



An Analysis of Learning Progression of Science High School Students' Conceptual Understanding of Size and Scale Concepts

Rifat KOBAK ¹, Nursen AZİZOĞLU ², Ruhan BENLİKAYA ³

¹ Albay Cafer Tayyar Nuran Oğuz Anatolian High School, Balıkesir, leibniz76@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4564-1429>

² Balıkesir University, Necatibey Faculty of Education, nursen@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-0562-9126>

³ Balıkesir University, Necatibey Faculty of Education, ruhan59@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1731-8846>

Received : 12.05.2019 Accepted : 29.12.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.563457

Abstract – The issue of “size and scale” is considered as the first among the nine most important topics for nanoscience education. The aim of this study is to examine the learning progression of Science High School 9th, 10th and 11th grade students' conceptual understanding of size and scale concepts. The total of 70 students at 9th, 10th and 11th grade levels in a public Science High School consisted the sample of the study. As data gathering tools a word association test and a Size and Scale Concepts Test were used. The data obtained from the tests were used to determine the level of associating knowledge acquired from the science courses (chemistry, physics and biology) with the size and scale concepts. The results showed that 11th grade students are more aware of and accomplished better than the others on the size and scale concepts. Although the Science High School students get intensive science and mathematics training the level of achievement on the concepts of size and scale was found to be low. It is thought that by including the issue of “size and scale” within the titles of the science courses such as chemistry, physics and biology will help to better understand not only the science subjects but also the size and scale concepts.

Key words: Nanoscience, nanotechnology, size and scale, learning progression

Corresponding author: Rifat KOBAK, Albay Cafer Tayyar Nuran Oğuz Anatolian High School, Balıkesir, leibniz76@hotmail.com (The study is a part of PhD Thesis of Rifat KOBAK and supported by Balıkesir University: BAP Project No: 2016/111)

Summary

Introduction

Learning progressions, which are one of the most important ideas in education recently, are guiding the development of effective curriculum for the science (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; Smith, Wisser, Anderson, & Krajcik, 2006; Wilson & Bertenthal, 2005). Learning progressions are described as more sophisticated ways of thinking about a topic that can follow one another when children learn about and investigate a topic over a broad span of time (Duschl et al., 2007).

Learning progressions are consistent with the constructivist learning approach. Learning progressions propose that “the intermediate understandings between the anchor points that are quite logical networks of concepts help to building a more mature understandings” (Duschl et al, 2007). Learning progressions are expressed as ways not only to learn the facts and abstract skills, but also to involve both real knowledge and higher level thinking and scientific inquiry skills (Smith et al., 2006; Krajcik, McNeill & Reiser, 2008; Anderson, 2008).

The concept of “size and scale”, which is important in the understanding of nanoscience and nanotechnology issues, is considered as the first issue among the nine main topics defined at the National Science Education Research Society (NARST) conference before the students enter into the higher education programs. Multi-year educational plan for size and scale will demand to take into account the pre-knowledge and readiness of students at different points in time.

It is thought that the results of this study on learning progression of students’ conceptual understandings of size and scale concepts, which are the start up point for the nanoscience education, will be useful not only to observe how the students’ understandings of those concepts progress from grade to grade but also to the textbook authors, curriculum developers and teachers of science.

Methodology

The aim of this study is to examine the learning progression of students’ conceptual understanding of size and scale concepts. The participants were 70 students from 9th, 10th, and 11th grades in a public Science High School during 2017-2018 academic year.

In this study descriptive approach was used. As a survey research design studies procedure in quantitative research in which researchers lead a survey to a sample or to the all population of people to describe the behaviors, ideas or characteristics of the population. In this way, survey researchers gather quantitative, numbered data questionnaires or interviews and statistically analyze the data to describe tendencies about responses to questions and to examine

research questions or hypotheses. To collect data, two instruments were used. The first one is the word association test (WAT) that included eight key concepts related to “size and scale”, nanoscience and nanotechnology. WAT is one of the measurement and evaluation techniques that determine the relationship between a cognitive structure and the concepts that make up this structure, to enable the observation of the concept map established in the mind and whether the word relations between the concepts in memory are sufficiently meaningful (Özatlı & Bahar, 2010).

The second tool was the Size and Scale Concepts Test. As the test was prepared to cover the “size and scale” concept, which was the first topic to be known about nanoscience and nanotechnology, the face and content validity were ensured. Three instructors and a chemistry teacher prepared and checked the questions for content, design and drawings, and readability.

Each question in the test applied to Science High School students was classified to determine their learning progressions. The correct answer states that the concepts used in answering the problem are used and understood. In order to analyze the answers to WATs, three faculty members specialized in the science (chemistry and biology) education and nanoscience co-worked.

Additionally, the curricula of high school chemistry, biology and physics courses were examined in details whether includes subjects and concepts related to the “size and scale” issue.

Findings

By examining the curricula of biology, physics and chemistry courses, subjects including concepts related to the nanoscience and nanotechnology were identified. The 9th grade biology course includes the topics such as the structure of DNA in organic and inorganic compounds, the imaging of the cell by microscope, the general characteristics of bacteria and viruses and the technological equipment developed by inspiring the living things. In the 10th grade biology course, there is a subject of the formation of the image on the retina. The 9th grade physics course topics are the classification of physical quantities, the international system of units, mass and volume calculations found to be related to the nanoscience. In the 9th grade chemistry course, there are topics such as nanotechnology and semiconductor technologies, atomic models and atomic structure, interactions between chemical species, ionic, covalent, metallic bonds and states of matter. In the 11th grade chemistry course, there is a quantum model of the atom.

Considering the answers given to the Size and Scale Concepts Test 11th grade students were highest-scoring in all the questions. The first and second questions for 9th grade; the third and fourth questions for 10th grade students were lowest scored.

Taking the results of WATs into account some concept maps were constructed. In the concept map for the 9th grade students, “chemistry” word is related to macroscale, microscale, nanoscale, scanning tunneling microscope, scanning electron microscope and optical microscope. In the concepts maps for 10th and 11th grade students the word “small” was found to be associated with concepts such as macroscale, microscale, nanoscale, size, scanning tunneling microscope, scanning electron microscope and optical microscope.

Results and Discussion

In general, it has been seen that science concepts related to nanoscience and nanotechnology were not satisfactorily understood by Science High School students. As the grade level increased, the students gave more accurate answers to the questions. Although the 11th grade students answered the questions more accurately, it was determined that the conceptual understanding level of all of the students was low, indicated by the weak association between the science and the size and scale concepts.

As a result, the subject of nanotechnology and nanoscience in the science curricula should include the concepts and scientific facts about this subject and the subject of nanotechnology should be given with an interdisciplinary approach (Stevens, Sutherland, Schank & Krajcik, 2007).

Fen Lisesi Öğrencilerinin Büyüklük ve Ölçek Kavramları ile İlgili Öğrenme İlerlemesinin Analizi

Rifat KOBAK ¹, Nursen AZİZOĞLU ², Ruhan BENLİKAYA ³

¹ Albay Cafer Tayyar Nuran Oğuz Anadolu Lisesi, Balıkesir, leibniz76@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4564-1429>

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, nursen@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-0562-9126>

³ Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, ruhan59@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1731-8846>

Gönderme Tarihi: 12.05.2019

Kabul Tarihi: 29.12.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.563457

Özet – “Büyüklük ve ölçek” konusu nanobilim eğitimi için gerekli öngörülen en önemli dokuz konudan birincisidir. Bu çalışmanın amacı, Fen Lisesi 9., 10. ve 11. sınıf öğrencilerinin büyüklük ve ölçek kavramları ile ilgili öğrenme ilerlemelerini incelemektir. Çalışmanın örneklemi, 2017-2018 eğitim-öğretim yılı içinde devlete ait bir Fen Lisesinin 9., 10. ve 11.sınıflarında öğrenim gören 70 öğrenciyi kapsamaktadır. Veri toplama araçları olarak kelime ilişkilendirme testi (KİT) ve Büyüklük ve Ölçek Kavramları Bilgi Testi kullanılmıştır. Öğrencilerin fen (kimya, fizik, biyoloji) derslerinde edindikleri bilgileri büyüklük ve ölçek kavramlarıyla ilişkilendirebilme seviyeleri sınıf düzeylerine göre analiz edilmiştir. Sonuçlar, 11.sınıf öğrencilerinin büyüklük ve ölçek kavramları ile ilgili bilgi seviyelerinin diğer sınıf düzeylerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak Fen Lisesi öğrencilerinin büyüklük ve ölçek kavramları hakkında bilgi seviyelerinin, fen ve matematik ağırlıklı dersler görmelerine rağmen, düşük olduğu belirlenmiştir. Nanobilim ve nanoteknolojinin ilk önemli başlığı olan büyüklük ve ölçek konusunun fen konuları içerisinde yer almasının, öğrencilerin fizik, biyoloji ve kimya konularını daha iyi kavramalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Nanobilim, nanoteknoloji, büyüklük ve ölçek, öğrenme ilerlemesi

Sorumlu yazar: Rifat KOBAK, Albay Cafer Tayyar Nuran Oğuz Anadolu Lisesi, Balıkesir, leibniz76@hotmail.com (Bu çalışma Rifat KOBAK'ın doktora tezinin bir bölümünü oluşturmaktadır ve Balıkesir Üniversitesi tarafından desteklenmiştir. BAP Proje No: 2016/111)

Giriş

Öğrencilerin bilgisi, öncesinde sahip oldukları kavramlar ve nitelikler arasında daha fazla bağlantı kazandıkça artar. Bu durum gelişim ile birlikte, bilgi daha erişilebilir hale gelir çünkü farklı bilgi bileşenlerini birbirine bağlayan daha fazla bağlantı vardır. Daha üst düzey kavramsal bilginin gerçekler arasındaki ilişkilerle ilgili olduğu düşünülmektedir (Snir, Smith ve Grosslight, 1993). Kavramsal bilgi tutarlı ve düzenlidir ve bunları mevcut bilgilerle ilişkilendirerek yeni fikirler öğrenilmesine yardımcı olabilir (Kilpatrick, Swafford ve Findell, 2001; Linn, Davis ve Eylon, 2004).

