

## Lise Öğrencilerinin Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalığı\*

### Nanoscience and Nanotechnology Awareness of High-School Students

İsmail ATEŞ<sup>1</sup>, Musa ÜCE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi A.B.D., ismailates4278@gmail.com

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi A.B.D., musauce@marmara.edu.tr

**Makalenin Geliş Tarihi: 11.10.2016**

**Yayına Kabul Tarihi: 27.03.2017**

#### ÖZ

*Bu araştırmanın amacı İstanbul'daki liselerde eğitim gören öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji (NBT) farkındalıklarını incelemektir. Araştırmada, nitel araştırma modeli olan durum çalışması desenlerinden birisi olan "iç içe geçmiş tek durum" deseni kullanılmıştır. Çalışma grubu İstanbul'da çeşitli liselerden 50 öğrenciden (26 kız, 24 erkek) oluşmaktadır. Verilerin toplanmasında "Nanobilim ve Nanoteknoloji Yapılandırılmış Görüşme Formu" kullanılmıştır. Katılımcıların görüşleri ses kaydı ile kaydedilmiş ve toplanan nitel veriler betimsel analiz yöntemi ile çözümlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, öğrencilerin gelecekte çalışmayı istedikleri alanlar için NBT eğitiminin faydalı olacağı düşünülmektedir. Öğrencilerin nanoteknolojiyi duymalarında medya en etkili araç olmuştur. Öğrencilerin nanoteknolojiye karşı merakı, öğrenme istekleri ve farkındalıkları yapılan görüşmeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Buna rağmen güncel araştırmalar hakkında hiçbir haber duymayanların oranı göreceli olarak fazladır. Nanoteknoloji temelli konuların derinlemesine bilinmediği ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin nanoteknolojinin risk ve fayda farkındalığına sahip olduğu görülmüştür. Öğrencilerin NBT farkındalıklarını artırmak üzere çeşitli öneriler sunulmuştur.*

**Anahtar Sözcükler:** Nanobilim ve Nanoteknoloji, Öğrenci Görüşleri, Farkındalık.

---

\* Bu çalışma, ilk yazarın ikinci yazar danışmanlığında tamamlanan "Ortaöğretim Kimya Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknolojinin Yeri" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**ABSTRACT**

*The aim of this study is to explore nanoscience and nanotechnology (NST) awareness of students from various school types in Turkey. Case study, one of the qualitative research techniques, was used in the study to collect data. "Embedded single-case design" was used as a case study design in the study. The participants were formed of 50 students (26 girls, 24 boys), coming from different high schools in Istanbul. "Nanoscience and Nanotechnology Structured Interview Protocol" has been used for collecting data. Views of the participants were recorded and for the analysis of qualitative data, descriptive analysis has been applied. In results of the study, it is considered that NST education will be beneficial for areas that the students want to work in the future. Media is the most effective means where the students hear about nanotechnology. As a result of the interviews conducted, students' interest in, eagerness to learn and awareness for nanotechnology are revealed. Despite this fact, the rate of those who have not heard about any news about up-to-date researches is still relatively high. It appears that nanotechnology-based topics are not recognized in depth. It is observed that students have awareness on nanotechnology's risks and benefits. Some suggestions were offered to increase the NST awareness of students.*

**Keywords:** *Nanoscience and Nanotechnology, Student Views, Awareness.*

## GİRİŞ

Nano öneki 1947’de 14. IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) konferansında, bir fiziksel büyüklüğü ifade eden bir birimin milyarda bir parçası için örnek olarak tanıtılmıştır. 1960’da resmi standart olarak kabul edilmiştir. Yunanca “Nanos” kelimesinden gelir ve “Küçük yaşlı adam ya da cüce” anlamındadır. Bilimsel olmayan anlamda “Çok küçük” şeyleri ifade ederken kullanılmaktadır (nanno, n.d.).

1 nanometre Uluslararası Birimler Sistemi’ne (SI) göre 1 metrenin milyarda biri olarak tanımlanır. Nanometrenin standart sembolü nm’dir. 1 nanometre (nm), bilimsel gösterim olarak  $1 \times 10^{-9}$  metre(m) şeklinde yazılır. Nanobilim, nesnelere en az bir boyutta 1 ve 100 nanometre( $10^{-9}$  m) arasında bir boyuta sahip olduğunda meydana gelen özel olayları araştıran disiplinler arası bilime verilen addır.

