belirlenmesinden sonra üç öğretmen adayına ait veriler araştırmacı ve kimya eğitimi uzmanı tarafından bağımsız şekilde içerik analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra kodlayıcılar bir araya gelmiş, kodlamalardaki tutarsızlıklar tartışılmış

ve görüş birliğine ulaşılmıştır. Bu fikir birliğine dayanarak kalan veriler bir araştırmacı tarafından analiz edilmiştir. Araştırmacı analiz sürecinde gereken durumlarda kimya eğitimi uzmanından görüş almıştır. Kodlayıcılar arası güvenilirlik, her bir öğretmen adayı için % 90 ile % 95 arasında değişmektedir (Cohen, Manion, & Morrison, 2000).

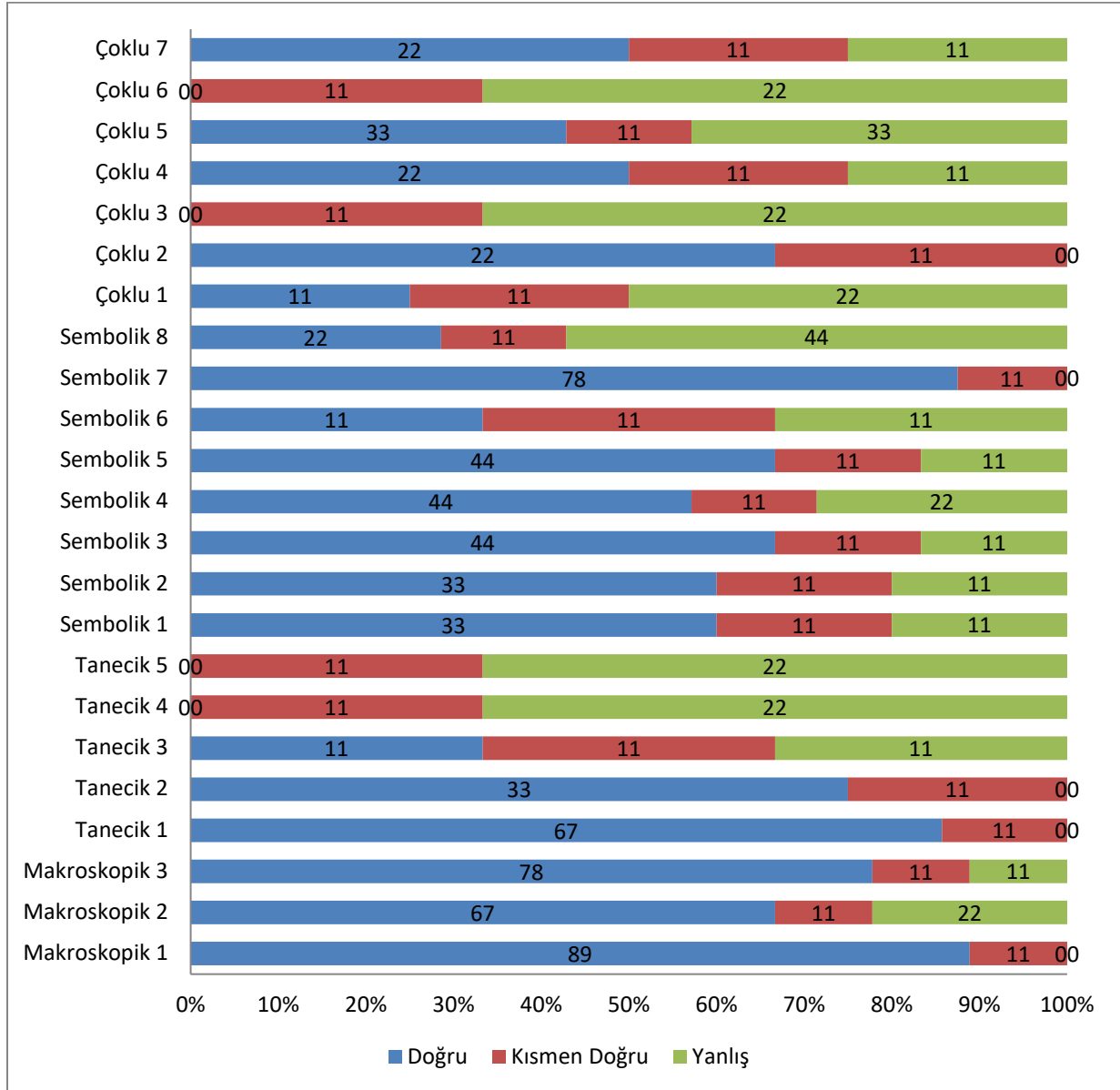
Araştırma için Etik izin, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kuruluna başvurularak alınmıştır. Etik izin alındıktan sonra çalışmaya katılan öğretmen adayları araştırma hakkında bilgilendirilmiş ve katılım tamamen gönüllülük esasına dayalı şekilde gerçekleşmiştir. Araştırma başlamadan önce katılımcıların araştırma ve süreci hakkında bilgilendirme içeren “Gönüllü Katılım Formu’nu” imzalamaları sağlanmıştır. Yazım sürecinde katılımcılar için takma isimler kullanılmış ve araştırmacılar dışında veriye olan erişim engellenerek verilerin gizliliği sağlanmıştır. Katılımcıların araştırma sürecinde fiziksel, zihinsel ya da psikolojik olarak zarar görmemesine dikkat edilmiştir. Böylece “etik olgular” (katılımcıların aldatılmaması, katılımcıları her türlü zarardan koruma ve gizlilik) göz önünde bulundurulmuştur (Frankel diğ., 2012).

Bulgular

Bu çalışma ile fen alanındaki öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini ortaya çıkarmak için yarı-yapılandırılmış görüşmeler yolu ile toplanan veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizi sonucunda elde edilen bulgular bu bölümde araştırma soruları dikkate alınarak sunulacaktır.

Fen Alanındaki Öğretmen Adaylarının Genel Kimya Ders Kitaplarındaki Kimyasal Gösterimleri Anlama Düzeyleri

Öğretmen adaylarının gösterimler hakkındaki anlayışları ile ilgili bulgular (Şekil 1) her bir gösterim boyutu (ör. makroskobik, tanecik, sembolik ve çoklu) için ayrı ayrı ele alınacaktır.



Şekil 1. Öğretmen adaylarının tekli ve çoklu gösterimler hakkındaki anlayışlarının her bir sorudaki dağılımı

Öğretmen adaylarının büyük bir kısmı makroskobik boyuttaki gösterimleri anlamakta çok fazla zorluk yaşamamış ve bu boyuttaki her üç gösterimi çoğunlukla doğru şekilde tanımlamışlardır. Doğru cevapların oranı katı halde bakır ve kükürt gösterimi (makroskobik-1) için %89 (N=8), altın ve çinko metallerinin sulu hidroklorik asit çözeltisi ile tepkimesine ait gösterim (makroskobik-2) için %67 (N=6) ve sodyum ve potasyum tarafından alev denemesinde yayılan ışığın gösterimi (makroskobik-3) için ise %78'dir (N=7) (Şekil 1).

Öğretmen adaylarının tanecik boyutu anlama düzeyleri gösterimden gösterime değişiklik göstermiştir. Öğretmen adaylarının büyük bir çoğunluğu (%67, N=6) karbon monoksit ve karbon dioksit moleküllerinin top-çubuk modellerine ait gösterimi (tanecik-1)

doğru tanımlamışlardır. Bununla birlikte 2 tane azot monoksit molekülü ve 1 tane oksijen molekülü arasında gerçekleşen tepkime sonucu 2 tane azot dioksit molekülünün oluşumunun top-çubuk modelleri ile gösterimini (tanecik-2, N=3, %33) ve p_z orbital gösterimini (tanecik-3, N=1, %11) doğru tanımlayanların oranı düşüktür (Şekil 1). Bütan molekülünün uzay-dolgu modeline (tanecik-4) ve grafitte karbon atomlarının tabakalar halinde düzenlenmesine (tanecik-5) ait gösterimleri doğru tanımlayan öğretmen adayları bulunmamaktadır. Bir başka deyişle tanecik boyutundaki gösterimleri tanımlamak katılımcılar için makroskobik boyutundakilere göre daha zor olmuştur. Tanecik boyutunda kısmen doğru anlayışa sahip olan öğretmen adaylarının oranı gösterimlerin neredeyse tamamında (tanecik-1 gösterimi hariç) doğru ve yanlış anlayışa sahip öğrencilerin oranlarına göre oldukça fazladır (Şekil 1).