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, “öğrenme ilerlemelerinin” fen bilimleri için etkili öğretim programlarının gelişimine rehberlik edebileceğini önermiştir (Duschl, Schweingruber ve Shouse, 2007; Smith, Wiser, Anderson ve Krajcik, 2006; Wilson ve Bertenthal, 2005). Duschl ve diğerleri (2007) öğrenme ilerlemelerini, öğrencilerin bir konuyu geniş bir zaman diliminde öğrenip araştırırken birbirlerini takip edebilecek bir konu hakkında art arda gelen düşünme yöntemleri olarak tanımlamıştır. Öğrenme ilerlemeleri, yapılandırmacı yaklaşımla uyumludur ve konuyu somutlaştırır. Öğrenme ilerlemeleri üst seviyesinde sadece öğrenilecek gerçekleri ve soyut becerileri değil, hem gerçek bilgiyi hem de daha üst düzey ve bilimsel sorgulama becerilerini içerir (Smith ve diğerleri, 2006; Krajcik ve diğerleri, 2008; Anderson, 2008).

Öğrenme ilerlemeleri öğretimde temel rol alması gerekir. Bir öğrenme ilerlemesi, öğrencilerin anlamalarını geliştirmelerine ve öğrenme ilerlemesi boyunca hareket etmelerine yardımcı olacağına inanılan, etkili olduğu kanıtlanmış eğitim etkinlikleri içermelidir. Yapılandırmacı yaklaşım anlayışına göre öğrenme ilerlemesi ile öğrencilere çeşitli yollarla öğretim yapıldığının bilinmesi gerekir. Çünkü her öğrencinin farklı önceki bilgilerden başlayarak farklı öğrenme etkinlikleri yapacağı anlaşılmaktadır (Duschl ve diğerleri, 2007). Bununla birlikte, öğrenme ilerlemeleri, uygun öğretim fırsatları verildiğinde hangi öğrencilerin ne kazanabileceklerini tahmin edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu yüzden de öğrenme ilerlemeleri araştırmanın temellidir.

Merak ve araştırma dürtüsü sebebiyle geleceğin bilim insanı olarak adlandırabileceğimiz öğrencilerin, zaman içinde fen bilimlerine karşı ilgi ve merakının giderek azaldığı bilinmektedir (Gürkan ve Gökçe, 2000; Güven, 2001). Öğrencilerin fen bilimlerine karşı bakışlarının olumlu yönde olması için bilim ve teknolojiye meydana gelen gelişmelerle birlikte fen eğitimi öğretim programlarında değişiklikler yapılması zorunlu hale gelmiştir. Fen derslerinin (kimya, fizik ve biyoloji) öğretim programlarında değişiklik ve yeniliklerin yapılmasını gerektiren

gelişmelerden biri de nano ölçekli bilim ve teknoloji konusudur (Gilbert, De Jong, Justi, Treagust ve Van Driel, 2002). Nanobilim metrenin milyarda biri büyüklüğünde nesnelere uğraşan yeni bir bilim olarak tanıtılmıştır. Bu büyüklükteki nesnelere, alışık olduğumuz makro düzeydeki materyallerden ve daha küçük atomik boyutlu nesnelere farklı davranır. Nano ölçekli nesnelere artan yüzey alanı-hacim oranı bu nesnelere ilginç özelliklerinin ve davranışlarının nedenlerinden biridir.

Nanobilim ve mühendisliği ile ilgili herhangi bir araştırma için büyüklük ve ölçek kavramlarının öğrenilmesi gerekir (Waldron, Sheppard, Spencer ve Batt, 2005). Dokuz temel başlıktan (maddenin yapısı, kuvvetler ve etkileşimler, kuantum etkileri, büyüklüğe bağlı özellikler, kendinden birleşim, araçlar ve enstrümantasyon, modeller ve simülasyon, bilim, teknoloji ve toplum) ilki olan “büyüklük ve ölçek (size and scale)” kavramlarının nanobilimin öğrenilmesinde gerekli olan ön koşullardan en önemlisi olduğu Ulusal Bilim Eğitim Araştırmaları Derneği (NARST) tarafından belirtilmiştir (Stevens, Sutherland ve Krajcik, 2009). Hawkins (1978), ölçeği modern bilim dünyasının en büyük geçitlerinden biri olarak tanımlamıştır. Ölçekler, nesnelere ve süreçlerin ölçümü için kullanılan yer, zaman, nicelik ve analitik boyutları barındırır (Gibson, Ostrom ve Ahn, 2000). Ölçek kavramı birbiriyle ilişkili üç özelliği içerir. Bunlar, büyüklük, düzey ve ilişkidir. Büyüklük özelliği birbirinden farklı niteliklerde olan nesnelere ortak birim kullanılarak ölçümüne işaret eder. Düzey özelliği ise, ağırlık bakımından incelendiğinde gramla ölçülebilen maddeler ile tonla ölçülebilen maddeler farklı düzeyler oluşturmaktadır. Yeni doğan bir bebeğin ağırlığının hassasiyeti ile yetişkin bir insanın ağırlığının hassasiyeti arasındaki farklılık, ölçek kavramının ilişkiselliğine örnektir. Bunun neticesinde, ölçek, büyüklük olarak niceliksel, düzey olarak niteliksel, ilişki olarak ise niceliksel değişimlerin niteliksel dönüşümünü yaratmaktadır (Sayre ve Di Vittorio, 2009). “Büyük” veya “küçük” gibi büyüklük hakkında konuşmak için kullanılan kelimeler her zaman karşılaştırma anlamına gelir (Nelson ve Benedict, 1974). Bir cismin büyüklüğü, bir ölçeğe göre karşılaştırılarak belirlenir (Gibson ve diğerleri, 2000). Büyüklük, geleneksel olarak tanımlanmış ölçme birimleriyle karşılaştırılarak da tanımlanabilir (Lehrer, 2003). Smith ve diğerleri (2006), öğrenme ilerlemeleri hakkındaki makalelerinde, genel olarak tek boyutlu bir büyüklükle ilgili olan değişkenler hakkında dört düşünme tarzından bahsetmektedir: standart birimler kullanılan niceliksel ölçüm, standart olmayan birimler kullanılan niceliksel ölçüm, sıralama ve sınıflandırma.

Son on yıldır ilgili alan yazında nanobilim ve nanoteknoloji konuları ile ilgili hem dünyada hem de ülkemizde öğretmenler, öğretmen adayları ve farklı düzeydeki öğrencileri

içine alan çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Karataş ve Ülker (2014), kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konuları hakkında bilgilerini ve mevcut kimya bilgilerini nanoteknoloji konularına transfer etme düzeylerini araştırmışlardır. Aslan ve Şenel (2015) ise, ortaokul ve lise düzeyindeki öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunda farkındalıkları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Gököz-Sagun ve Akaygün (2014), lise öğrencilerinin günümüzde giderek önem kazanan nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki okuryazarlık ve farkındalıklarını arttırmak amacıyla lise kimya programı, alanyazında yer alan çalışmalar ve bir sosyobilimsel bir konu olan nanoteknolojinin etik boyutunu göz önünde bulundurarak bir etkinlik tasarlamıştır. Ergün ve Ocak (2017) tarafından fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye yönelik düşüncelerini araştırmışlardır. Enil ve Köseoğlu (2016), fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknoloji ile ilgili farkındalıkları ile ilgili araştırma yapmıştır.

Castellini, Waleyko, Holladay, Theim, Zenner ve Crone (2007), nanoteknolojinin anlaşılmasına yönelik büyüklük ve ölçek kavramlarını da içeren 7-91 yaş aralığında yaklaşık 500 kişiden oluşan bir anketin sonuçlarını rapor etmiştir. Tretter, Jones, Andre, Negishi ve Minogue (2006), doktora öğrencileri aracılığıyla beşinci sınıftan gelen öğrencilerin nesnelere ölçeklerine göre kategoriler halinde nasıl düzenlediklerini araştırmışlardır. Akdeniz ve Benlikaya (2015) fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının büyüklük ve ölçek konularındaki anlayışlarını ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Büyüklük ve ölçek kavramlarını anlama konusunda, öğrencilerin hâlihazırda ne bildikleri ve nasıl düşündükleriyle ilgili bir çalışma Delgado (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ancak ülkemizde büyüklük ve ölçek kavramlarına dayanan öğrenme ilerlemesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Büyüklük ve ölçek kavramının bilinmesi, nanobilimin yanı sıra fen bilimlerinde birçok konunun öğrenilmesine temel teşkil etmektedir ve söz konusu konularda öğrenme ilerlemesinin anlamlı yönde gerçekleşmesi için gerekli olduğu düşünülmüştür. Bu çalışma ile büyüklük ve ölçek kavramları ile yakın olan öğrencilerin sahip oldukları bilgi ve anlama düzeyleri belirlenerek , ülkemizdeki nanobilim ve nanoteknoloji konularına giriş ve farkındalık anlamında bir katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda araştırma problemleri şu şekilde belirlenmiştir:

1- Nanobilim ve nanoteknoloji konusunun alt başlığı olan “büyüklük ve ölçek” kavramı Fen Lisesi biyoloji, fizik ve kimya dersi öğretim programlarında hangi sınıf düzeyinde ve hangi konularda yer almaktadır?

2- Fen Lisesinde öğrenim gören öğrencilerin “büyüklük ve ölçek” kavramına ilişkin buldukları sınıf düzeyine göre bilgi ve anlama düzeyleri nedir?

3- Fen Lisesinde öğrenim gören öğrencilerin, Kelime İlişkilendirme Testi kullanılarak ortaya çıkarılan, bilişsel yapılarındaki nanobilim, nanoteknoloji ve “büyüklük ve ölçek” kavramları arasındaki bağlantılar nelerdir?