Nanoteknoloji; nanometre ölçekte (atomik, moleküler ve makromoleküler ölçekte) boyut ve şeklin manipülasyonu yoluyla; yapıların, araçların ve sistemlerin tasarımı, karakterizasyonu, üretimi ve uygulaması sonucunda yeni/ üstün niteliğe ya da özelliğe sahip yapılar, araçlar ve sistemler üretmektir (Drexler, 1992). Nanoteknolojiyi çok kısa ve öz olarak, “Atomik hassaslıkta mühendislik” olarak tanımlayabiliriz (Ramsden, 2009). Nano ölçekte var olan bilimlerin bir uzantısı olarak, nanobilimin özünde nano ölçekteki olguların çalışmaları ve malzemelerin manipülasyonu vardır. Nanoteknolojide ise nano ölçekte yapıların, araçların ve sistemlerin şekil ve boyut kontrolü yoluyla tasarımı, tanımlanması, üretilmesi ve uygulaması söz konusudur.

Nanobilim, nanometre ölçekli nesnelere ve onların çevresindeki fizik, kimya, biyoloji, malzeme bilimini içine alan disiplinler arası çalışmadır. Bu ölçekte özellikler ve süreçler bizim makro dünyamızdaki deneyimlerimizden belirgin farklılıklar gösterir. Nano ölçekteki nesnelere davranışlarını kavramsallaştırma, ‘insan’ ölçeğindeki deneyimlerimizden kurulmuş davranışları hakkındaki sezgilerimize benzersiz aykırılıklar sunar (Jones ve diğ., 2013).

Özellikle bilgi teknolojisinde olmak üzere nanoteknoloji insan varlığında devrim yapan birçok son gelişmenin anahtar kısmıdır. Nanoteknolojiyle, aygıtların daha küçük yapılmasının en belirgin avantajı, küçülmeyle birlikte performansın katlanarak çoğalmasındır. Diğer avantajı ise, belirgin olmamakla birlikte, minyatürize edilmiş aygıtlar, genellikle daha hızlı çalışır ve birim başına daha az maliyete sahiptir (Ramsden, 2009). Nanobilim ve Nanoteknoloji (NBT) akıllı ilaçlardan, su arıtımına, bilişim ve iletişim teknolojilerinden daha güçlü ve daha hafif malzemelerin geliştirilmesine kadar birçok alanda hızla ilerleyen bir bilim dalıdır. Bu durum “Nano”yu bilim ve teknoloji dünyasında popüler hale getirmiştir. Günümüzde NBT, teknolojik yenilikte ve bilimsel araştırmalarda en başı çekmektedir. Önemli teknolojik, ekonomik ve toplumsal beklentilerin bu alanlara bağlı olduğu en ileri bilimsel araştırmalardır. Bu araştırmalarla bilimsel bilginin sınırları genişlemektedir. Bütün gelişmeler neticesinde NBT eğitim açısından ilginç ve önemli bir alan haline gelmiştir.

Nanobilim eğitimi sadece akademik seviyede değil NBT zorunlu eğitim içinde de yer almalıdır. Gelişmekte olan bu alanlarda kamuoyunun katılımının ve farkındalığının teşvik edilmesi önemlidir. Bu talepler kamu yöneticileri, sanayi ve ticaret, sivil örgütler, bilim insanları ve mühendisler, öğretmenler ve eğitimciler, sosyal bilimciler tarafından yapılmıştır (Laherto, 2012). Nanoteknoloji, mühendislik ve bilim müfredatlarının en önemli vazgeçilmezlerinden olmuştur. NBT; fizik, kimya, biyoloji, malzeme bilimi, ilaç, bilgisayar bilimi ve mühendislikte, geleneksel araştırma alanlarını birleştirir (Brune ve diğ., 2006; Stevens, Sutherland, Schank, Krajcik, 2009). Nanoteknoloji özellikle kimya, malzeme bilimi, mühendislik ve fizik alanlarına dayanır (OECD, 2013).

Bilim okuryazarlığı açısından NBT eğitimi düşünüldüğünde; kişisel, sosyal ve küresel bağlamlarda NBT ile ilgili konularla vatandaşların yakın gelecekte uğraşmak zorunda kalacakları olasıdır (Gardner Jones, Taylor, Forrester, Robertson, 2010; Healy, 2009; Sabelli ve diğ., 2005; Stevens, Sutherland, Schank, Krajcik, 2009; Zenner ve Crone, 2008). OECD'nin 2009 yılındaki raporunda dünya ölçeğinde 2015 yılında NBT temelli istihdamın iki milyona artacağı ve aynı raporda nanoteknoloji ürünlerinin toplam piyasa değerinin 1000 milyar doların üzerinde olacağı tahmin edilmiştir. (Palmberg, Dernis,

Miguet, 2009). Nanoteknolojinin önümüzdeki yıllarda büyük bir ekonomik ve sosyal etkisi olması beklenmektedir. Bilgi teknolojisi cihazlarının küçülmesindeki ilerlemede, bağışıklık sistemine bağlı temel problemlerin çözümünde, genetikteki gelişmelerin hızlanmasında ve yenilenebilir enerji üretiminde katkıda bulunabilecektir (OECD, 2009).