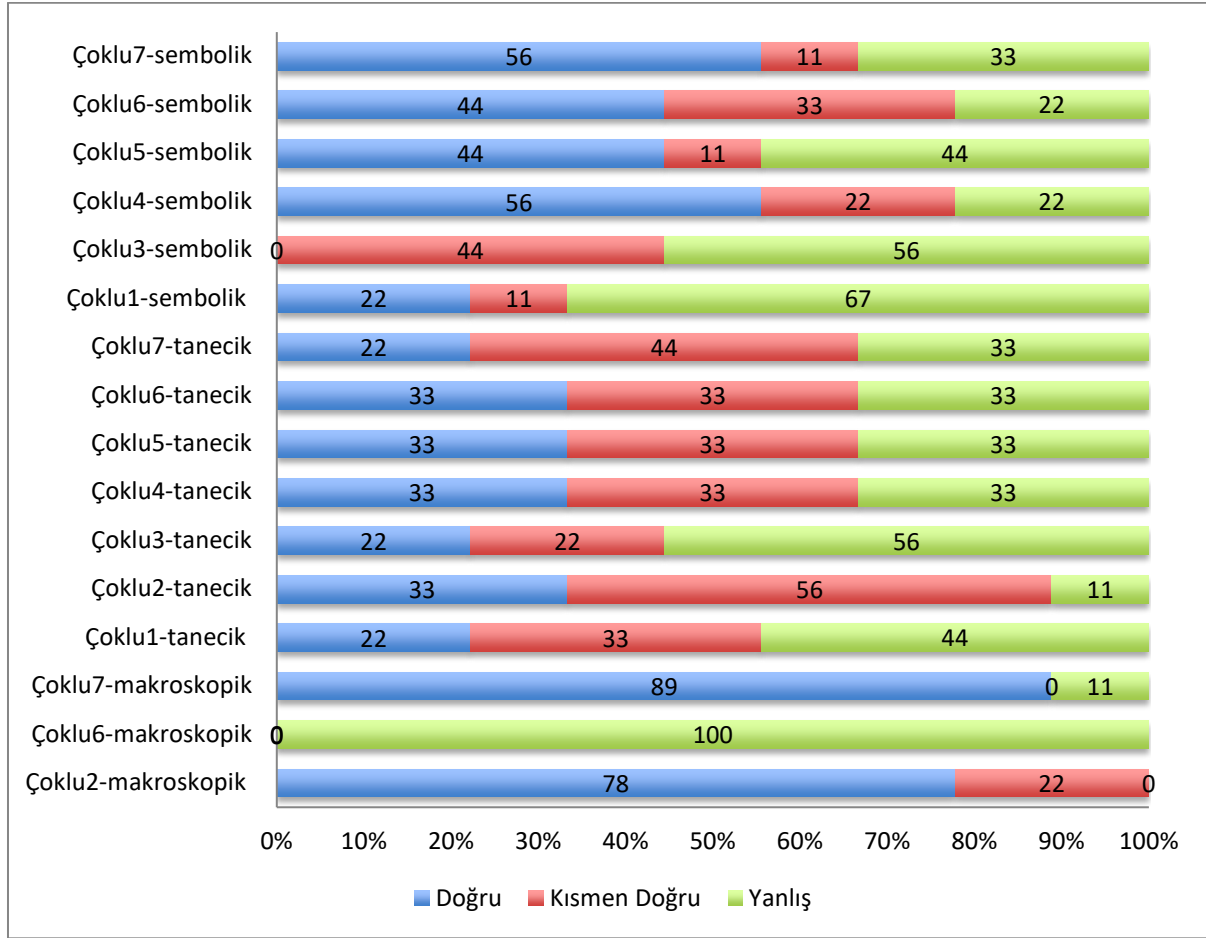
Öğretmen adaylarından görüşmelerde sembolik boyuttaki sekiz farklı gösterimi tanımlamaları istenmiştir. Öğretmen adaylarının çoğu (%78, N=7) basınçlar türünden denge sabiti (K_p) ile derişimler türünden denge sabiti (K_c) arasındaki ilişkinin sembolik gösterimini (sembolik-7) tanımlamakta zorluk yaşamamıştır (Şekil 1). Tanımlamakta en fazla zorluk yaşanan etan ve ozon arasındaki tepkimenin kimyasal eşitliğinin yer aldığı ve bu tepkimeye ait etan ve oksijenin derişim-zaman grafiğine ait gösterimdir (sembolik-8) ve bu gösterimdeki yanlış cevapların oranı %44'tür (N=4). Bununla birlikte temel haldeki nötr karbon atomundaki elektron dağılımına (sembolik-6) ait gösterim, kısmen doğru anlayışa sahip öğretmen adaylarının oranının en yüksek olduğu (%78, N=7) gösterimdir. Bu gösterimi kısmen doğru anlayış oranlarının (%56, N=5) doğru (%33, N=3) ve yanlış (%11, N=1) anlayışlara göre fazla olduğu propanın (sembolik-1) ve benzenin (sembolik-2) yapısal formüllerine ait gösterimler takip etmektedir. Metanın üç boyutlu yapısal formülüne (sembolik-3), azot atomunun Lewis yapısına (sembolik-4) ve azot monoksit ve oksijen arasındaki tepkime sonucu azot dioksit oluşumuna (sembolik-5) ait gösterimlerde doğru (%44, N=4) anlama oranları eşittir. Kısmen doğru anlayış oranları karşılaştırıldığında Lewis yapısını anlamada (sembolik-4, %33, N=3), üç boyutlu formül (sembolik-3, %44, N=4) ve kimyasal eşitliğe göre (sembolik-5, %44, N=4) öğretmen adayları daha az zorluk yaşamışlardır.

Çoklu gösterimleri anlama düzeyleri incelendiğinde öğretmen adaylarının çoklu gösterimleri doğru tanımlamada tekli gösterimlere (ör. makroskobik, tanecik ve sembolik) göre daha fazla zorluk yaşadığı ortaya çıkmıştır. Çoklu gösterimlerdeki doğru anlayışların oranı tekli gösterimlere göre daha düşüktür. Bununla birlikte çoklu gösterimlerin neredeyse tamamında (çoklu-5 hariç) kısmen doğru anlayışa sahip öğretmen adaylarının oranı doğru ve yanlış cevap verenlere göre oldukça fazladır (Şekil 1). Katı, sıvı ve gaz halde suyun makroskobik ve tanecik

boyutlarını (çoklu-2), helyum atomunun tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-3) ve çinko ve 2+ yüklü bakır iyonu arasında gerçekleşen yükseltgenme-indirgenme tepkimesinin makroskopik, tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-6) içeren gösterimlerde kısmen doğru anlayışların oranı (%78, N=7) diğer gösterimlere göre yüksektir. Etilen molekülünde orbitallerin örtüşmesi ile sigma ve pi bağlarının oluşumunun tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-1), sodyum klorürün tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-4) ve doymuş kurşun (II) iyodür çözeltisine bir miktar potasyum iyodür eklenmesi ile oluşan karışımın makroskopik, tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-7) içeren gösterimlerde de kısmen doğru anlayışların oranı diğer anlayış türlerine göre oldukça yüksektir (%67, N=6). İlginç şekilde hidronyum iyonunun tanecik ve sembolik boyutlarını içeren gösterimde (çoklu-5 için) öğretmen adaylarının doğru, kısmen doğru ve yanlış cevaplarının oranı eşittir (%33, N=3).

Öğretmen adaylarının görüşme formunda yer alan farklı türdeki (iki boyutun [ör. tanecik-sembolik ve makroskopik-tanecik] ya da üç boyutun [makroskopik, tanecik ve sembolik] bir araya gelmesi ile oluşan gösterimler) yedi adet çoklu gösterim hakkındaki anlayışları ile ilgili bulgular ayrıca çoklu gösterimi oluşturan her bir gösterim (ör. makroskopik, tanecik ve sembolik) için de analiz edilmiştir (Şekil 2).