Yöntem

Araştırmanın Modeli

Araştırma, ortaöğretim öğrencilerinin büyüklük ve ölçek kavramları hakkındaki öğrenme ilerlemelerini ortaya koyabilmek amacı ile nitel araştırma desenlerinden iç içe geçmiş tek durum deseni ile gerçekleştirilmiştir. Bu desen, tek bir durum içinde çoğu kez birden fazla alt tabaka veya birim olabilir. Böyle bir durumda birden fazla analiz söz konusudur. Bir durum çalışmasında, bütüncül ve tek bir birim olarak ele alınmasına veya bir durum içinde olabilecek birden fazla alt birime yönelmesi ile ilgilidir. Birinci durumda bütüncül tek durum deseni kullanılırken, ikinci durumda iç içe geçmiş çoklu durum deseni kullanılır (Şimşek ve Yıldırım, 2008). Etkili veri toplayabilmek için bu durum çalışmasında çoklu veri kaynakları stratejisi izlenmiştir: öğretim programı, kavram testi ve kelime ilişkilendirme testi. Çoklu veri kaynakları kullanımı çalışmanın geçerliği ve güvenilirliğini yükseltir. Ayrıca araştırma hakkında zengin bir veri tabanı oluşturmaya ve ulaşılan sonuçlara daha geniş bir bakış açısıyla bakmayı sağlar (Subaşı ve Okumuş, 2017).

Katılımcılar

Bu çalışmada amaçsal örnekleme kullanılarak, 2017-2018 eğitim öğretim yılında Fen Lisesinde öğrenim gören öğrenciler seçilmiştir. Fen Lisesi 9. sınıf (n=29), 10. sınıf (n=25) ve 11. sınıf (n=16) düzeylerinde öğrenim gören toplam 70 öğrenciyle çalışma yapılmıştır. Fen Lisesi 9, 10 ve 11. sınıf düzeyinde bulunan 4'er şubeden toplam fen ve matematik ağırlıklı 12 şube vardır. Her bir sınıf düzeyinden her hangi bir önkoşul aramaksızın 1 şube seçilerek basit seçkisiz örneklem alınmıştır. Fen Lisesi öğrencilerinin seçilme nedenlerinden birisi, bu lise türüne ait ders öğretim programlarının diğer lise türlerinininkilere göre her sınıf düzeyinde kimya, fizik ve biyoloji gibi derslere ait daha ayrıntılı bilgi içerikleri önermeleridir. Sebeplerden bir diğeri ise, Liselere Giriş Sınavı puanı dikkate alındığında Fen Lisesine giriş puanlarının diğer lise türlerine yerleşme puanlarından daha yüksek olmasıdır.

Veri Kaynakları

Bu çalışmada birden fazla veri kaynağı kullanılmıştır. (1) Doküman incelemesine tabi tutulan Ortaöğretim Fen Lisesi Biyoloji, Fizik ve Kimya Dersi (9, 10, 11. sınıflar) Ders Öğretim Programları; (2) kelime ilişkilendirme testi (KİT); (3) Büyüklük ve Ölçek Kavramları Bilgi Testi.

Ortaöğretim Biyoloji, Fizik ve Kimya Dersi (9, 10, 11. sınıflar) Ders Öğretim Programları içerik analizine tabi tutulmuştur. Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilişkili ve nanobilimin öğrenilmesi için gerekli olan konular belirlenmiş ve ilgili ders içerikleri tespit edilmiştir. Tanımlayıcı içerik analizi, belirli bir araştırma disiplindeki genel eğilimleri ve araştırma sonuçlarını tanımlamayı amaçlayan sistematik bir derlemedir (Çalık, Ünal, Coştu ve Karataş, 2008; Göktaş, Hasançebi, Varisoğlu, Akcay, Bayrak, Baran ve Sözbilir, 2012; Jayarajah, Saat ve Rauf, 2014; Lin , Lin ve Tsai, 2014; Selçuk, Palancı, Kandemir ve Dündar, 2014; Suri ve Clarke, 2009; Sözbilir, Kutu ve Yaşar, 2012; Umdu Topsakal, Çalık ve Çavuş, 2012).

Kullanılan ilk veri toplama aracı KİT olmuştur. KİT; bilişsel bir yapıyı ve bu yapıyı oluşturan kavramlar arasındaki ilişkiyi, zihinde kurulmuş olan kavram haritasının gözlemlenmesini sağlayan, hafızadaki kavramlar arasındaki kelime ilişkilerinin yeterince anlamlı olup olmadığını tespit etmeye yarayan ölçme ve değerlendirme tekniklerinden birisidir (Özatlı ve Bahar, 2010). Kelime ilişkilendirme testini oluşturmak için büyüklük, ölçek, nanobilim ve nanoteknoloji konuları ile ilişkili sekiz adet anahtar kavram seçilmiştir. Seçilen bu sekiz anahtar kavram, konunun üzerine yapılandırılması için önemlidir. Kimya öğretmenliği bölümünden iki öğretim elemanının ve bir kimya öğretmenin görüşü alınarak bu kavramlar belirlenmiştir. Anahtar kavramlar; Makroölçek, Taramalı Elektron Mikroskobu, Nanoölçek, Büyüklük, Optik mikroskobu, Taramalı Tünelleme Mikroskobu, Mikroölçek ve Birim Sistemi olarak seçilmiştir. Testte, her bir kavram için bir sayfa ayrılmış ve aynı kavram alt alta tekrarlı bir şekilde yazılmıştır. Örnek bir sayfa düzeni aşağıdaki gibidir:

Mikroölçek

Mikroölçek

Mikroölçek

Mikroölçek

Mikroölçek

KİT'in uygulanması ile ilgili yönerge öğrencilere hem yazılı olarak test üzerinde verilmiştir; hem de sözlü olarak açıklanmıştır. Her sayfada yer alan bir kavram için cevaplama süresi olarak öğrencilere otuz saniye verilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde

ortaöğretimdeki öğrenciler için kelime ilişkilendirme testindeki her bir kavram için yaklaşık otuz saniye verildiği görülmektedir (Bahar, Johnstone ve Sutcliffe, 1999; Bahar ve Özatl, 2003). Kelime ilişkilendirme testindeki her bir kavram için eşit süre verilmiş ve süre tamamlandıktan hemen sonra bir sonraki anahtar kavrama geçilmiştir. Öğrencilerin verilen otuz saniyelik süre içerisinde anahtar kavramla ilişkili olduğunu düşündükleri kelimeleri alt alta yazmaları istenmiştir.

Büyükölük ve Ölçek Kavramları Bilgi Testi ise KİT'ten sonra uygulanmıştır. Açık uçlu dört sorudan oluşan test, nanobilim ve nanoteknoloji konusunun bilinmesi gereken ilk başlığı olan "büyükölük ve ölçek" konusu ile ilgili kavramları kapsayacak biçimde hazırlanmıştır. Birinci soru üç bölüm olup, öğrencilerden birinci bölümde verilen nesnelere küçükten büyüğe doğru sıralamaları; ikinci bölümde aynı nesnelere tablo içerisine işaretleyerek büyüköklüklerini tahmin etmeleri; üçüncü bölümde ise makro, mikro ve nano ölçeklere göre verilen nesnelere gruplandırılmaları istenmiştir. İkinci soruda, öğrencilerden klor gazı/molekülünü çıplak göz, optik (ışık) mikroskobu ve atomik kuvvet mikroskobu (AKM) ile nasıl görebileceklerine dair tahminde bulunup çizim yapmaları istenmiştir. Üçüncü soruda, öğrencilerden kenar uzunlukları makro, mikro ve nano düzeyde verilmiş olan küp şeklindeki şekerlerin suda çözünme hızlarının, yüzey alanı/hacim oranı ve küpler ile su arasındaki etkileşimi dikkate alarak karşılaştırmaları istenmiştir. Dördüncü soru ise birim dönüştürme ile ilgili on şıktan oluşturulmuştur. Test soruları hazırlanıp üç öğretim elemanı ve bir kimya öğretmeni tarafından incelendikten kimya öğretmenliği programı birinci sınıfında öğrenim gören 13 öğrenciye pilot olarak uygulanmıştır. Böylece okunabilirlik, anlaşılabilirlik ve eksiklikler tespit edilmiştir. Gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra test gerçek örnekleme uygulanmıştır.

Verilerin Analizi

Fen Lisesi öğrencilerine uygulanan Büyükölük ve Ölçek Kavramları Bilgi Testinde her bir soru ve soruya ait olan şıklara verilen cevaplar öğrenme ilerlemelerini belirlemek için sınıflandırılmıştır. Doğru cevap, sorunun cevaplanmasında geçerli kavramların kullanıldığını ve anlaşıldığını belirtmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin testteki sorulara ve şıklarına vermiş oldukları cevaplar tek tek irdelenip tablolar şeklinde sunulmuştur. Cevapların analizinde güvenilirlik ve geçerliği sağlayabilmek için üç araştırmacı cevap anahtarını kullanarak 8 farklı öğrencinin teste verdikleri cevaplar ayrı ayrı puanlandırılmış ve puanlamadaki uyuma bakılmıştır. Puanlayıcılar arasındaki uyum % 89 olarak belirlenmiştir.

KİT sonuçlarını değerlendirmek için anahtar kavramlara yazılan cevap niteliğindeki kelimeler belirlenmiş, alfabetik sıraya göre gruplandırılmış ve her kelimenin kaçar kez tekrar edildiğini gösteren kelime frekans tabloları oluşturulmuştur. Öğrencilerin büyüklük ve ölçek konusu ile ilişkili verdikleri anahtar kelimeler tablolarında listelenmiştir. Bu tablolardan elde edilen verilere göre öğrencilerin büyüklük ve ölçek konusunu ifade etmeye uygun gördükleri ve en fazla tekrar ettikleri kelimeler kullanılarak her sınıf düzeyi için kavram haritaları çizilmiştir. Bilişsel yapıdaki kavramlar arasındaki ilişkileri göstermesi amacıyla Bahar, Johnstone ve Sutcliffe (1999) tarafından ortaya koyulan kesme noktası tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğe göre kelime ilişkilendirme testinde yer alan bir anahtar kavram için en fazla verilen cevap kelimenin belli sayıda aşağısı (3-5 sayı) kesme noktası olarak belirlenir. Bu cevap frekansın üstünde bulunan cevaplar kavram ağının ilk kısmındaki bölüme yazılır. Daha sonra kesme noktası belirli aralıklar ile aşağıya çekilir ve tüm anahtar kelimeler kavram ağında çıkıncaya kadar işlem devam eder. Ancak bu çalışmada kesme noktası belirli aralıklarla aşağıya çekilmeden en alt değerden (kesme noktası 2) olarak kavram haritaları oluşturulmuştur.