NBT'nin amacı, maddelerin atomik ve moleküler özelliklerini kullanarak nanoölçekte yeni teknolojiler ve yeni ürünler üretmektir. Bu yüzden topluma yönelik çok geniş uygulama alanı bulan ve hızla gelişen bir alandır. Nanoteknolojik ürünlerle günlük hayatımızın her alanında karşılaşmaktayız. NBT'nin önemi çağımızın teknoloji olmasından dolayı her türdeki eğitim öğretim faaliyetlerinde karşımıza çıkabilmektedir. NBT araştırmaları ve öğretimi bireysel çabalarla ve kurumsal düzeyde yapılmaktadır. Ülkemizde NBT eğitimin yaygınlaştırılması ve öğrencilerimizin bilgi sahibi olmaları sağlanmalıdır.

Önümüzdeki yirmi yıl içerisinde nanoteknolojiye dayalı iş ve yaşam tarzının hayatımızda köklü değişikliklere yol açacağı ön görülmektedir. Buna bağlı olarak eğitim sistemimizde de NBT'nin daha fazla yer alacağı tahmin edilmektedir. Eğitim sisteminde yer alan öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında bilgilerinin ortaya çıkarılması, bahsedilen konuların eğitim sistemimize dâhil edileceği süreçte önemli ve öncelikli adımlardan birini teşkil etmektedir (Karataş, 2014).

Ülkemizde NBT eğitimine yönelik öğretim uygulamalarına yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalara örnek olarak; Şenel (2009)'un öğretmen adayları için NBT kavramlarının öğretimine yönelik geliştirdiği rehber materyal, Sagun Gököz (2012) 'nin lise öğrencileri için geliştirdiği NBT atölyesidir. Akaygün ve arkadaşları (2015) tarafından 10 ülkeden 14 ortağın katıldığı 'Proje Irresistible' adlı projede sorgulamaya dayalı fen eğitimi yöntemi ile nanobilimin sağlık uygulamalarına yönelik "Sorumlu Araştırma ve İnovasyon (SAİ)" çerçevesinde "Nano ve Sağlık" modülü geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu çalışmaların sonuçları NBT eğitimine olumlu katkı sağlamıştır. Bunun yanında ise farklı yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi ve meslek gruplarından bireylerle yapılan NBT'ye yönelik değerlendirme çalışmaları yapılmıştır (Aslan, Şenel ve Zor, 2014; Ekli,

2010; Kadioğlu 2010; Şenocak, 2014). Bu çalışmalarda, katılımcıların NBT farkındalık durumları ve bilgi yetersizliği ortaya çıkmıştır.

Literatür taraması sonucunda NBT ile ilgili uygulamaya yönelik geliştirilen atölye, modül, rehber materyaller ve farklı seviyedeki öğretmen adayları ve öğrencilerin bilgi, görüş ve düşüncelerini belirlemeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, lise öğrencilerinin NBT farkındalıklarını belirlemeye yönelik çalışmanın az sayıda olması problem durumudur. Farkındalık durumlarının belirlenmesi NBT eğitimi ihtiyacının ortaya çıkması açısından önemlidir. Böylelikle NBT eğitim uygulamaları yaygınlaştırılabilir. Dolayısıyla bu araştırmada, lise öğrencilerinin NBT farkındalık durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda araştırmada şu araştırma sorusu değerlendirilecektir: Liselerde eğitim öğretim gören öğrencilerin görüşleri doğrultusunda NBT farkındalığının durumu nedir?

## YÖNTEM

Bu araştırmada, lise öğrencilerinin NBT farkındalığının durumunun betimlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada nitel araştırma modeli olan durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum alışması; güncel bir olay, olgu, durum ve araştırmanın yapıldığı grup üzerine odaklanılan derinlemesine bir inceleme olarak tanımlanmaktadır (Creswell, 2013; Glesne, 2012; Yin, 2009). Araştırmada desen olarak, durum çalışması desenlerinden birisi olan “i içe geçmiş tek durum” deseni kullanılmıştır. “İ ie geçmiş tek durum deseninde, tek bir durum içinde çoğu kez birden fazla alt tabaka veya birim olabilmektedir” (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s.292). Yapılan araştırmada, ele alınan durum, lise öğrencilerinin NBT farkındalığı durumudur.

Araştırmanın alışma grubunu 2013-2014 öğretim yılında İstanbul ili Anadolu yakasındaki çeşitli türdeki liselerden (Fen lisesi-FL, Anadolu Lisesi-AL, Endüstri Meslek Lisesi-EML) 9, 10, 11 ve 12. sınıflardan yapılandırılmış görüşmeye katılan 50 (26 kız, 24 erkek) öğrenci oluşturmaktadır (Tablo 1). Çalışma grubu, kolay ulaşılabilir durum örneklemesine ve maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir

Araştırmaya katılımda gönüllülük esasına dikkat edilmiştir. Araştırmada maksimum çeşitliliği sağlayabilmek için FL, AL, EML’nde öğrenim gören toplam 50 öğrenciden ibaret çalışma grubu oluşturulmuştur. Katılımcılara Ö1’den Ö50’ye kadar kodlar verilmiştir.