Makroskopik boyut içeren üç adet çoklu gösterim (çoklu-2, çoklu-6 ve çoklu-7) hakkında öğretmen adaylarından veri toplanmıştır. Öğretmen adaylarının çoğu katı, sıvı ve gaz halde suyun makroskopik ve tanecik boyutlarını (çoklu-2, %78, N=7) ve doymuş kurşun (II) iyodür çözeltisine bir miktar potasyum iyodür eklenmesi ile oluşan karışımın makroskopik, tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-7, %89, N=8) içeren gösterimlerde makroskopik boyutu doğru tanımlamıştır (Şekil 2). Bu durumun aksine makroskopik boyutu tanımlamanın en zor olduğu ve tüm öğretmen adaylarının yanlış anlayışa sahip olduğu gösterim çinko ve 2+ yüklü bakır iyonu arasında gerçekleşen yükseltgenme-indirgenme tepkimesinin makroskopik, tanecik ve sembolik boyutlarını içeren (çoklu-6) gösterimdir.



Şekil 2. Öğretmen adaylarının farklı türdeki çoklu gösterimlerde yer alan gösterim türleri hakkındaki anlayışlarının her bir boyuttaki dağılımı

Öğretmen adaylarının çoklu gösterimi oluşturan tanecik boyutundaki gösterim hakkındaki anlayışları incelendiğinde katılımcıların en fazla zorluk yaşadığı gösterimlerin etilen molekülünde orbitalerin örtüşmesi ile sigma ve pi bağlarının oluşumunun tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-1) ve helyum atomunun tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-3) içerenler olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 2). Çoklu-1 (%44, N=4) ve çoklu-3 (%56, N=5) gösterimleri, öğretmen adaylarının neredeyse yarısının tanecik boyutunu yanlış tanımladığı gösterimler olmuştur. Zorluk yaşama açısından bu gösterimleri kısmen doğru anlayış oranlarının yüksek olduğu katı, sıvı ve gaz halde suyun makroskopik ve tanecik boyutlarını (çoklu-2, %56, N=5) ve doymuş kurşun (II) iyodür çözeltisine bir miktar potasyum iyodür eklenmesi ile oluşan karışımın makroskopik, tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-7, %44, N=4) içeren gösterimler takip etmektedir. Çoklu gösterimlerin üç tanesinde (çoklu-4 [sodyum klorürün tanecik ve sembolik boyutları], çoklu-5 [hidronyum iyonunun tanecik ve sembolik boyutlarını] ve çoklu-6 [çinko ve 2+ yüklü bakır iyonu arasında gerçekleşen yükseltgenme-

indirgenme tepkimesinin makroskobik, tanecik ve sembolik boyutları]) doğru, kısmen doğru ve yanlış anlayışa sahip öğretmen adaylarının oranı eşittir (%33, N=3).

Görüşme formunda sembolik boyut içeren altı adet çoklu gösterim bulunmaktadır. Bu gösterimler arasında sembolik gösterimi tanımlamanın öğretmen adayları için en zor olduğu gösterim helyum atomunun tanecik ve sembolik boyutlarını içeren gösterimdir (çoklu-3). Bu gösterimde sembolik gösterimi doğru tanımlayan öğretmen adayı bulunmamaktadır. Etilen molekülünde orbitallerin örtüşmesi ile sigma ve pi bağlarının oluşumunun tanecik ve sembolik boyutlarını içeren gösterimde de (çoklu-1) sembolik boyutu doğru tanımlamak (%22, N=2) katılımcılar için nispeten zor olmuştur. Diğer çoklu (çoklu-5 ve çoklu-6) gösterimlerde sembolik boyutu tanımlamak öğretmen adayları için daha kolay olsa da hidronyum iyonunun tanecik ve sembolik boyutlarını içeren (çoklu-5 için) ve çinko ve 2+ yüklü bakır iyonu arasında gerçekleşen yükseltgenme-indirgenme tepkimesinin makroskobik, tanecik ve sembolik boyutlarını (çoklu-6) içeren gösterimlerde doğru cevap oranları (%44, N=4) kısmen doğru ve yanlış cevap oranlarına göre daha düşüktür.

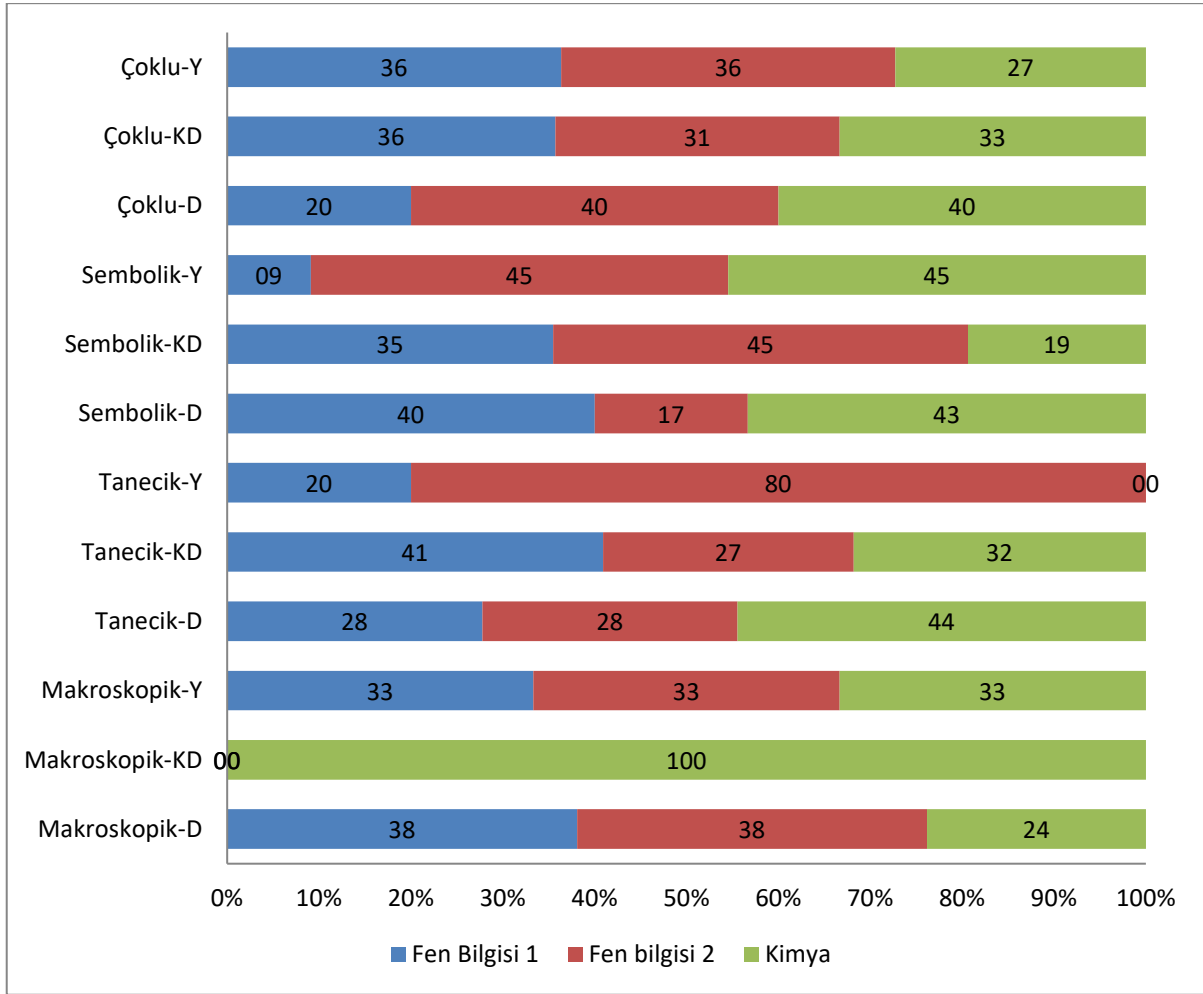
Fen Bilgisi ve Kimya Öğretmen Adaylarının Genel Kimya Ders Kitaplarındaki Gösterimleri Anlama Düzeyleri Arasındaki Farklılıklar

Öğretmen adaylarının gösterimler hakkındaki anlayışları tekli gösterim, çoklu gösterim (Şekil 3) ve çoklu gösterimi oluşturan gösterimler (Şekil 4) için sırayla sunulacaktır.