Bulgular ve Yorumlar

Ders Programlarının İncelenmesi ile İlgili Bulgular

Öğrencilerin Fen Lisesinde görmüş oldukları kimya, fizik ve biyoloji derslerine ait öğretim programları incelenerek nanobilim ve nanoteknoloji ile ilişkili ve nanobilimin öğrenilmesi için gerekli olan konular belirlenmiş ve ilgili ders içerikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1 Fen Lisesi öğretim programındaki derslerin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilişkili içerik ve kazanımları

Dersler	Biyoloji	Fizik	Kimya
9.sınıf	<p>9.1.2. CANLILARIN YAPISINDA BULUNAN TEMEL BİLEŞİKLER</p> <p>9.1.2.1. Canlıların yapısını oluşturan organik ve inorganik bileşikleri açıklar.</p> <p>9.2.1. HÜCRE</p> <p>9.2.1.1. Hücre teorisine ilişkin çalışmaları açıklar.</p> <p>9.3.2. CANLI ÂLEMLERİ VE ÖZELLİKLERİ</p> <p>9.3.2.1. Canlıların sınıflandırılmasında kullanılan âlemleri ve bu âlemlerin genel özelliklerini açıklar.</p> <p>9.3.2.2. Canlıların biyolojik süreçlere, ekonomiye ve</p>	<p>9.1.3. FİZİKSEL NİCELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI</p> <p>9.1.3.1. Fiziksel nicelikleri sınıflandırır.</p> <p>9.2.1. MADDE VE ÖZKÜTLE</p> <p>9.2.1.1. Özkütleyi, kütle ve hacimle ilişkilendirerek açıklar.</p>	<p>9.1.2. KİMYA DİSİPLİNLERİ VE KİMYACILARIN ÇALIŞMA ALANLARI</p> <p>9.1.2.1. Kimyanın ve kimyacıların günümüzdeki çalışma alanlarını açıklar.</p> <p>9.2.1. ATOM MODELLERİ</p> <p>9.2.1.1. Atom modellerini açıklar.</p> <p>9.2.2. ATOMUN YAPISI</p> <p>9.2.2.1. Atomun daha küçük parçacıklardan oluştuğuna işaret eden bulguları değerlendirir.</p> <p>9.2.2.2. Atom altı taneciklerin temel özelliklerini karşılaştırır.</p> <p>9.3.1. KİMYASAL TÜR</p> <p>9.3.1.1. Kimyasal türleri ve bu türleri bir arada tutan kuvvetleri</p>

	<p>teknolojiye katkılarını örneklerle açıklar.</p> <p>9.3.2.3. Virüslerin genel özelliklerini açıklar.</p>	<p>ayırt eder.</p> <p>9.3.2. KİMYASAL TÜRLER ARASI ETKİLEŞİMLERİN SINIFLANDIRILMASI</p> <p>9.3.2.1. Kimyasal türler arasındaki etkileşimleri, etkileşimlerin gücü temelinde sınıflandırır.</p> <p>9.3.3. GÜÇLÜ ETKİLEŞİMLER</p> <p>9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası elektrostatik etkileşimle ilişkilendirerek açıklar.</p> <p>9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması ile ilişkilendirir.</p> <p>9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıklar.</p> <p>9.4.2. KATILAR</p> <p>9.4.2.1. Katıların özelliklerini, yapılarını oluşturan türler arasındaki istiflenme şekli ve bağların gücüyle ilişkilendirir.</p>
10.sınıf	<p>10.4.10. GÖZDE GÖRÜNTÜ OLUŞUMU</p> <p>10.4.10.2. Net görüş elde etmeye yönelik bir optik sistem tasarımı yapar.</p>	
11.sınıf		<p>11.1.1. ATOMUN KUANTUM MODELİ</p> <p>11.1.1.1. Atomu kuantum modeliyle açıklar.</p>

Tablo 1'e göre, 9. sınıf biyoloji dersi için organik ve inorganik bileşikler konusunda DNA'nın yapısı, mikroskopta hücrenin görüntülenmesi, bakteri ve virüslerin genel özellikleri ve canlılardan esinlenerek geliştirilen teknolojik ekipmanlar konuları işlenmektedir. 10. sınıf biyoloji dersinde ise gözde görüntü oluşması konusu bulunmaktadır. 9. sınıf fizik dersi konularında ise, fiziksel niceliklerin sınıflandırılması, SI birim sistemi, kütle ve geometrik şekillerde hacim hesaplaması şeklindedir. 9. sınıf kimya dersi konularında nanoteknoloji ve yarı iletken teknolojiler, atom modelleri ve atomun yapısı, kimyasal türler arasındaki etkileşimler, iyonik, kovalent, metalik bağlar ve maddenin halleri konuları görülmektedir. 11. sınıf kimya dersinde ise, atomun kuantum modeli bulunmaktadır.

Tablo 1'de de görüldüğü gibi her dersin programında nanobilim ve nanoteknoloji konularına ilişkin kavramlar içeren çeşitli kazanımlara yer verilmiştir. Bu kazanımların "büyüklük ve ölçek" ile ilgili mikroskopta hücrenin görüntülenmesi, bakteri ve virüslerin genel özellikleri, gözde görüntü oluşması, fiziksel niceliklerin sınıflandırılması, SI birim sistemi, kütle ve geometrik şekillerde hacim hesaplaması, atom modelleri ve atomun yapısı olarak belirlenmiştir.

Büyüklük ve Ölçek Kavramları Bilgi Testi ile İlgili Bulgular

Daha önce de açıklandığı gibi testte toplam dört adet açık uçlu soru yer almaktadır. Bu sorulara verilen cevapların analizinden elde edilen bulgular soru sırasına göre bu bölümde açıklanmıştır.

Verilen nesnelere küçükten büyüğe sıralamaya yönelik 1. sorunun A bölümüne 9. sınıf öğrencilerinin %35'i (f=10), 10. sınıf öğrencilerinin %24'ü (f=6) ve 11. sınıf öğrencilerinin %38'i (f=6) doğru cevap vermişlerdir. Buna göre, 11. sınıf öğrencileri verilen nesnelere küçükten büyüğe doğru Hidrojen atomu < DNA < Alyuvar < Terliksi hayvan < Sofra tuzu < Karınca başı şeklinde sıralayarak yüzdeler bakımından en çok doğru cevabı veren grup olmuştur.

1. sorunun B bölümünde nesnelere büyüklüklerini tahmin etme ve C bölümünde nesnelere ölçeklere (makro, mikro, nano) göre gruplandırma ile ilgili öğrencilerin vermiş oldukları doğru cevapların oranları frekans ve yüzde olarak Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 1. sorunun B ve C bölümleri için doğru cevap istatistikleri

Büyüklük	9.sınıf		10.sınıf		11.sınıf							
	B	C	B	C	B	C						
	f	%	f	%	f	%						
<i>İnsan alyuvar çapı</i>	11	38	14	48	15	60	15	60	9	56	10	63
<i>DNA sarmalının genişliği</i>	15	52	16	55	15	60	17	68	10	63	10	63
<i>Kübik sofr tuzu tanesinin bir kenarının uzunluğu</i>	20	69	19	66	22	88	20	80	12	75	11	69
<i>Terliksi hayvanın boyu</i>	15	52	19	66	15	60	17	68	8	50	9	56
<i>Karınca başının genişliği</i>	23	79	19	66	19	76	19	76	15	94	12	75
<i>Hidrojen atomunun yarıçapı</i>	23	79	1	3	23	92	0	0	12	75	1	6

Buna göre; birinci sorunun B bölümünde yüksek doğru tahmin yüzdesi; insan alyuvar çapı için 10. sınıf öğrencileri (%60), DNA sarmalının genişliği için 11. sınıf öğrencileri (%63), kübik sofr tuzu tanesinin bir kenarının uzunluğu için 10. sınıf öğrencileri (%88), terliksi hayvanının boyu için 10. sınıf öğrencileri (%60), karınca başının genişliği için 11. sınıf öğrencileri (%94) ve hidrojen atomunun yarıçapı için 10. sınıf öğrencileri (%92) olacak şekilde dağılım göstermiştir. Sonuç olarak 10. ve 11. sınıf öğrencilerinin ağırlıklı olarak daha doğru cevaplar verdikleri görülmüştür.

Birinci sorunun C bölümünde; insan alyuvar çapını 11. sınıf öğrencileri (%63), DNA sarmalının genişliğini 10. sınıf öğrencileri (%68), kübik sofr tuzu tanesinin bir kenarının uzunluğunu 10. sınıf öğrencileri (%80), terliksi hayvanının boyunu 10. sınıf öğrencileri (%68), karınca başının genişliğini 11. sınıf öğrencileri (%76), hidrojen atomunun yarıçapını 11. sınıf öğrencileri (%6) doğru şekilde gruplandırmıştır. Ancak, öğrenciler hidrojen atomunun

yarıçapını nano ölçek kısmına yazarak yanlış cevaplamışlardır. Toplam 70 öğrenciden sadece iki tanesi, biri 9. sınıf diğeri de 11. sınıf öğrencisi, hiçbir bölümü işaretlemeyerek soruyu doğru cevaplamıştır. Genel olarak bakıldığında, C bölümünde de B bölümünde olduğu gibi 10. ve 11. sınıf öğrencileri daha doğru cevaplar vermişlerdir.