**Tablo 1.** Katılımcıların Cinsiyet, Okul Türü, Sınıflarına Ait Dağılımları

Cinsiyet, Okul Türü, Sınıf					
Okul Türü		Cinsiyet		Toplam	
		KIZ	ERKEK		
EML	Sınıf	9	2	1	3
		10	2	1	3
		11	2	2	4
		12	1	3	4
	Toplam	7	7	14	
AL	Sınıf	9	3	2	5
		10	3	3	6
		11	4	3	7
		12	2	1	3
	Toplam	12	9	21	
FL	Sınıf	9	1	2	3
		10	3	2	5
		11	2	1	3
		12	1	3	4
	Toplam	7	8	15	
Total	Sınıf	9	6	5	11
		10	8	6	14
		11	8	6	14
		12	4	7	11
	Toplam	26	24	50	

*Not: FL: Fen Lisesi, AL: Anadolu Lisesi, EML: Endüstri Meslek Lisesi*

### Veri Toplama Aracı

Nitel veri toplamanın bir stratejisi olarak derinlemesine bilgi etmek amacıyla görüşme tekniği kullanılmıştır. Bu amaçla açık uçlu soruların bulunduğu “*Nanobilim ve Nanoteknoloji Yapılandırılmış Görüşme Soruları Formu*” kullanılmıştır. Form, Akaygün’ün (2010a ve 2010b) çalışmasında kullandığı 8 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Araştırma sorularının içeriği ile ilgili uzmanla birlikte değerlendirmeler yapılmıştır.

Sorular her seviyedeki öğrencilerin kolaylıkla anlayabileceği şekilde sorulmuştur. Bu sorular öğrencilerin NBT ile ilgili bilgi ve görüşlerini ortaya çıkaracak nitelikte olup NBT farkındalıklarını belirlemeye yöneliktir. Veriler, yazarlar tarafından öğrencilerle yüz yüze görüşme yoluyla ses kaydı yapılarak toplanmıştır.

### **Verilerin Analizi**

Araştırmanın verileri, araştırma sürecinde “Veri Toplama Aracı” ile elde edilen verilerin betimsel analiz yöntemi ile çözümlenmesi sonucunda elde edilen bulgulardan oluşmaktadır. “Betimsel analizde, görüşülen ve gözlenen bireylerin görüşlerini çarpıcı bir biçimde yansıtmak amacıyla doğrudan alıntılara sık sık yer verilir. Bu tür analizde, elde edilen bulguları düzenlenmiş ve yorumlanmış bir biçimde okuyucuya sunmak amaçlanır” (Yıldırım ve Şimşek, 2016, s. 239). Yapılandırılmış görüşmelerden toplanan veriler ortaya çıkan temalara göre düzenlenmiştir. Görüşülen bireylerin söylediklerinin sınıflanması yoluyla temaların ve bu temalar arası anlamlı ilişkilerin ortaya çıkarılmasıyla analiz süreci gerçekleştirilmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Veri analizinde; öğrenci açıklamalarında dikkate değer noktalar makale içinde öğrenci numarası verilerek (Ö.11 “ ... ”) işareti içinde doğrudan alıntı yapılarak verilmiştir.

Araştırmada geçerlik ve güvenilirlik yerine tutarlılık, aktarılabilirlik, inandırıcılık ve teyit edilebilirlik kavramlarının kullanılması doğru bir yaklaşım olacaktır. Farklı okul ve sınıflardaki öğrenciler görüşmeye dâhil edilerek öğrencilerin farklı görüşleri ve bakış açıları ortaya konmaya çalışılmıştır. Tüm görüşmelerin ses kaydının alınması inandırıcılığı sağlamak amacıyla yapılmıştır. Öğrenci görüşlerinden örnek ifadeler olduğu gibi sunulmuştur. Aktarılabilirlik konusunda katılımcılara görüşmelerle ilgili yeterli ve detaylı açıklamalar verilmiştir. Araştırmada elde edilen tüm bulguların tamamı yorum ve genelleme yapılmadan doğrudan sunulmuştur. Verilerin benzer süreçlerde toplanması, veri analizi sürecinde temaların oluşturulması ve verilerin sonuçlarla ilişkisinin ortaya konulması tutarlı bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. Araştırma boyunca elde edilen tüm veriler, yazarlar tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonra biraya gelerek betimsel analiz noktasında, genel anlamda görüş birliği sağlanmıştır. Ayrıca, ortaöğretim matematik ve fen bilimleri eğitimi anabilim dalı kimya eğitimi bölümünde