Makroskobik boyuttaki tüm gösterimlerin doğru tanımlandığı durumlar analiz edildiğinde fen bilgisi eğitimi 1. ve 2. sınıftaki öğretmen adayları tarafından verilen cevapların oranının (%38) eşit olduğu ve kimya öğretmen adaylarının cevaplarının ise doğru cevapların %24'ünü oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Şaşırtıcı şekilde makroskobik boyuttaki tüm gösterimler için verilen kısmen doğru cevapların tamamı kimya öğretmen adayları tarafından verilmiştir. Bu boyuttaki tüm gösterimlerin yanlış tanımlandığı durumlarda her üç grup tarafından verilen cevapların oranı eşittir (%33).

Tanecik boyutundaki tüm gösterimler için verilen doğru cevapların içinde fen bilgisi eğitimi 1. ve 2. sınıftaki öğretmen adaylarının doğru cevap oranlarının (%28) eşit olduğu ve bu oranın kimya öğretmen adaylarının oranına (%44) göre düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Tanecik boyutundaki gösterimler için verilen kısmen doğru cevapların oranı gruptan gruba farklılık göstermiştir. Fen bilgisi eğitimi 1. sınıftaki öğretmen adayları tarafından verilen cevapların oranı %41 iken kimya öğretmen adaylarının cevaplarının oranı %32 ve fen bilgisi eğitimi 2. sınıftakiler tarafından verilen cevapların oranı ise %27'dir. Tanecik boyutundaki tüm yanlış

cevaplar fen bilgisi eğitimi 1. sınıf (%20) ve 2. sınıf öğretmen adayları (%80) tarafından verilmiştir.

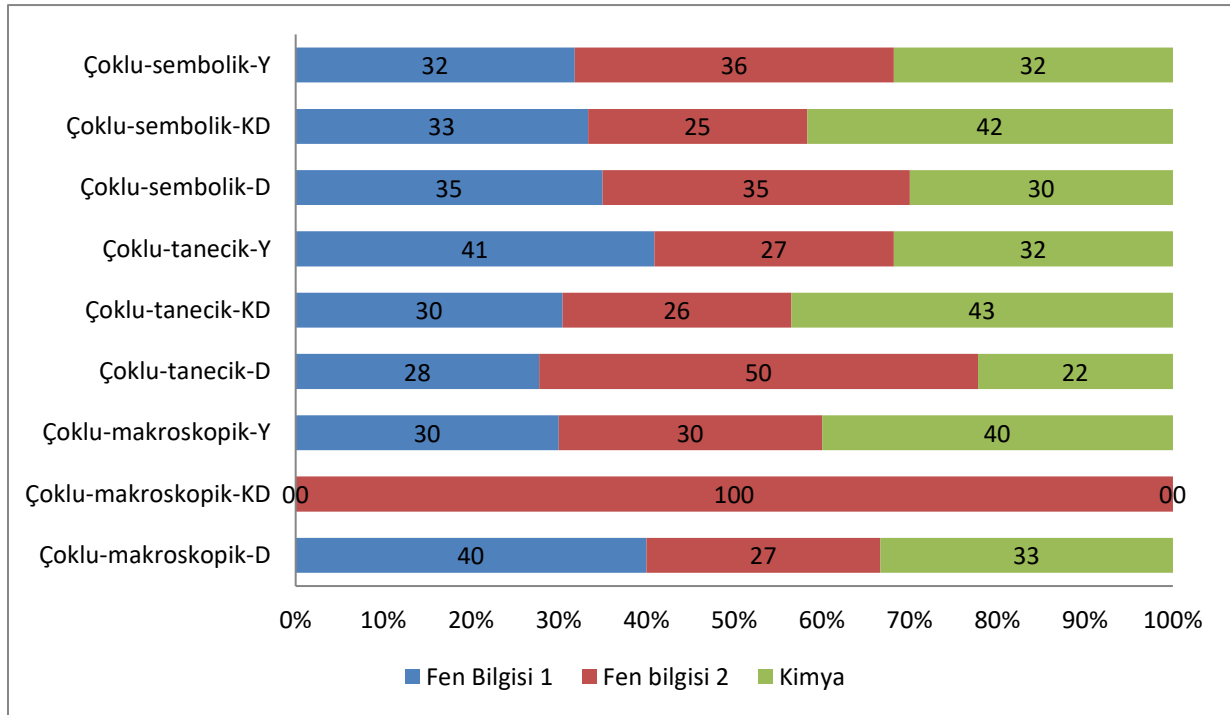


Şekil 3. Farklı öğrenme yaşantısına sahip öğretmen adaylarının tekli gösterimler hakkındaki anlayışlarının her bir boyuttaki dağılımı

Sembolik boyuttaki tüm gösterimlerin doğru tanımlandığı durumlar analiz edildiğinde fen bilgisi eğitimi 1. sınıftaki katılımcıların (%40) ve kimya öğretmen adaylarının (%43) cevap oranlarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Fen bilgisi 2. sınıftaki öğretmen adaylarının doğru cevaplarının oranı ise %17'dir. Sembolik boyuttaki kısmen doğru cevapların tümü içinde en fazla cevabın fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adayları (%45) tarafından verildiği ve bu grubu sırası ile fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adaylarının (%35) ve kimya öğretmen adaylarının (%19) takip ettiği gözlenmiştir. Bu boyuttaki tüm gösterimlerin yanlış tanımlandığı durumlarda fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adayları (%45) ve kimya öğretmen adayları (%45) tarafından verilen cevapların eşit olduğu ve bu oranın fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adaylarının verdiği cevaplara göre (%9) oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Çoklu gösterimler için verilen tüm doğru cevaplar analiz edildiğinde fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adayları (%40) ve kimya öğretmen adayları (%40) tarafından verilen cevapların oranının eşit olduğu belirlenmiştir. Fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları tarafından verilen doğru cevapların oranı ise %20'dir. Çoklu gösterimlerdeki kısmen doğru cevapların tümü içinde her üç grup tarafından verilen cevapların oranı yakındır (Fen bilgisi 1. sınıf için %36, fen bilgisi 2. sınıf için %31 ve kimya öğretmen adayları için %33). Bu gösterimdeki yanlış cevaplar en fazla fen bilgisi eğitimi 1. (%36) ve 2. sınıftaki (%36) öğretmen adayları tarafından verilmiş olup kimya öğretmen adaylarının cevaplarının oranı %27'dir.

Öğretmen adaylarının görüşme formundaki yedi adet çoklu gösterimi oluşturan her bir gösterim (ör. makroskobik, tanecik ve sembolik) türü için verdikleri cevaplar (doğru, kısmen doğru ve yanlış) içinde farklı grupların oranı analiz edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı öğrenme yaşantısına sahip öğretmen adaylarının farklı türdeki çoklu gösterimlerde yer alan gösterim türleri hakkındaki anlayışlarının dağılımı

Çoklu gösterimi oluşturan makroskobik boyuttaki gösterimlere verilen tüm doğru cevaplar analiz edildiğinde en fazla doğru cevabın fen bilgisi eğitimi 1. sınıftaki öğretmen adayları (%40) tarafından verildiği ortaya çıkmıştır. Bu cevap türünde fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarının (%27) ve kimya öğretmen adaylarının (%33) verdiği cevapların oranı yakındır. Çoklu gösterimlerdeki makroskobik boyutun kısmen doğru tanımlandığı durumlar sadece fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarında gözlenmiştir. Kimya öğretmen adayları tarafından çoklu gösterimlerdeki makroskobik boyut için verilen yanlış cevapların oranı (%40),

fen bilgisi öğretmen adayları tarafından verilen cevaplara göre yüksektir (fen bilgisi eğitimi 1. ve 2. sınıflar için %30).