İkinci soruda, 1 mm, 100 nm, 1 nm ve 100 pm kenar uzunluklarında küp şeklindeki dört kapta bulunan klor gazının sırasıyla çıplak gözle, ışık mikroskobu ve atomik kuvvet mikroskobuyla nasıl görülebileceğine dair öğrencilerin çizim yapmaları istenmiştir. Öğrenci çizimlerine ait bulgular Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3 2. soru için yapılan çizimlerin doğru cevap istatistikleri

Kenar Uzunlukları	9.sınıf						10.sınıf						11.sınıf					
	Çıplak gözle		Optik mik. ile		AKM ile		Çıplak gözle		Optik mik. İle		AKM ile		Çıplak gözle		Optik mik. ile		AKM ile	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1 mm	3	10	1	3	1	3	9	36	0	0	0	0	9	56	4	25	4	25
100 nm	4	14	0	0	0	0	12	48	0	0	0	0	11	69	5	31	0	0
1 nm	4	14	0	0	9	31	12	48	0	0	7	28	10	63	2	11	3	19
100 pm	4	14	1	3	1	3	12	48	5	20	0	0	10	63	3	19	1	6

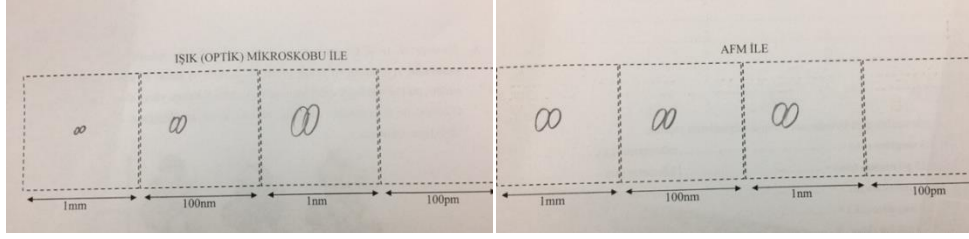
Tablo 3’e göre; çıplak göz ve optik mikroskop ile klor gazı için elde edilebilecek görüntülerin çiziminde en yüksek doğru cevap oranına sahip 11. sınıf öğrencileri olmuştur. AKM ile klor gazının incelenmesine ait çizimlerde ise 1 mm’de 11. sınıf, 1 nm’de 9. sınıf, 100 pm’de ise yine 11. sınıf öğrencileri en doğru çizimleri yaparken, 100 nm’de doğru bir çizime rastlanmamıştır.



Şekil 1. 9.Sınıf Öğrencilerinin 2.Soruda Yapmış Oldukları Çizimlere İlişkin Örnekler

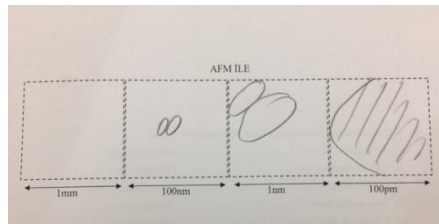
Fen Lisesi 9. sınıf öğrencilerinden bazılarının 2. soru ile ilgili çıplak göz ve ışık mikroskobu için Şekil 1’deki örnek çizimlerinde, klor molekülünün büyüklüğünün kabın büyüklüğü küçüldükçe büyüdüğü görülmüştür. AKM için yapılan çizimlerde ise tam tersi olarak klor molekülünün kabın büyüklüğü küçüldükçe küçültülerek çizildiği tespit edilmiştir. Klor molekülünün büyüklüğünün 400 pm olarak verilmesine rağmen, çıplak göz ve ışık mikroskobu ile her kap kesitinde klor molekülünün görülebileceğinin düşünülmesi 9. Sınıf

öğrencilerinin ölçekler arası farklılıkları ve birim öneklerini bilmediği yorumu yapılabilmektedir.



Şekil 2. 10. Sınıf öğrencilerinin 2. soruda yapmış oldukları çizimlere ilişkin örnekler

Fen Lisesi 10.sınıf öğrencilerinin yaklaşık yarısı çıplak gözle klor molekülünün hiçbir kapta görülemeyeceğini belirtmişlerdir. Öğrencilerin Şekil 2’de yapmış oldukları çizimlerde ise ışık mikroskobunda 1mm kenar uzunluklu olan kapta 1 nm’ye göre daha büyük molekül çizimi yapıldığı görülürken, 100 pm kenar uzunluklu kapta ise hiçbir şey görülmeyeceği belirtilmiştir. Öğrencilerin AKM ile görebileceklerini çizdiklerinde kaplardaki moleküllerin büyüklüklerinde herhangi bir değişiklik olmadan aynı büyüklüklerde çizimler yaptıkları tespit edilmiştir. 100 pm kenar uzunluklu kaptaki ışık mikroskobunda olduğu gibi hiçbir şey görülemeyeceği belirtilmiştir. Soruda çıplak göz, SEM ve AKM’nin çözünürlükleri verilmesine rağmen, 10. sınıf öğrencilerinin sadece çıplak gözün görme sınırını anlayabildiği görülmüştür. Ayrıca 10. sınıf öğrencilerinin de 9. sınıf öğrencileri gibi ölçekler arası farklılıkları ve birim öneklerini bilmedikleri olarak yorumlanmıştır.



Şekil 3. 11. Sınıf öğrencilerinin 2. soruda yapmış oldukları çizimlere ilişkin örnek

Fen Lisesi 11. sınıf öğrencilerinin çoğu çıplak gözle ve ışık mikroskobunda klor molekülünün hiçbir kapta görülmeyeceğini belirtmişlerdir. AKM ile görebileceklerine dair çizim ise Şekil 3’teki gibidir. Bu gruptaki öğrenci çizimlerinin diğer gruplara göre daha doğru çizimler oldukları görülmüştür. 11. sınıf öğrencilerinin çıplak göz, SEM ve AKM’nin çözünürlüklerini ve ölçekler arası farklılıkları 9. ve 10. sınıflara göre daha iyi ifade ettikleri yorumu yapılabilir.

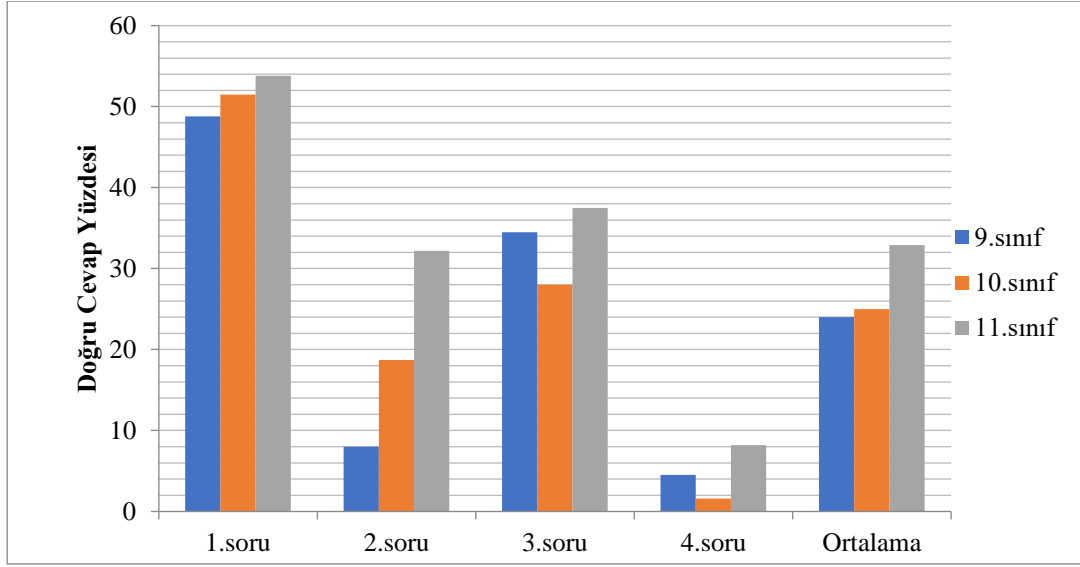
Öğrencilerin makro, mikro ve nano büyüklükteki küp şekerlerin suda çözünme hızlarını, yüzey alanı / hacim oranını ve şeker küpleri ile su arasındaki etkileşimi dikkate alınarak karşılaştırmalarına ait 3. soruya 9. sınıf öğrencilerinin %35'i (f=10), 10. sınıf öğrencilerinin %28'i (f=7) ve 11. sınıf öğrencilerinin %38'i (f=6) doğru cevap vermişlerdir. Buna göre, doğru cevap yüzdesi en çok olan grup 11. sınıf öğrencileri olmasına rağmen, diğer gruplarla arasında çok büyük bir farklılık göze çarpmamıştır.

Öğrencilerin birim dönüştürme ile ilgili 4. soruya verdikleri cevapların analizi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4 4. soru için doğru cevap istatistikleri

Soru Şıkkı	9.sınıf		10.sınıf		11.sınıf	
	f	%	f	%	f	%
A	2	7	0	0	1	6
B	0	0	0	0	1	6
C	0	0	0	0	1	6
D	2	7	0	0	1	6
E	5	17	1	4	2	13
F	1	4	0	0	2	13
G	2	7	2	8	1	6
H	0	0	0	0	1	6
I	1	4	1	4	1	6
J	0	0	0	0	2	13

Tablo 4'te, 4. sorunun A, D ve E şıklarını 9. sınıf öğrencileri; G şikkını 10. sınıf öğrencileri ve kalan şıkları 11. sınıf öğrencileri en yüksek oranda doğru cevap verecek şekilde yanıtlamışlardır. Birim dönüştürmede doğru cevap yüzdesinin tüm gruplarda çok düşük olduğu görülmüştür. Bu durum 2. soruda farklı ölçeklerde verilen büyüklüklerin neden karıştırıldığını anlamamızda yardımcı olabilir. Yukarıda açıklanan 4. soru için, 9., 10. ve 11. sınıfların vermiş oldukları doğru cevap yüzdelерinin değişimi Şekil 4'te özetlenmiştir.



Şekil 4. Öğrencilerin sorulara vermiş oldukları doğru cevaplara ilişkin istatistikler

Tüm test dikkate alındığında ise, 11. sınıf öğrencilerinin tüm sorularda en çok sayıda doğru cevap verdikleri görülürken, birinci ve ikinci sorularda 9. sınıf, üçüncü ve dördüncü sorularda ise 10. sınıf öğrencileri en az sayıda doğru cevabı veren gruplar olmuşlardır.