görevli bir öğretim üyesi ile değerlendirme toplantısı yapılmış, çalışmanın tüm detayları tartışılmıştır. Böylece uzman görüşü de alınarak uygun görülen düzeltmeler yapılmıştır. Tüm aşamalarda nesnel olunmaya çalışılmıştır. Ancak nitel araştırmalarda tam nesnellığın mümkün olmadığı, araştırmacının etkisi olabileceği varsayımından, Guba ve Lincoln'un "nesnellik" yerine "teyit edilebilirlik" önerisine uyulmuştur (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Araştırmanın teyit edilebilirliği yine aynı kimya eğitimcisi tarafından ulaşılan sonuçların, yargıların, yorumların ve önerilerin ham verilerle karşılaştırılması yoluyla sağlanmıştır.

## **BULGULAR**

Bu bölümdeki nitel bulgular araştırmanın amacına yönelik liselerde eğitim öğretim gören öğrencilerin NBT farkındalığının ne durumda olduğuna ilişkindir. Görüşmede sorulan her bir sorudan ortaya çıkan temalar genel bir başlık altında sunulmuştur. Bu başlık altında ilgili soruya verilen cevaplardan ortaya çıkan temalar anlatılmış. Bu temalara ait katılımcı görüşleri örneklerle sunularak betimlenmiş ve yorumlanmıştır.

### **NBT ve Düşünülen Çalışma Alanı**

Araştırmaya katılan öğrencilerin 'gelecekte hangi alanda çalışmayı düşündükleri' hakkındaki görüşlerine ait açıklamaları altı ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla mühendislik (23) sırasıyla tekrarlanan fen bilimleri (9), sağlık (9), sosyal bilimler (6), hizmet sektörü (3), emin değil (3) şeklinde olduğu görülmektedir. Toplam tekrarlanan temanın 53 olmasının nedeni bazı öğrencilerin birden fazla tercihte bulunmasıdır. Öğrencilerin çalışmayı düşündükleri alanların NBT ile ilgili alanlar olduğu görülmektedir. Öğrencilerin gelecekte çalışmayı düşündükleri alanların seçiminde NBT farkındalıklarının etkili olduğu elde edilen verilerden söylenememektedir. Ancak, özellikle mühendislik ve sağlık alanlarında çalışmak isteyen öğrencilerin NBT'ye yönelik görüşlere ve örneklere rastlanmıştır. Bu durumla ilgili bazı öğrenci görüşleri şu şekildedir. Örneğin, "Gittikçe atomun daha küçük parçacıklarını öğrendikçe teknoloji ilerledikçe daha küçük aletler yapılabiliyor. Bilgisayarlarda anakart üzerinde REM'lerin üzerinde küçük küçük parçacıklar var." (Ö1;Bilgisayar mühendisi

olmak istiyor.), “Bizim ilkokulda kasetlerimiz vardı. Bir resim bile atamıyorduk. Şu anda nanoteknolojiyle 500 GB’lık şeyi küçük kasetin ¼ kadar disklere sığdırabiliyoruz.” (Ö6; makine mühendisi olmak istiyor.), “Nanoteknoloji günümüzdeki bilgisayarlarla karşılaştığımızda günümüzdeki bilgisayarlar eski bilgisayarların çeyreği kadar. Nano burada küçük olarak karşımıza çıkıyor.” (Ö16; makine ya da endüstri mühendisi olmak istiyor.), “Ameliyatlarda kullanıldığı için küçük bir hata fark edilmeyebilir. Bu da kötü sonuçlar doğurabilir. Faydaları ise mesela ameliyatlarda düşünürsek insan elinin çok kaba geleceği durumlarda nanorobotlar daha kolay ulaşabilir.” (Ö27; doktor olma istiyor.), “Organlar yapılıyor ya organlar yapılırken nanoteknolojiden faydalanıyor. 3D yazıcılar kullanılarak.” (Ö30; diş hekimi olmak istiyor.) “...tıp okursam eğer nanoteknoloji ve nanobilim hakkında kendimi geliştirebileceğimi biliyorum. Tıpla da ilgili olduğunu duydum önceden... Hastalıklarla mücadele konusunda gelişmeler gösterebilir.” (Ö44; doktor olmak istiyor.)

Mühendislik alanında çalışmak isteyen öğrenciler NBT’nin sayesinde özellikle bilgisayarlardaki büyüklük olarak küçülme, bunun yanında kapasite olarak artma olduğunu ifade etmişlerdir. Yine sağlıkla ilgili mesleklerde çalışmak isteyen öğrenciler de NBT’nin sayesinde geliştirilen bazı teknoloji ve hastalıklarla mücadele konularında görüş belirtmişlerdir. Bu durum gelecekte düşünülen çalışma alanları ile ilgili NBT ‘nin ortaya koyduğu gelişmelerde öğrencilerin farkındalık durumlarını ifade edilebilir. Sosyal Bilimler ve hizmet sektörü temalarında meslek seçimi ile NBT’ farkındalığı arasında bir bağ olmadığı tespit edilmiştir.