Çoklu gösterimi oluşturan tanecik boyutun doğru tanımlandığı tüm durumlar içinde fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarının cevaplarının oranı (%50) en yüksektir. Fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları (%28) ve kimya öğretmen adayları (%22) tarafından verilen doğru cevapların oranı birbirine yakındır. Çoklu gösterimdeki tanecik boyutun kısmen doğru cevaplandığı tüm durumlarda, kimya öğretmen adaylarının bu türdeki cevaplarının oranı (%43) en fazladır. Diğer gruplar tarafından verilen kısmen doğru cevapların oranı birbirine yakındır (fen bilgisi eğitimi 1. sınıf için %30 ve 2. sınıf için %26). Fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları tarafından çoklu gösterimlerdeki tanecik boyut için verilen yanlış cevap oranı (%41), fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarının (%27) ve kimya öğretmen adaylarının (%32) cevap oranlarına göre yüksektir.

Çoklu gösterimlerdeki sembolik boyut için verilen tüm doğru cevaplar analiz edildiğinde fen bilgisi öğretmen adayları tarafından verilen cevapların oranının eşit (%35) ve kimya öğretmen adaylarının cevaplarının oranına (%30) yakın olduğu belirlenmiştir. Bu boyutun kısmen doğru tanımlandığı tüm durumlar içinde kimya öğretmen adaylarının cevaplarının (%42) en fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Fen bilgisi eğitimi 1. sınıf (%33) ve 2. sınıf (%25) öğretmen adaylarının çoklu gösterimlerdeki sembolik boyuta verdikleri kısmen doğru cevapların oranı yakındır. Fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları ve kimya öğretmen adayları tarafından çoklu gösterimi oluşturan sembolik boyut için verilen yanlış cevapların oranı eşit (%32) ve bu oran fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarının cevaplarının oranına (%36) göre düşüktür.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada temel amaç fen bilgisi ve kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya ders kitaplarındaki tekli ve çoklu gösterimler hakkındaki anlama düzeylerini belirlemektir. Aynı zamanda kimya öğrenme yaşantısı açısından farklılık gösteren öğretmen adaylarının gösterimler hakkındaki anlayışları farklılıklar temel alınarak incelenmiştir.

Tekli gösterimlerde farklı türdeki gösterimler incelendiğinde, öğretmen adaylarının büyük bir kısmının makroskobik boyuttaki gösterimleri anlamakta zorluk yaşamazken, en çok tanecik boyuttaki gösterimleri anlamakta zorlandıkları belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının makroskobik gösterim hakkında daha çok doğru anlayışa sahipken, tanecik gösterimi anlama ve tanımlamada zorluk yaşamaları alan yazındaki bulgularla örtüşmektedir (Head diğ., 2017; Peterson & Treagust, 1989; Yıldırım, 2019). Bu durum, öğretmen adaylarının günlük



hayatlarında duyuları ile doğrudan erişilebilen makroskobik boyutla ilgili deneyimlerinin olması ve makroskobik gösterimi yorumlamanın onlara daha az bilişsel yük getirmesi ile açıklanabilir (Al-Balushi & Al-Harthy, 2015). Katılımcıların tanecik gösterimi anlamada zorluk yaşaması gösterimin ilgili olduğu kimya konuları hakkında öğretmen adaylarının yetersiz bilgiye sahip olmalarından kaynaklanabilir (Head diğ., 2017, Hernández, Criswell, Kirk, Sauder, & Rushton, 2014, Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011). Bir diğer sebep öğretim sürecinin madde ve olayların makroskobik boyutuna odaklanması (Li & Arshad, 2014) ve öğretimde tanecik ve sembolik boyutlara yer verilse de öğrencilerin bu boyutları anlamlandıramaması olabilir (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003). Ayrıca, makroskobik seviye kimyasal olayları duyular ile erişilebilen ve tanecik seviyesi duyular ile doğrudan erişilemeyen boyutta temsil ettiği için katılımcıların tanecik boyutu anlamada, makroskobik boyuta göre daha fazla zorluk yaşamaları beklenen bir durumdur (Springer, 2014; Taber, 2013).

Çoklu gösterimleri anlama düzeyleri incelendiğinde öğretmen adaylarının çoklu gösterimleri doğru tanımlamada tekli gösterimlere (ör. makroskobik, tanecik ve sembolik) göre daha fazla zorluk yaşadığı ortaya çıkan diğer önemli bulgulardandır. Diğer bir ifadeyle, çoklu gösterimlerdeki doğru anlayışların oranı tekli gösterimlere göre daha düşüktür. Alan yazında yapılan sınırlı sayıda araştırma da öğretmen adayları için çoklu gösterimleri anlamının tekli gösterimlere göre daha zor olduğu ortaya konulmuştur (Head diğ., 2017; Yıldırım, 2019). Öğretmen adaylarının çoklu gösterimleri anlamada zorluk yaşamalarının sebeplerinden biri öğretmen adaylarının çoklu gösterim üzerinde çalışırken öne çıkan gösterime ya da adayın ön bilgisinin olduğu gösterime odaklanması olabilir (Head diğ., 2017; Yıldırım, 2019). Çoklu gösterimin ilgili olduğu kimya konuları hakkında yeterli bilgiye sahip olmama öğretmen adaylarının çoklu gösterimleri anlamada zorluk yaşamalarının diğer bir sebebi olabilir (Head diğ., 2017; Hernández diğ., 2014; Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011). Çoklu gösterimlerin yorumlanması kimya bilgisini kullanmayı gerektiren kavramsal öğeler ve gösterimin çözümlenerek yorumlanmasını gerektiren görsel öğeler arasında bağlantı kurmayı gerektirmektedir (Wu, Krajcik, & Soloway, 2001). Görsel öğelerde yer alan sembolik ve özellikle tanecik gösterimlerde öğrencilerin duyularla doğrudan erişemedikleri boyut teorik varlıklar (ör. atom) yardımı ile anlatıldığından öğretmen adayları çoklu gösterimleri anlamlandırmada zorluk yaşamış olabilirler (Springer, 2014; Taber, 2013). Ayrıca, yapılan çalışmalar kitaplarda aynı sayfada iki gösterim kullanılmasının bir gösterim kullanmaya göre daha fazla bilişsel yük getirdiğini (Cook, 2006) ve öğrenmeyi zorlaştırdığını göstermektedir

(Corradi, Elen, & Clarebout, 2012). Çoklu gösterimlerde birden fazla gösterim türü bir arada olduğundan dolayı bu türdeki gösterimleri yorumlarken öğretmen adaylarının bilişsel yükleri artmış ve bu nedenle anlamlandırmakta zorluk yaşamış olabilirler.

Bu çalışmada ayrıca, öğretmen adaylarının farklı türdeki (iki ya da üç boyutun bir araya gelmesi ile oluşan) çoklu gösterim hakkındaki anlayışları ile ilgili bulgular çoklu gösterimi oluşturan her bir gösterim seviyesi için de incelenmiştir. Bulgular, öğretmen adaylarının çoklu gösterimin bir ögesi olması durumunda da en çok makroskobik, en az tanecik boyutta doğru cevap verdiklerini ortaya çıkarmıştır. Bu bulgular tekli gösterim olarak sunulduğunda öğretmen adaylarının büyük bir kısmının makroskobik boyuttaki gösterimleri anlamakta zorluk yaşamazken, en çok tanecik boyuttaki gösterimleri anlamakta zorlandıkları bulgusu ile uyum içindedir. Bu durumun sebepleri, makroskobik gösterimin duyular ile erişilebilen ve tanecik gösterimin duyular ile doğrudan erişilemeyen boyutta kimyadaki olayları temsil etmesi (Springer, 2014; Taber, 2013), öğretmen adaylarının tanecik boyutta temsil edilen kimya konularında yeterli bilgiye sahip olmaması (Head diğ., 2017, Hernández diğ., 2014; Johnstone, 1991), öğretim sürecinin madde ve olayların makroskobik boyutuna odaklanması (Li & Arshad, 2014), öğretimde tanecik ve sembolik boyutlara yer verilse de öğrencilerin bu boyutları anlamlandıramaması (Treagust diğ., 2003) ve tanecik boyutta teorik varlıklar (ör. elektron) yardımı ile olayların temsil edilmesi (Springer, 2014; Taber, 2013) olabilir.