KİT ile İlgili Bulgular

KİT'deki her anahtar kavram için üretilen cevap kelimelerin sayısı bu teknikteki verilerin değerlendirilmesinde kullanılan metotlardan birisidir. Bir kavramla ilişkilendirilen kelimelerin sayısı ve niteliği o kavramın anlaşılıp anlaşılmadığını belirlemekte kullanılabilir. Bu çalışmada 10. sınıf öğrencileri 748 adet kelime ile en fazla kelime kullanan grup, 11. sınıf öğrencileri ise 377 kelime ile en az kelime kullanan grup olmuştur. En çok sayıda cevap kelime türetilen anahtar kavram optik mikroskobu (N=336), en az sayıda cevap kelime türetilen anahtar kavram ise birim sistemi (N=144) olarak belirlenmiştir.

Tablo 5, 6 ve 7'de öğrencilerin KİT'te yer alan anahtar kavramlara verdikleri cevap kelimeler ve görülme sıklıkları frekans olarak verilmiştir.

Tablo 5 9. sınıf öğrencilerinin verilen anahtar kavramlarla ilişkilendirdikleri kelimeler

Makroölçek	Taramalı Elektron Mikroskobu	Nanoölçek	Büyüklik	Optik Mikroskobu	Taramalı Tünelleme Mikroskobu	Mikroölçek	Birim Sistemi
Küçük (9)	Atom (8)	Küçük (13)	Boyut (5)	Cam (11)	Biyoloji (5)	Küçük (13)	Metre (4)
Büyük (5)	Bilim (5)	Nanometre	Kocaman	Gözlük (11)	Hücre (4)	Birim (3)	Ölçü (4)
Birim (3)	Biyoloji (5)	(6)	(5)	Göz (9)	Kimya (4)	Coğrafya	Uzunluk
Cetvel (3)	Hücre (5)	Fizik (4)	Boy (4)	Işık (8)	Tarama (4)	(3)	(4)
Fen (3)	İnceleme (4)	Mikroskop	Hacim (4)	Hücre (6)	Tünel (4)	Ölçek (3)	SI Birim
Harita (3)	Kimya (4)	(4)	Küçük (4)	Yakınlaştırma	Araştırma (3)	Boyut (2)	Sistemi
Mikroskop	Nötron (4)	Birim (3)	Uzunluk	(6)	Bakteri (3)	Harita (2)	(3)
(3)	Proton (3)	Bilim (3)	(4)	Bakteri (5)	Canlı (3)	Kimya (2)	Ağırlık
Ölçek (3)	Elektron (2)	Kimya (3)	Dev (3)	Biyoloji (5)	Küçültme (3)	Küçücük	(2)
Ölçü (3)	Fizik (2)	Metre (3)	Küçüklük	Fizik (5)	Yol (3)	(2)	Düzen (2)
Ölçüm (3)	Laboratuvar	Ölçüm (3)	(3)	İnceleme (3)	Hastane (2)	Küçültme	Ölçüm (2)
Coğrafya (2)	(2)	Küçük	Ölçü (3)	Lam (3)	İnceleme (2)	(2)	Santimetre
Fizik (2)	Mikroorganizmalar (2)	ölçek (2)	Kilo (2)	Lamel (3)	Laboratuvar	Lejant (2)	e (2)
Kimya (2)	(2)	Minik (2)	Küçücük	Lens (3)	(2)	Makro (2)	Tartı (2)
Lejant (2)	Mikroskop	Nano (2)	(2)	Mercek (3)	Mikroskop	Mikroskop	
Mikro (2)	(2)	Nanoteknoloji (2)	Metre (2)	Miyop (3)	(2)	(2)	
Mikroölçek		Ölçü (2)	Zaman (2)	Araştırma (2)		Minik (2)	
(2)		Uzunluk (2)		Büyüteç (2)		Nano (2)	
Santimetre				Canlı (2)		Ölçü (2)	
(2)				Kırılma (2)			
Uzunluk (2)				Kimya (2)			
				Küçültme (2)			
				Laboratuvar			
				(2)			
				Yansıma (2)			

Tablo 5'te 9. sınıf öğrencilerinin makroölçek, mikroölçek ve nanoölçek ile küçük; taramalı elektron mikroskobu ile atom; büyüklük ile boyut; optik mikroskobu ile cam ve gözlük; taramalı tünelleme mikroskobu ile biyoloji; birim sistemi ile metre, ölçü ve uzunluk kelimeleri en çok ilişkilendirdikleri kelimeler olmuştur. Öğrencilerin en çok kelimeyi optik mikroskobu kavramına, en az kelimeyi ise birim sistemi kavramına yazdıkları tespit edilmiştir.

Tablo 6'da görüldüğü üzere, 10. sınıf öğrencilerinin makroölçek ile büyük; mikroölçek, büyüklük ve nanoölçek kavramları ile küçük; taramalı elektron mikroskobu ile proton; optik mikroskobu ile gözlük; taramalı tünelleme mikroskobu ile araştırma; birim sistemi ile metre kelimeleri en çok ilişkilendirdikleri kelimeler olmuştur. Öğrencilerin en çok kelimeyi taramalı elektron mikroskobu ile optik mikroskobu kavramına, en az kelimeyi ise taramalı tünelleme mikroskobu kavramına yazdıkları tespit edilmiştir.

Tablo 6 10. sınıf öğrencilerinin verilen anahtar kavramlarla ilişkilendirdikleri kelimeler

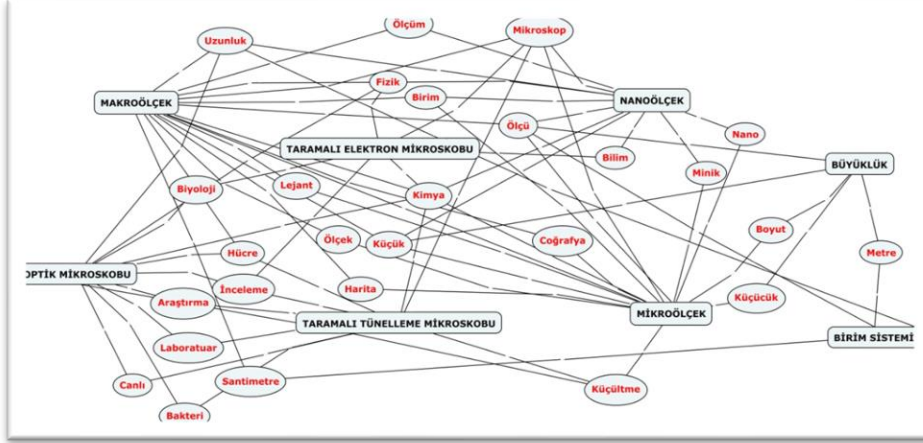
Makroölçek	Taramalı Elektron Mikroskobu	Nanoölçek	Büyüklük	Optik Mikroskobu	Taramalı Tünelleme Mikroskobu	Mikroölçek	Birim Sistemi
Büyük (11)	Proton (14)	Küçük (11)	Küçük (7)	Gözlük (10)	Araştırma (4)	Küçük (17)	Metre (6)
Ölçüm (6)	Atom (12)	Nanoteknoloji (7)	Boyut (4)	Işık (9)	Bilim (3)	Ölçüm (4)	Kilogram (4)
Bilim (5)	Nötron (10)	Atom (3)	Ölçü (4)	Mercek (9)	Fizik (3)	Ölçme (4)	(4)
Küçük (4)	Kimya (8)	Bilim (3)	Ölçüm (4)	Fizik (8)	Fizik (3)	Birim (3)	Santimetre (4)
Mikroskop (4)	Elektron (7)	Birim (3)	Büyük (3)	Göz (8)	Gözlem (3)	Mikroskop (3)	(4)
Ölçü (4)	Fizik (6)	Değer (3)	Dev (3)	Cam (6)	Tünel (3)	(3)	Zaman (3)
Birim (3)	Deney (5)	Fizik (3)	Görecelilik (3)	Aynalar (5)	İnceleme (2)	Ölçü (3)	Birim (2)
Biyoloji (3)	Küçük (5)	Ölçü (3)	Küçüklük (3)	Küçük (5)	Küçük (2)	Fizik (2)	Fizik (2)
Deney (3)	Mikrop (4)	Ölçüm (3)	(3)	Kırılma (4)	Mercek (2)	İnceleme (2)	Sayı (2)
Bilim insanı (2)	Bilim (3)	Deney (2)	Nicelik (3)	Optik (4)	Mikrop (2)	(2)	Uzunluk (2)
Büyüklük (2)	Elektrik (3)	Ölçek (2)	Sayı (3)	Bakteri (3)	MR (2)	Küçücük (2)	(2)
(2)	Bilim insanı (2)	Ölçme (2)	Uzunluk (3)	Biyoloji (3)	Doktor (3)	Makro (2)	(2)
Metre (2)	Biyoloji (2)	Tanecik (2)	(3)	Mikroskop (3)	Mikroskop (2)	Nanoölçek (2)	(2)
Mikro (2)	Laboratuvar (2)	Teknoloji (2)	Ağırlık (2)	(3)	(2)	Ölçüt (2)	(2)
Ölçek (2)	(2)	Uzunluk (2)	Birim (2)	Dalga (2)	Hipermetrop (2)		
Teknoloji (2)	Mercek (2)		Devasa (2)	(2)	(2)		
Uzay (2)	Mikro (2)		Fizik (2)	Lamel (2)			
	Ölçü (2)		Hacim (2)	Miyop (2)			
	X-ışını (2)		Kocaman (2)	Numara (2)			
			Nitelik (2)	Odak (2)			
			Ölçek (2)				
			Test (2)				

Tablo 7’de görüldüğü üzere, 11. sınıf öğrencilerinin makroölçek ile büyük, büyük ölçekli, küçük ve mikroskop; taramalı elektron mikroskobu ile atom, küçük ve proton; mikroölçek ve nanoölçek kavramları ile küçük; büyüklük kavramı ile boyut; optik mikroskobu ile ışık; taramalı tünelleme mikroskobu ile ayrıtı; birim sistemi ile metre, kare ve ölçü kelimeleri en çok ilişkilendirdikleri kelimeler olmuştur. Öğrencilerin en çok kelimeyi taramalı elektron mikroskobu ile optik mikroskobu kavramına, en az kelimeyi ise taramalı tünelleme mikroskobu kavramına yazdıkları tespit edilmiştir.