### **Öğrencilerin NBT’den Haberdar Olma Durumları ve Kaynakları**

Araştırmaya katılan öğrencilerin ‘nanobilim ve nanoteknoloji terimleri ile daha önceden karşılaşmışlar mı?’ hakkındaki görüşleri; *Evet (46) ve hayır (4) ’tür. Evet cevabı üç tema altında toplanmıştır. Bu temaların, tekrarlanan en fazla şuradan duydum (36), sırasıyla tekrarlanan sadece duydum (9) bu konuda çalışma yaptım (1) şeklinde olduğu görülmektedir.*

Ayrıca, araştırmaya katılan öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji terimleri ile ‘nerede karşılaştıkları’ hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar dört ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *eğitim ve öğretim faaliyetleri* (20), sırasıyla tekrarlanan *görsel medya araçları* (10), *ticari ürünler* (6), *sosyal çevre*(2) şeklinde olduğu görülmektedir. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Evet, şuradan duydum...:** Örneğin, “*Karşılaştım evet nanoteknoloji tabii evet günümüzde var olan, önemi olan teknoloji giysilerde.*” (Ö6), “*Temizlik malzemelerinde karşılaştım. Birde bu araba boyalarında kirlenmeyen boyalar varmış.*” (Ö32), “*Evet karşılaştım. Gerek konferans salonunda bununla ilgili seminerler oldu. Dergilerde okuyoruz. Bu ara gayet popüler olmakla beraber televizyonda karşımıza çıkıyor.*” (Ö48).

**Evet, sadece duydum:** Örneğin, “*Duydum ama ne anlama geldiğini bilmiyorum.*” (Ö13), “*Duydum ama bilmiyorum. Teknolojiyle ilgili konuşmalarda, konferanslarda duydum.*” (Ö19).

**Evet, bu konuda çalışma yaptım:** Örneğin, “*Nanoteknoloji ile ilgili proje çalışması bile yaptım. Okulda en çok Bilsen’de.*” (Ö3).

**Hayır:** Örneğin, “*Yok. Hayır, çok bir bilgim olmadı.*” (Ö14), “*Yok bildiğim kadarıyla Hayır*” (Ö39).

Görüşmeden öğrencilerin büyük çoğunluğunun NBT’den belirtilen kaynaklar sayesinde haberdar oldukları ortaya çıkmıştır. Bunlar, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde; dergiler, kitaplar, okul dersler, konferanslar ve proje çalışmalarıdır. Görsel medya araçlarında; TV, internet, belgeseller, bilgisayar oyunlarıdır. Ticari ürünlerde; kıyafetler, kirlenmeyen boyalar, temizlik ürünleridir. Sosyal çevreden haberdar olma durumunun ise aile ve günlük konuşmalar sayesinde olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin söylediklerinden bahsi geçen kaynakların NBT farkındalığı oluşturmada etkili olduğu ifade edilebilir. Öğrencilerin NBT’yi bahsedilen kaynaklardan duymalarına rağmen derinlemesine bilgi sahibi olmadıkları NBT’nin bazı özel kavramlara yönelik görüşme ifadelerinde görülmektedir.

### Öğrencilere NBT'nin Ne İfade Ettiği

Bu başlık altında A ve B' de ifade edilen temalara yönelik betimlemeler bulunmaktadır.

**A:** Araştırmaya katılan öğrencilerin 'nanobilim ve nanoteknoloji terimlerinin onlar için ne ifade ettiği' hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar sekiz ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *yeni ve ileri teknoloji* (58), sırasıyla tekrarlanan *küçük* (52), *birim* (30), *bilmiyorum* (14), *diğer bilimsel faaliyetler* (9),  *faydalı faaliyetler* (7),  *bilim* (5), *sağlık* (3) şeklinde olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu temaların, NBT ile ilgili haber kaynaklarında kullanılan ifade ve sözcüklerin olduğu düşünülebilir. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Yeni ve ileri teknoloji:** (Teknoloji, nanoteknoloji, ileri teknoloji, gelecek, yeniçağ, nanoteknoloji çağı, çağımızın geliştiğini, yenilik, yeni şeyler üretmek, yeni gelişen ürünler). Örneğin, "Dünyanın yeniçağı olduğunu düşünüyorum. ..., nanoteknoloji çağı olacağını düşünüyorum." (Ö4), "...İleri teknoloji." (Ö20).

**Küçük:** (Küçük, küçültme, küçük boyut, küçük parçacık, küçük teknoloji). Örneğin, "Gittikçe araçların küçülmesi." (Ö18), "...küçük boyutlarda yapılan mühendislik çalışmaları" (Ö30), "Geleceğin teknolojisi. ...maddenin en küçük haliyle yapılabilecek büyük işler." (Ö46).