Bu çalışmanın katılımcıları kimya öğrenme yaşantıları açısından farklılık göstermektedir. Bu nedenle öğrenme yaşantısı farklı olan grupların tekli gösterim, çoklu gösterim ve çoklu gösterimleri oluşturan gösterimler hakkındaki anlayışları da incelenmiştir. Makroskobik boyuttaki tüm gösterimleri tanımlamada fen bilgisi eğitimi 1. ve 2. sınıftaki öğretmen adaylarının doğru cevap oranlarının eşit olduğu ve kimya öğretmen adaylarına göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Bunun sebebi kimya öğretmen adaylarının kimya ile ilgili temel (ör. genel kimya 1 ve 2) ve ileri düzey (ör. biyokimya) dersleri tamamlamış olmaları ve son yıllarda aldıkları dersler kapsamındaki öğrenme tecrübelerinin daha çok tanecik ve sembolik boyutları içermesi olabilir. Tanecik boyutundaki tüm gösterimleri tanımlamada ise kimya öğretmen adaylarının, eşit seviyede doğru cevap oranları bulunan fen bilgisi eğitimindeki 1. ve 2. sınıf öğretmen adaylarından daha başarılı olduğu görülmüştür. Fen bilgisi öğretmen adaylarının tanecik boyutundaki anlayışlarının sınıf seviyesi artmasına rağmen değişmemesi literatürdeki bazı çalışmalarla uyumlu iken (Nicoll, 2003); diğerleriyle uyumlu değildir (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019). Sembolik boyuttaki tüm gösterimleri tanımlamada ise fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adayları ile kimya öğretmen adaylarının



doğru cevap oranlarının birbirine yakın ve fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adaylarından daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, sınıf seviyesi arttıkça sembolik boyuttaki gösterimleri anlama ve tanımlama seviyesinin de artacağını gösteren araştırmaların sonuçlarıyla örtüşmemektedir (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019). Bu bulguların sebepleri, kimya ve fen eğitimi derslerinde gösterimler, türleri, özellikleri ve gösterim türleri arasındaki ilişkileri merkeze alan bir öğretim yapılmaması olabilir.

Çoklu gösterimlerde ise tüm doğru cevaplar incelendiğinde fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğretmen adayları ile kimya öğretmen adaylarının doğru cevapları oranının eşit olduğu ve fen bilgisi eğitimi 1. sınıf öğretmen adaylarından daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, öğretmen adaylarının sınıf seviyesi arttıkça çoklu gösterimleri tanımlamada daha başarılı oldukları yönündeki alan yazındaki bulgularla örtüşmektedir (Yıldırım, 2019). Çoklu gösterimi oluşturan makroskobik boyuttaki gösterimlere verilen tüm doğru cevaplar incelendiğinde en fazla doğru cevabın fen bilgisi eğitimi 1. sınıftaki öğretmen adayları tarafından verildiği, fen bilgisi eğitimi 2. sınıf ve kimya öğretmen adaylarının doğru cevap oranlarının ise birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Çoklu gösterimi oluşturan tanecik boyutun doğru tanımlandığı tüm durumlar içinde fen bilgisi 2. sınıf öğretmen adayları en yüksek doğru cevap oranına sahipken, fen bilgisi 1. sınıf ve kimya öğretmen adaylarının doğru cevap oranları birbirine yakındır. Çoklu gösterimi oluşturan sembolik boyut için verilen tüm doğru cevaplar incelendiğinde ise fen bilgisi öğretmen adayları tarafından verilen doğru cevap oranlarının birbirine eşit ve kimya öğretmen adaylarının doğru cevap oranına yakın olduğu ortaya çıkmıştır. Çoklu gösterimleri oluşturan farklı gösterim türlerinde öğretmen adaylarının doğru cevapları arasındaki farklılık, sınıf seviyelerinin farklı olması (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019), öğretmen adaylarının çoklu gösterim üzerinde çalışırken öne çıkan gösterime ya da adayın ön bilgisinin olduğu gösterime odaklanması (Head diğ., 2017; Yıldırım, 2019), öğretmen adaylarının çoklu gösterimin ilgili olduğu kimya konuları hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları (Head diğ., 2017; Hernández diğ., 2014; Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011) ve kitaplarda aynı sayfada iki gösterim kullanılmasının bir gösterim kullanmaya göre daha fazla bilişsel yük getirmesi (Cook, 2006) ve öğrenmeyi zorlaştırması ile açıklanabilir (Corradi diğ., 2012).

Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen bulgulardan yola çıkarak öğretmen eğitimciler ve fen eğitimi araştırmacılarına önerilerde bulunulacaktır.

Gösterimleri anlamak ve gösterimlerle öğrenmek öğrenciler için kolay değildir (Chittleborough & Treagust, 2008; Stylianidou, 2002). Öğretmen adaylarının farklı öğretim seviyelerinde gösterimlerle öğrenme konusunda deneyim kazanmış olmaları bu açıdan önem taşımaktadır. Bu nedenle öğretmen adaylarının ortaokul, lise ve üniversite düzeyindeki kimya öğrenme yaşantılarında gösterimlerin anlamı açıklanmalı ve ilgili kimya kavramını öğrenme açısından rolü vurgulanarak gösterimler öğretime dahil edilmelidir. Öğretmen eğitimcileri, fen alanındaki öğretmen adaylarının gösterimleri anlama düzeylerini geliştirmek için eğitim fakültelerinde özel öğretim yöntemleri ve öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme gibi derslerde gösterimler, türleri, özellikleri ve gösterim türleri arasındaki bağlantıları açık bir şekilde tanımlamalı ve açıklamalıdır. Öğretmen eğitimcileri, geleceğin öğretmeni olacak olan öğretmen adaylarının gösterimler, türleri ve gösterimlerin kimya öğrenme ve öğretmedeki rolünü anlamalarına destek olmalıdırlar. Gösterimler hakkında öğretmen adaylarının yeterli alan ve pedagojik alan bilgisine sahip olmaları sağlanmalıdır. Bu derslerde, öğretmen adaylarının kitaplarda yer alan farklı türdeki ve özellikteki gösterimleri incelemelerine ve bu gösterimlerin öğrenmeye katkısı açısından değerlendirmelerine olanak verilmelidir. Öğretmenlik uygulaması dersi kapsamında öğretmen adayları gösterimleri kullanarak öğretim yapmaya teşvik edilmelidir. Bu öğretimler, öğretmen adaylarının gösterimler hakkındaki anlayışlarının gelişmesine yardımcı olabilir.

Fen eğitimi araştırmacılarının, öğretmen adaylarının makroskobik, tanecik, sembolik ve çoklu gösterimin özellikleri hakkındaki anlayışlarını ortaya çıkaracak çalışmalara odaklanmaları alan yazına önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca, alanyazında farklı öğrenim seviyesindeki ve disiplin alanlarındaki (ör. sınıf, fen bilgisi ve kimya) öğretmen adaylarının farklı özellikteki gösterimleri anlama ve yorumlama düzeylerini ve bu düzeyleri etkileyen sebepleri belirleyecek çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Makalenin Bilimdeki Konumu

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü/Fen Bilgisi Eğitimi

Makalenin Bilimdeki Özgünlüğü

Ulusal düzeyde alanyazında kimyasal gösterimler üzerine yapılan çalışmaların büyük bir kısmı öğretmen adaylarının belirli bir kimya konusundaki anlayışlarını kimyasal gösterimler yolu ile belirlemeye odaklanmıştır. Uluslararası düzeyde öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini belirlemeye yönelik çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu nedenle



bu araştırmada fen alanındaki (fen bilgisi ve kimya) öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeyleri incelenmiştir. Ayrıca katılımcıların kimya öğrenme yaşantıları arasındaki farklılıklar da dikkate alınarak gösterimi anlama düzeyi ile öğrenme yaşantısı arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Kaynaklar

- Al-Balushi, S. M., & Al-Harthy, I. S. (2015). Students' mind wandering in macroscopic and submicroscopic textual narrations and its relationship with their reading comprehension. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 680-688. <https://doi.org/10.1039/C5RP00052A>
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- Carney, R. N., & Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26. <https://doi.org/10.1023/A:1013176309260>
- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463-482. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9059-4>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). Action research. *Research Methods in Education*, 5, 226-244.
- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31(3), 357-382. <https://doi.org/10.1023/A:1013159927352>
- Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90(6), 1073-1091. <https://doi.org/10.1002/sce.20164>
- Corradi, D., Elen, J., & Clarebout, G. (2012). Understanding and enhancing the use of multiple external representations in chemistry education, *Journal of Science Education and Technology*, 21, 780-795. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9366-z>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed.) London, UK: Sage.
- Demircan, G., ve Demirdöğen, B. (2019). Kimyasal gösterimlerin genel kimya ders kitaplarında kullanımı. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 13(2), 941-978. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.601984>



- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., Ayas, A. ve Kongur, S. (2012). Onuncu sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişme kavramları ile ilgili teorik ve uygulama bilgilerinin karşılaştırılması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 162-181. <http://www.tused.org/index.php/tused/article/view/426/364>
- Ebenezer, J. V. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: Animation of the solution process of table salt. *Journal of Science Education and Technology*, 10 (1), 73-92. <https://doi.org/10.1023/A:1016672627842>
- Ekiz-Kıran, B., Kutucu, E. S., Çelikkıran, A. T. ve Tüysüz, M. (2018). Kimya öğretmen adaylarının kimyasal dengeye ilişkin zihinsel modelleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 1081-1115. <http://dx.doi.org/10.23891/efdyyu.2018.97>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Models and modelling in science education: Multiple representations in chemical education* içinde (s. 1–8). The Netherlands: Springer.
- Gilbert J. K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-19. https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v11_issue1_files/foreword.pdf
- Head, M. L., Yoder, K., Genton, E., & Sumperl, J. (2017). A quantitative method to determine preservice chemistry teachers' perceptions of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 825-840. <https://doi.org/10.1039/c7rp00109f>
- Hernández, G. E., Criswell, B. A., Kirk, N. J., Sauder, D. G., & Rushton, G. T. (2014). Pushing for particulate level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: A qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 15 (3), 354-365. <https://doi.org/10.1039/C4RP00008K>
- Johnstone A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>



- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Johnstone, A. H. (2000a). Chemical education research: Where from here? *University Chemistry Education*, 4(1), 34-38. <https://www.physics.utoronto.ca/~key/PHY1600/PER%20Papers/Chemical%20Education%20Research.pdf>
- Johnstone, A. H. (2000b). Teaching of chemistry-logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9-15. <https://doi.org/10.1039/a9rp90001b>
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 883-903. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300807>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. John K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* içinde (s. 121-145). Netherlands: Springer.
- Li, W. S. S., & Arshad, M. Y. (2014). Application of multiple representation levels in redox reactions among tenth grade chemistry teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 11(3), 35-52. <http://www.tused.org/index.php/tused/article/view/605/521>
- Nakiboğlu, C. (2019). Kimya öğretmen adaylarının metalik yapı ile ilgili zihinsel modelleri ve metalik bağ ile ilgili kavramaları. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 133-144.
- Nicoll, G. (2003). A qualitative investigation of undergraduate chemistry students' macroscopic interpretations of the submicroscopic structures of molecules. *Journal of Chemical Education*, 80(2), 205-213. <https://doi.org/10.1021/ed080p205>
- Ok, M. (2019). *Öğrenci ve öğretmen adaylarının sıvılar konusuna ilişkin düşünce biçimlerinin çoklu model kullanımıyla belirlenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Türkiye.
- Okumuş, S., Öztürk, B., Doymuş, K. ve Alyar, M. (2014). Maddenin tanecikli yapısının mikro ve makro boyutta anlaşılmasının sağlanması. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 349-368. <http://dx.doi.org/10.12973/jesr.2014.41.18>
- Peterson, R. F., & Treagust, D. F. (1989). Grade 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66, 459-460. <https://doi.org/10.1021/ed066p459>




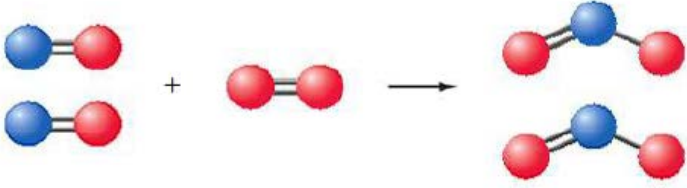
- Rahayu, S., & Kita, M., (2010). An analysis of Indonesian and Japanese students' understandings of macroscopic and submicroscopic levels of representing matter and its changes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 667-688. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9180-0>
- Springer, M. T. (2014). Improving students' understanding of molecular structure through broad-based use of computer models in the undergraduate organic chemistry lecture. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1162-1168. <https://doi.org/10.1021/ed400054a>
- Stylianidou, F. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283. <https://doi.org/10.1080/09500690110078905>
- Şendur, G. ve Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 431- 449. <https://doi.org/10.1039/c3rp00019b>
- Taber K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Tarkin-Çelikkıran, A. ve Gökçe, C. (2019). Kimya öğretmen adaylarının çözünürlük konusuna ilişkin submikroskopik seviyedeki anlama düzeylerinin çizimlerle belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46(46), 57-87. <https://doi.org/10.9779/pauefd.457845>
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: Design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 460-477. <https://doi.org/10.1039/C4RP00214H>
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Wu, H. K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842. <https://doi.org/10.1002/tea.1033>

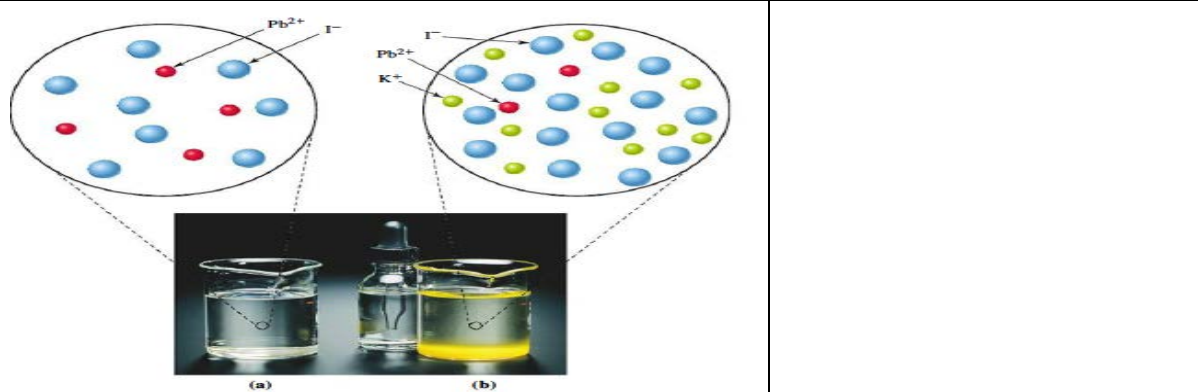
Yalçın-Çelik, A., Turan-Oluk, N., Üner, S., Ulutaş, B. ve Akkuş, H. (2017). Kimya öğretmen adaylarının asitlik kavramı ile ilgili anlamalarının çizimlerle değerlendirilmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 103-124. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1481385>

Yıldırım, A. (2019). *Ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin öğretmen adaylarının algılamaları kapsamında incelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye.

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4th Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Ek: Genel Kimya Ders Kitaplarındaki Kimyasal Gösterimlerle İlgili Örnek Görüşme Soruları

Aşağıda numaralandırılmış her bir görsel hangi boyutta gösterim ya da gösterimlere örnektir? Açıklayınız.	
	
1. Sırası ile sodyum ve potasyum tarafından yayılan ışık	
	
2. Azot monoksit ve oksijen arasında gerçekleşen tepkime sonucu azot dioksit oluşumu	
$2 \text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}_2$	
3. Azot monoksit ve oksijen arasındaki tepkime sonucu azot dioksit oluşumu	



4. a) Doymuş kurşun (II) iyodür çözeltisi
b) Doymuş çözeltiliye bir miktar potasyum iyodür eklenmesi ile oluşan karışım

Summary

Problem Statement

Chemistry is a branch of science that tries to explain how macroscopic events, accessible by senses, occur at particle level with the help of atoms, molecules, and ions (Taber, 2013). Therefore, chemistry is a field, which is suitable for the use of different chemical representations (macroscopic, submicroscopic and symbolic) due to its abstract nature (Johnstone 2000a, 2000b). Although chemical representations are important for meaningful learning, students may have misconceptions when interpreting these representations themselves (Chittleborough & Treagust, 2008). Therefore, if students are expected to learn meaningfully through chemical representations, teachers should both explain the meaning of the representations (Stylianidou, 2002) and teach the relationship between different levels of chemical representations (Gabel, 1999; Head, Yoder, Genton, & Sumperl, 2017; Yıldırım, 2019). In order to support in-service and pre-service teachers' effective teaching using chemical representations, it is necessary to determine their level of understanding about chemical representations (Head et al., 2017; Yıldırım, 2019). When the studies conducted in the literature at the national level are examined, it is seen that these studies generally focus on determining pre-service teachers' understanding of a particular chemistry topic through chemical representations (e.g., Ekiz-Kıran, Kutucu, Tarkin-Çelikkıran, & Tüysüz, 2018; Nakiboğlu, 2019; Yalçın-Çelik, Turan-Oluk, Üner, Ulutaş, & Akkuş, 2017). To the best of researchers' knowledge, the number of international studies determining pre-service teachers' understanding of chemical representations is low (e.g., Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015). With all these in mind, the aim of this study is to examine understanding of chemical

representations of science and chemistry pre-service teachers in general chemistry textbooks. Research questions of this study is as follows:

- What are the levels of science and chemistry pre-service teachers' understanding of chemical representations in general chemistry textbooks?
- How are science and chemistry pre-service teachers different in terms of their understanding of chemical representations in general chemistry textbooks?