Tablo 7 11. sınıf öğrencilerinin verilen anahtar kavramlarla ilişkilendirdikleri kelimeler

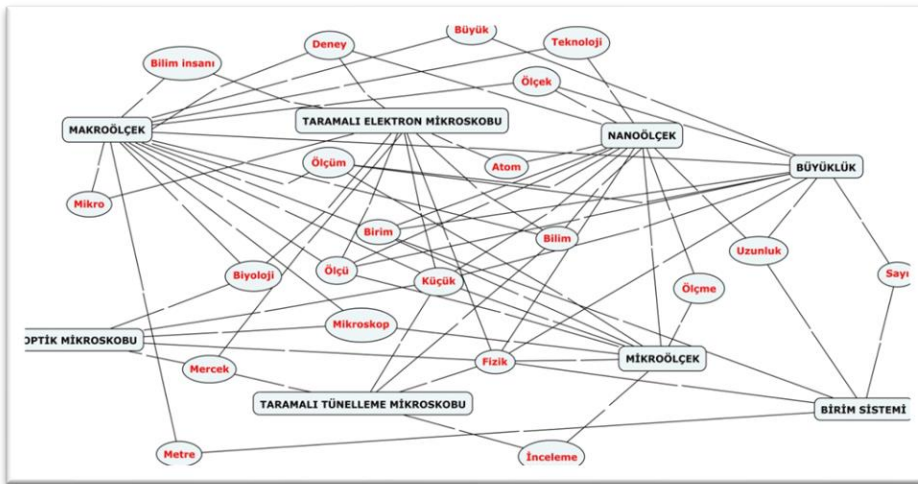
Makroölçek	Taramalı Elektron Mikroskobu	Nanoölçek	Büyüklük	Optik Mikroskobu	Taramalı Tünelleme Mikroskobu	Mikroölçek	Birim Sistemi
Büyük (4)	Atom (4)	Küçük (11)	Boyut (7)	Işık (5)	Ayrıtı (3)	Küçük (8)	Kare (2)
Büyük ölçekli (4)	Küçük (4)	On üzeri eksi dokuz (6)	Ölçü (6)	Fizik (4)	Işın (2)	On üzeri eksi dokuz (2)	Metre (2)
Küçük (4)	Proton (4)	Mikro (3)	Birim (5)	Göz (4)			Ölçü (2)
Mikroskop (4)	Atom altı parçacıklar (3)	Mikro (3)	Küçük (4)	Küçük (4)			
Fizik (2)	Ayrıtı (2)	Çok küçük (2)	Hacim (3)	Aynalar (3)		Harita (2)	Mikroskop (2)
Laboratuvar (2)		Gözle görülemez (2)	Karşılaştırma (3)	Gözlük (3)			
Ölçüm (2)		Nanoteknoloji (2)	Büyük (2)	Yansıma (3)			
Teleskop (2)		Teknoloji (2)	Kocaman (2)	Eksen (2)			
			Küçüklük (2)	Gözlem (2)			
			Metre (2)	Işın (2)			
			Nitelik (2)	İnceleme (2)			
			Ölçüt (2)	Kırılma (2)			
				Miyop (2)			
				Ölçek (2)			

Anahtar kavram ve ilişkilendirilen kelimelerle ilgili kesme noktası 2 ve yukarısı için oluşturulan kavram haritaları Şekil 5, 6 ve 7’de verilmiştir.

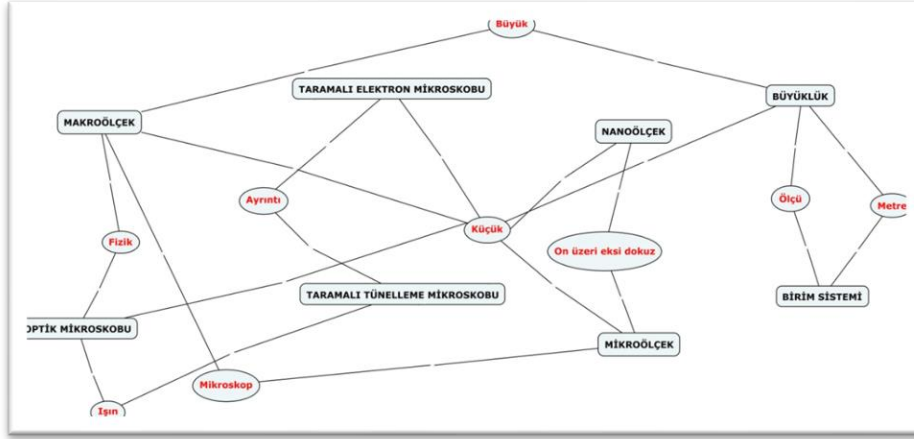


Şekil 5. Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin KİT kavram haritaları

Şekil 5’teki kavram haritasında 9. sınıf öğrencilerinin “kimya” kelimesini makroölçek, mikroölçek, nanoölçek, taramalı tünelleme mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu ve optik mikroskobu ile en çok ilişkilendirdikleri görülmektedir. Ancak, coğrafya ve lejant gibi kelimelerin de makroölçek ve mikroölçek ile ilişkilendirilmesi, öğrencilerin bu kavramları coğrafya dersinde de gördüklerine ve hatırladıklarına işaret etmektedir.



Şekil 6. Onuncu sınıf öğrencilerinin KİT kavram haritaları



Şekil 7. On birinci sınıf öğrencilerinin KİT kavram haritaları

Şekil 6 ve 7'deki kavram haritalarında 10. sınıf ve 11. sınıf öğrencilerinin “küçük” kavramını makroölçek, mikroölçek, nanoölçek, büyüklük, taramalı tünelleme mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu ve optik mikroskobu ile ilişkilendirdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, 11. sınıf öğrencileri en az anahtar kavramlarla kelimelerin ilişkilendirildiği grup olmuştur. Bu durum sınıf mevcudunun en az olmasından dolayı kaynaklanmış olabilir.

Tartışma ve Sonuç

Genel olarak, Fen Lisesi öğrencileri tarafından nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili olan büyüklük ve ölçek kavramlarının yeterince anlaşılmadığı görülmüştür. Sınıf seviyesi arttıkça öğrencilerin sorulara daha çok doğru cevap verdikleri tespit edilmiştir. On birinci sınıf öğrencileri sorulara daha doğru cevap vermekle birlikte tüm gruplardaki öğrencilerin büyüklük ve ölçek kavramları ile ilgili bilgi seviyelerinin düşük olduğu ve nanobilimle ilgili konulara aşina olmadıkları belirlenmiştir.

Karınca başının büyüklüğü çıplak gözle görülebildiğinden dolayı tüm gruplarda öğrencilerin çoğu doğru cevapladıkları tespit edilmiştir. Ancak, hidrojen atomunun yarıçapının büyüklüğünü çoğu öğrenci pikometre (10^{-12}) şeklinde işaretlemesine rağmen nano ölçek kısmına yazmaları nano ve pikoyu karıştırdıkları ve ölçeklendirmede hata yaptıkları görülmüştür.

On birinci sınıf öğrencileri klor gazını çıplak gözle, optik mikroskobu ile ve AKM ile nasıl gördüklerine dair daha doğru çizimler yaparken; 9. sınıf öğrencilerinin çok daha fazla sayıda yanlış çizimler yaptıkları görülmüştür. Büyüklük ve ölçek kavramıyla ilgili örnek kavramlar 9. sınıf fizik, kimya ve biyoloji derslerinin öğretim programlarında yer almasına rağmen, 9. sınıf öğrencilerinin yanlış çizimler yapmaları öğrencilerin bilişsel seviyesi ile

ilişkilidir. Bu durum dersler arasında ilişki kuramamalarından kaynaklanmış olabilir. Bu ilişkiyi kurmada yardımcı olacak doğrudan “Büyüklik ve Ölçek” diye bir konunun programda olması daha uygun olabilir.

Nesnelerin büyüklüklerine göre sudaki etkileşimleri ile ilgili tüm gruplardaki öğrencilerin yaklaşık üçte biri doğru cevap vermişlerdir. Öğrencilerin, yüzey alanındaki molekül sayısının, hacimdeki atom sayısına oranının nesne küçüldükçe arttığını düşündükleri; yüzey alanındaki molekül sayısı arttıkça etkileşimlerin nasıl değiştiği ve yüzey enerjisinin arttığı ile ilgili çok fazla bilgilerinin olmadığı tespit edilmiştir.

Birim dönüştürme sorusunda Fen Lisesi öğrencileri olmalarına rağmen öğrencilerin oldukça zorlandıkları ve çok az sayıda öğrencinin soruyu doğru cevapladığı görülmüştür. Birim dönüştürme konusunda öğrencilerin eksiklikleri olduğu tespit edilmiştir.

Büyüklik ve ölçek kavramları için şekil 4’de verilmiş olan istatistiksel sonuca göre 9. sınıftan 11. sınıfa kadar doğru cevap sayılarının arttığı ve bu sonuç neticesinde öğrenme ilerlemesinin meydana geldiği görülmüştür. Ancak, öğrencilerin hem fen konularını hem de nanobilim konularını anlamada yeterli olmadığı anlaşılmıştır.

Bu çalışmada bir tanılama aracı olarak uygulanan kelime ilişkilendirme testi ile öğrencilerin bilişsel yapısında konu ile ilgili kavramlar arasındaki bağlantıları nasıl kurdukları görülmüştür. Öğrencilerde yanlış anlama ya da kavram yanlışlığından daha çok, konu hakkında farkındalık düzeyinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin optik mikroskobu ile ilgili daha çok kelime yazması bu kavramla ilgili daha çok bilgi bildiklerini gösterirken, taramalı tünelleme mikroskobu ile daha az kelime yazmaları bu cihazla ilgili çok fazla bilgiye sahip olmamalarından dolayıdır. Öğrencilerin günlük yaşamlarında büyüklük, ölçek ve nanobilim ile ilgili kavramların fazla bir yer almadığı, büyüklük ve ölçek kavramları ile birlikte hızla gelişen alan olan nanoteknoloji hakkında çok fazla bilgilerinin olmadığı ve ortaöğretim programının da gelişmekte olan bu alana uyarlanmadığı belirlenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, fen programına nanoteknoloji ve nanobilim konusu başlığı altında bu konuyla ilişkili kavramları ve bilimsel olguları içerecek biçimde olması ve nanoteknoloji konusunun disiplinler arası bir yaklaşımla verilmesi gerekmektedir (Stevens ve diğerleri, 2007).