**Birim:** (Nano, metrenin milyarda biri, birim,  $10^{-9}$  m). Örneğin, "Nano daha küçük yapıları inceleyen birim  $10^{-9}$  metre." (Ö8).

**Bilmiyorum:** Örneğin, "Şuan bilmiyorum." (Ö7), "Hiçbir fikrim yok." (Ö39).

**Diğer bilimsel faaliyetler:** (Uzay, bilgisayar, mekatronik, mühendislik çalışmaları, kendi kendini yenileme.) Örneğin, "Parçalanmış kısımların kendi kendini yenilemesi". (Ö29), "Uzay teknolojisi gibi geliyor." (Ö20).

**Faydalı faaliyetler:** (İyi, hayatı kolaylaştırmak, fayda, kıyafet.) Örneğin, "Yeni gelişen ürünleri iyileştirmek ya da alanların ürünlerinin daha kullanışlı ve insanlara faydalı hale getirmek." (Ö35).

**Bilim:** (Bilim, bilimsel çalışma.) Örneğin, “...Nanoteknoloji o kadar küçük boyutlarda gerçekleştirilen daha çok atomik seviyelerde gerçekleştirilen bilimsel çalışma, teknoloji.” (Ö26).

**Sağlık:** (Tedavi, insan vücudu.) Örneğin, “... hastalıkların hücre seviyesinde tedavi edilmesi.” (Ö23).

Öğrencilerin görüşleri, NBT'nin geleceğin ileri seviyede teknoloji, araçların küçülerek, küçük boyutlarda yapılan mühendislik çalışmaları olduğunu belirtmişlerdir. NBT'nin maddenin nano boyutunun kullanılarak yapabilecek faydalı çalışmalar olduğunu, tedavi amaçlı kullanılabileceğini, atomik boyutta gerçekleştirilen bir bilim dalı olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun yanında NBT hakkında hiçbir fikri olmayan öğrencilerde bulunmaktadır.

**B:** Araştırmaya katılan öğrencilerin ‘nanobilim ve nanoteknoloji hakkında neler bildikleri ve bu konuda bildikleri güncel araştırmaların olup olmadığı’ hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar üç ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *nanoteknoloji ile ilgili bazı haberler duydum* (27), sırasıyla tekrarlanan *nanoteknoloji ile ilgili önceden bazı haberler duydum* (21), *önceden nanoteknoloji ile ilgili hiçbir haber duymadım* (2) şeklinde olduğu görülmektedir. Bu temalar altındaki görüşlerden öğrencilerin NBT hakkında daha çok güncel araştırmaların neler olduğu anlaşılmasına çalışılmıştır.

**Önceden nanoteknoloji ile ilgili hiçbir haber duymadım:** Örneğin, “Güncel araştırma yok.” (Ö20), “İlgimi çekmediği için araştırmaya gerek duymadım.” (Ö47).

**Nanoteknoloji ile ilgili bazı haberler duydum:** Örneğin, “Sağlık alanında birkaç tane araştırma biliyorum. Kan damarlarına yapışan bazı maddelerin çözünmesi için nanoteknoloji robotların kullanılmasıyla ilgili.” (Ö4), “Evet mesela Gekko kertenkelesi maddenin 1-100 nanometre arasındaki katkısının araştırılması yönlendirilmesi.” (Ö5), “Bilgisayar geliyor. Kıyafet konusunda leke tutmuyor. Değişik özellikleri oluyor. Yazın da gidebiliyorsun.” (Ö13), “Şimdiye kadar bulunan en güçlü madde idi grafen. Molekül inceliğinde en güçlü madde.” (Ö26), “Teknolojik açıdan nanoçiplerde telefonun içine

küçülterek yer avantajı sağlayarak pil büyüklüğü onun dışında telefonda incecik çipler küçüldükçe tabii yer azalıyor, hızlanıyor yani verimliliği artıyor. Zariflik getirerek bir olaya teknolojiye ilerleme olarak görüyorum. ... Dikkatimi çeken nokta eskiden kilobaytlarla olan şimdi megabaytlarla olması (milyon kat küçülürken milyar kat kapasitenin artması)." (Ö36), "Mesela askeri kamuflaj alanında ... Filmlerde de gördüğümüz görünmezlik yani ortama uygun kamuflaj sağlayacak kıyafetin geliştirilmesi." (Ö50).

**Nanoteknoloji ile ilgili önceden bazı haberler duydum:** Örneğin, "Güncel araştırmalar yok. Ancak yaptığım bu konuyla ilgili bir proje var. Nanozeolitle ilgili nanozeolit normal zeolitin kullanım alanlarının dışında da kullanılabilir. Küçük olduğu için moleküler filtre olarak kullanılabilir." (Ö25).