Method

Case study, one of the qualitative research methods, guided the researchers in the planning, data collection, and data analysis of the study. Nine pre-service teachers, six from science and three from chemistry, participated in the study. In this study, face-to-face and individual semi-structured interviews, consisting of open-ended questions, were conducted with pre-service teachers in order to reveal their level of understanding of chemical representations in General Chemistry textbooks. 23 representations used in teaching different topics in a General Chemistry textbook were selected and these representations were used in the preparation of the semi-structured interview form. The interview form included three questions for the macroscopic representation, five for the submicroscopic representation, eight for the symbolic representation, and seven questions for multiple representations. Qualitative content analysis method (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2014) was used to analyze the data. In the process of content analysis, the understanding of the pre-service teachers was coded as "correct", "partially correct" and "wrong" based on the coding used to analyze students' understanding on various subjects in the literature (Demircioğlu, Demircioğlu, Ayas & Kongur, 2012; Şendur & Toprak 2013). During the data analysis process, validity and reliability issues were taken into account.

Findings and Discussion

Most of the pre-service teachers did not have much difficulty in understanding the macroscopic level, which could be explained with the fact that pre-service teachers have sensory experiences in daily life and understanding macroscopic level brings less cognitive load (Al-Balushi & Al-Harthy, 2015). However, understanding the submicroscopic level was more challenging for pre-service teachers, which is in line with the literature (Head et al., 2017; Peterson & Treagust, 1989; Yıldırım, 2019). There might be several reasons for that. First, pre-service teachers might have inadequate subject matter knowledge about chemistry concepts of which representations are related (Head et al., 2017; Hernández, Criswell, Kirk, Sauder, &

Rushton, 2014; Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011). Second, submicroscopic level is the level of chemistry, which is not directly accessible through the senses and therefore, it might be more difficult for pre-service teachers to understand this level (Springer, 2014; Taber, 2013).

Pre-service teachers had more difficulty in correctly defining multiple representations than single representations (e.g., macroscopic, submicroscopic and symbolic), which is compatible with the findings of other studies (Head et al., 2017; Yıldırım, 2019). There might be several explanations for this. First, pre-service teachers might focus on the representation that comes into prominence or the representation that pre-service teachers have adequate subject-matter knowledge (Head et al., 2017; Yıldırım, 2019). Second, pre-service teachers might have limited subject matter knowledge about chemistry concepts (Head et al., 2017; Hernández et al., 2014; Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011). Interpretation of multiple representations involves conceptual aspects requiring chemistry subject matter knowledge and visual aspects requiring analysis of representation (Wu, Krajcik & Soloway, 2001) and pre-service teachers' inadequate subject matter knowledge might limit to what degree they relate conceptual and visual aspects. Also, multiple representations include symbolic and submicroscopic levels, which are not directly accessible through the senses for pre-service teachers, and therefore, participants might have difficulty in understanding multiple representations (Springer, 2014; Taber, 2013). Since multiple representations include at least two representations, this might cause an increase in cognitive load (Cook, 2006), which lead to pre-service teachers' having difficulty in understanding (Corradi, Elen, & Clarebout, 2012).

In this study, pre-service teachers' understanding of each representation level (i.e., macroscopic, submicroscopic, and symbolic) was also considered when those representations are parts of a multiple representation. Most of the pre-service teachers defined macroscopic level correctly whereas percentage of pre-service teachers with correct definitions about submicroscopic level is low, which is compatible with the finding of this study revealing that pre-service teachers were better at understanding macroscopic level than submicroscopic one when they were asked to interpret single representation of each level. Several reasons might be accounted for in this situation. First, macroscopic level represents matter and processes in chemistry that is accessible directly through the senses while submicroscopic level represents matter and processes in chemistry, which is not directly accessible through the senses (Springer, 2014; Taber, 2013). Second, pre-service teachers might have inadequate subject matter knowledge about the chemistry concepts required to interpret submicroscopic representations

(Head et al., 2017; Hernández et al., 2014; Johnstone, 1991). Lastly, theoretical entities (e.g., electron) are used to represent chemical phenomena in submicroscopic level and this might lead to pre-service teachers' inability to interpret submicroscopic level (Springer, 2014; Taber, 2013).

How the groups with different chemistry learning experiences are different in understanding single and multiple representations was also examined. Results revealed that pre-service science teachers were better than pre-service chemistry teachers in understanding macroscopic representations, which could be explained with the fact that pre-service chemistry teachers completed fundamental (e.g., general chemistry 1 and 2) and advanced (e.g., biochemistry) courses and their learning experiences in the courses they took during last years might include more focus on submicroscopic and symbolic levels. In contrast, the percentage of pre-service chemistry teachers with correct definitions about submicroscopic representation was higher than the percentages of pre-service science teachers with correct definitions. Also, freshmen and sophomore pre-service teachers were not different from each other in terms of their ability to correctly define submicroscopic representations, which is compatible with some studies in literature (Nicoll, 2003) and incompatible with others (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019). With respect to understanding symbolic representations, percentages of freshmen pre-service science teachers and pre-service chemistry teachers with correct definitions were equal and higher than the percentage of sophomore pre-service science teachers. This finding is not consistent with the research indicating that understanding and defining level of representation increases with an increase in grade level (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019). Lack of chemistry and science education with an emphasis on chemical representations, their properties, and relation among the representation levels might account for pre-service teachers' inability to understand symbolic representations.

When correct definitions of multiple representations were examined, percentages of sophomore pre-service science teachers and pre-service chemistry teachers with correct definitions were equal and higher than the percentage of freshmen pre-service science teachers. This finding is compatible with the literature revealing that understanding and defining level of representation increases with an increase in grade level (Yıldırım, 2019). Freshman pre-service science teachers were better at defining macroscopic representations when compared to other groups whereas sophomore pre-service science teachers' ability to define submicroscopic representations correctly was the highest. Groups were not so much different from each other in understanding symbolic level. Variety of pre-service teachers' understanding of chemical



representations might be explained with grade level difference (Rahayu & Kita, 2010; Yıldırım, 2019), participants' focusing on the representation that comes into prominence or the representation that pre-service teachers have adequate subject-matter knowledge (Head et al., 2017; Yıldırım, 2019), limited subject matter knowledge about chemistry concepts required to interpret multiple representations (Head et al., 2017; Hernández et al., 2014; Johnstone, 1991; Keig & Rubba, 1993; Talanquer, 2011), increase in cognitive load when two representations are presented at the same time instead of one (Cook, 2006), and lead to difficulty in learning (Corradi et al., 2012).

Conclusions and Recommendations

Based on the findings of this study, several recommendations for science teacher educators and implications for science education researchers can be provided. With regard to science teacher educators, teacher education programs should increase pre-service teachers' understanding about chemical representations, types of representations, properties of single and multiple representations, and relation between single and multiple representations. Moreover, pre-service teachers should be provided with opportunities where they evaluate representations in science and chemistry textbooks in terms of their efficiency in learning. Science education researchers should examine both understanding of chemical representations of pre-service teachers from different disciplines (e.g., primary, science, and chemistry) at different grades and factors affecting pre-service teachers' understanding and interpretation of chemical representations.