Gelişmiş ülkelerde nanobilim eğitiminde ilkokuldan başlayan öğretim programlarının planlaması yapılırken, ülkemizde öğretim programlarında nanobilime gerektiği kadar önem verilmediği görülmektedir. Dokuzuncu sınıf kimya ve fizik kitaplarında nanoteknoloji tanımı, birim dönüşümleri ve fiziksel niceliklerin sınıflandırılması konuları mevcut olmasına rağmen

bu sınıftaki öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar 10 ve 11. sınıflara göre düşük kalmıştır. Fen Lisesi'nde bulunan öğrencilerin on iki senelik zorunlu eğitimde nanobilim, nanoteknoloji, büyüklük ve ölçek gibi kavramlarla ilgili çok az ders saati gördükleri anlaşılmaktadır. Yükseköğretim düzeyinde de ders içeriklerinde ortaöğretimdekine benzer durumlar olmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji konusunun okullarda anlatılarak bilgi, beceri ve farkındalık kazanımının erken yaşlarda oluşması gerektiği bildirilmiştir (Gököz Sagun ve Akaygün, 2014). Nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığını arttırmak için ilkokuldan yükseköğretime kadar eğitim öğretim faaliyetlerinin planlı ve bilinçli bir şekilde programlanması gerekmektedir. Buradaki en önemli etken öğrencilerin öğrenme ilerlemelerinin tespitini yapmaktır. Öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojinin giriş konusu olan büyüklük ve ölçek kavramlarını öğrenebilmeleri, öğrenme ilerlemelerinin belirlenmesi ile daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

Öneriler

Araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Fen Lisesi 9, 10 ve 11. sınıf öğrencilerinin büyüklük ve ölçek kavramları hakkında öğrenme ilerlemeleri ile ilgili araştırmacılara, kitap yazarlarına, program geliştiricilere ve öğretmenlere faydalı bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Bu araştırma sonuçlarına göre, ortaöğretim programlarına “Nanobilim ve Nanoteknoloji” konu başlıklı yeni bir bölüm eklenerek bu bölüm altında “büyüklük ve ölçek” kavramlarının işlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Biyoloji, fizik ve kimya derslerinde birim örneklerinin ve birim dönüştürmelerinin daha çok kullanılması ile nanobilimi tanımak ve anlamak için temel adımlardan birisi olacağı düşünülmektedir. Öğrencilerin büyüklük ve ölçek kavramları hakkında bilgi düzeylerinin geliştirilmesi, konuya ilişkin öğrencilerin ilgilerini çekebilmek ve bilgilendirmek için bilim fuarı, atölye çalışması gibi çeşitli etkinliklerin düzenlenmesi; fen (kimya, fizik ve biyoloji) ve matematik derslerinin öğretim programlarının daha büyük bir uyumuna yönelik bir işbirliğine gidilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- Akdeniz, N. & Benlikaya, R. (2015). *Öğretmen Adaylarının Nanobilimi Anlayışı: Boyut ve Büyüklük*. IV. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi, BAÜN Necatibey Eğitim Fakültesi, 07-10 Eylül 2015, Balıkesir.
- Anderson, C. W. (2008). *Conceptual and empirical validation of learning progressions*. Presented at the Meeting on Advancing Research on Adaptive Instruction And

- Formative Assessment, sponsored by the Center on Continuous Instructional Improvement (CCII). Philadelphia, PA.
- Aslan, O. & Şenel, T. (2015). Fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363-389.
- Bahar, M. & Özatlı, S. (2003). Kelime İletişim Testi Yöntemi ile Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Canlıların Temel Bileşenleri Konusundaki Bilişsel Yapılarının Araştırılması, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5, 75-85.
- Bahar, M., Johnstone, A.H. & Sutcliffe, R.G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33, 134-141.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G.M. & Crone, W.C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 183–189.
- Çalık, M., Ünal, S., Coştu, B. & Karataş, F.Ö. (2008). Trends in Turkish science education. *Essays in Education*, Special Edition, 23-45.
- Delgado, C., (2009). *Development of a Research-Based Learning Progression for Middle School through Undergraduate Students' Conceptual Understanding of Size and Scale*, Ph.D. Dissertation, University of Michigan.
- Duschl, A., Schweingruber, H. & Shouse A. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Enil, G. ve Köseoğlu Y. (2016). Fen Bilimleri (Fizik, Kimya ve Biyoloji) Öğretmen Adaylarının Nanoteknoloji Farkındalık Düzeyleri, İlgileri ve Tutumlarının Araştırılması. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 2(1), 61-77.
- Ergün, S.S., Ocak, İ. ve Ergün, E. (2017). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Nanoteknoloji Hakkında Görüşleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 272-282.
- Gibson, C., Ostrom, E. & Ahn, T. K. (2000). The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics* 32(2), 217-239.
- Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H. (2002). Research and development for the future of chemical education. In J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Toward research-based practice* (pp. 391-408). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.

- Gököz-Sagun, B. & Akaygün, S. (2014). Üniversiteden Liseye Uzanan Köprü: Bir Nanobilim Atölye Çalışması, *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 49-71.
- Göktaş, Y., Hasaıçebi, F., Varisoğlu, B., Akcay, A., Bayrak, N., Baran, M. & Sözbilir, M. (2012). Trends in educational research in Turkey: A content analysis. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(1), 443-460.
- Gürkan, T. & Gökçe, E. (2000). İlköğretim Öğrencilerinin Fen Bilgisi Dersine Yönelik Tutumları IV. *Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi*. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi 6-8 Eylül 2000, Ankara.
- Güven, B. (2001). İlköğretim Birinci Basamak 4. ve 5. Sınıf Fen Bilgisi Derslerinde Sınıf Öğretmenlerinin Deney Yöntemini Kullanma Durumları, *Yeni Binyılın Basında Türkiye’de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, Maltepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Hawkins, D. (1978). Critical Barriers to Science Learning. *Outlook*, 29, 3-23.
- Jayarajah, K., Saat, R.M. & Rauf, R.A.A. (2014). A review of science, technology, engineering & mathematics (STEM) education research from 1999–2013: A Malaysian perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(3), 155-163 DOI: 10.12973/eurasia.2014.1072a.
- Karakaya, İ. (2009). Bilimsel Araştırma Yöntemleri, (Ed.), A. Tanrıöğen, *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Ankara, Anı Yayıncılık.
- Karataş, F. Ö. & Ülker, N. (2014). Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(3), 103-118.
- Kilpatrick, J., Swafford, J. & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academies Press.
- Krajcik, J. S., McNeill, K. L. & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Lehrer, R. (2003). Developing understanding of measurement. In J. Kilpatrick, W. G. Martin, & D. Schifter (Eds.), *A research companion to Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. (pp. 179-192)
- Lin, T.C., Lin, T.J. & Tsai, C.C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals, *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- Linn, M. C., Davis, E. A. & Eylon, B.-S. (2004). The scaffolded knowledge integration framework for instruction. In M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (Eds.), *Internet*

- Environments for Science Education (pp. 47-72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nelson, K. & Benedict, H. (1974). The comprehension of relative, absolute and contrastive adjectives by young children. *Journal of Psycholinguistic Research*, 3, 333-341.
- Özatlı, N. S. & Bahar, M. (2010). Öğrencilerin Boşaltım Sistemi Konusundaki Bilişsel Yapılarının Yeni Teknikler İle Ortaya Konması. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Dergisi*, 10(2), 9-26.
- Sayre, N. F. & Di Vittorio, A. V. (2009). Scale. İçinde R. Kitchen, N. Thrift (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography*, 10, 19-28. Elsevier: Amsterdam.
- Selçuk, Z., Palancı, M., Kandemir, M. & DüNDAR, H. (2014). Eğitim ve bilim dergisinde yayınlanan araştırmaların eğilimleri: İçerik analizi. *Eğitim ve Bilim*, 39(173), 430-453.
- Smith, C. L., Wisner, M., Anderson, C. W. & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. Focus Article. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14, 1-98.
- Snir, J., Smith, C. & Grosslight, L. (1993). Conceptually enhanced simulations: A computer tool for science teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 2(2), 373-388.
- Sözbilir, M., Kutu, H. & Yaşar, M. D. (2012). *Science education research in Turkey: A content analysis of selected features of papers published*. In J. Dillon & D. Jorde (Eds). *The World of Science Education: Handbook of Research in Europe* (pp.341-374). Rotterdam: Sense Publishers.
- Subaşı, M. & Okumuş, K. (2017). Bir araştırma yöntemi olarak durum çalışması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 419-426.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L., Schank, P. & Krajcik, J. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Suri, H. & Clarke, D. (2009). Advancements in research synthesis methods: From a methodologically inclusive perspective. *Review of Educational Research*, 79(1), 395-430.
- Tretter, T. R., Jones, M. G., Andre, T., Negishi, A. & Minogue, J. (2006). Conceptual boundaries and distances: Students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 282-319.

- Umdu Topsakal, Ü., Çalık, M. & Çavuş, R. (2012). What trends do Turkish biology education studies indicate?. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(4), 639-649.
- URL, (2018). Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), <http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx>, 18 Aralık 2018 tarihinde erişilmiştir.
- Waldron, A. M., Sheppard, K., Spencer, D. & Batt, C. A. (2005). Too small to see: Educating the next generation in nanoscale science and engineering. In C. S. S. R. Kumar, J. Hormes, & C. Leushner (Eds.), *Nanofabrication towards biomedical applications* (pp. 375-389). New York: Wiley.
- Wilson, M. & Bertenthal, M.(Eds.) (2005). *Systems for state science assessment*. Washington, DC: National Academies Press.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (6. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.