Öğrenciler örneklerdeki gibi farklı konu başlıklarında duyumları olduğunu ifade etmişlerdir. Bu duyumların güncel araştırmalardan çok yaygın olarak bilinen çalışmaların olduğu görülmektedir. NBT konularının ilgisini çekmediği öğrencilerde bulunmaktadır.

#### **NBT'de Bazı Özel Terimlere Yönelik Görüşler**

Araştırmaya katılan öğrencilerin 'nanoparçacık, karbon nanotüpler, STM ve AFM terimlerinin ne ifade ettiği ve daha önce karşılaşmış ve karşılaşmadıkları' hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar beş ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *Hayır, önceden hiç duymadım* (22), sırasıyla tekrarlanan *sadece nanoparçacığı duydum* (12), *STM ve AFM terimlerini duydum* (10), *bucyball hakkında bir şey duydum* (6), *hepsini duydum ama bir fikrim yok* (2) şeklinde olduğu görülmektedir. Öğrencilerin nanoparçacık, karbon nanotüpler, STM ve AFM terimlerinin hepsi ile karşılaşmayanlar en fazladır. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Hayır, önceden hiç duymadım:** Örneğin, "Hiçbirini duymadım." (Ö33), "Terimler çok karşılaştığım şeyler değil." (Ö45), "Terimlerle pek ilgili olmadığım için açıkçası duymadım. Pek araştırma yapmadım bu konuda" (Ö48).

**Sadece nanoparçacığı duydum:** Örneğin, “Nanoparçacığı duydum ama bilmiyorum. Diğerlerini duymadım.” (Ö22), “Nanoparçacık; muhtemelen nanoteknolojide kullanılan temel esas parçacık odur yani. Diğerlerini duymadım. (Ö38).

**STM ve AFM terimlerini duydum:** Örneğin, “Elektron mikroskopunu...” (Ö7), (AFM, SEM terimlerini duydum ama aklıma gelmiyor.” (Ö37).

**Bucyball hakkında bir şey duydum:** Örneğin, “Evet, çok küçük nano boyutta parçacık. Buckyball duydum. 60 C atomundan oluşan molekül AFM, SEM pek bir şey bilmiyorum ama isimlerini duydum.” (Ö25), “C60 duydum. Buckball güçlendirilmiş karbon. (Ö32).

**Hepsini duydum ama bir fikrim yok:** Örneğin, “Duymuştum ama kavramsal anlamda bilmiyorum. Hiç karşılaşmadım.” (Ö8).

Öğrencilerden birisi bu terimlerin sık karşılaşmadıkları terimler olduğunu ifade etmişlerdir. İlgili olmadığı için araştırma yapmadığını ifade eden öğrencinin dışındaki diğer duymayan öğrenciler hiçbir terimi duymadıklarını ve fikirleri olmadıklarını söylemişlerdir. Bunun yanında öğrencilerden bazıları sadece nanoparçacığı duyup hakkında bilgi sahibi olmadıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilerde biri ise Nanoteknolojide kullanılan esas parçacık olduğunu söylemiştir. AFM ve SEM hakkında ise elektron mikroskopu olduğunu söyleyen ve duyup ama ne olduğunu bilmeyen öğrenciler vardır. Bucyball terimini duyan öğrenciler ne olduğundan haberdardır. Tüm terimleri duyup ancak kavramsal anlamda bilmeyen öğrenciler en az sayıdadır.

### **NBT'nin Risk ve Faydalarına İlişkin Görüşler**

Araştırmaya katılan öğrencilerin ‘nanobilim ve nanoteknoloji hangi riskleri ve faydaları beraberinde getirdiği ve bir vatandaş olarak bu konuda yeterli bilgiye sahip olduklarını düşünüp düşünmedikleri’ hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar dört ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *faydalar ve riskleri birlikte* (26), sırasıyla tekrarlanan *sadece faydalar* (12), *sadece riskleri* (8), *bilgim yok* (4) şeklinde olduğu görülmektedir. Öğrencilerden çoğunluğu risk ve faydayı birlikte düşünmüşlerdir. NBT'nin faydalarına yönelik görüşlerin daha fazla ifade edildiği görülmektedir. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Faydalar ve riskleri birlikte:** Örneğin, “Savaş silahlarında bayağı hasar verecek şekilde geliştirebilir. Faydası kanserin ya da başka hastalıkların tedavisinde kullanılabilir.” (Ö5), “Yarar açısından tıpla alakalı olabilir. Kanser tedavisinde kullanılabilir. Atıklarla alakalı zararları olabilir...” (Ö11), “Nanoteknolojik bir ürünün kontrolden çıkması olabilir. Durdurmak çok zor. Bu dezavantajlarından bir tanesidir ama nanoteknolojik ürünü atomik alanda dünya çok farklı ve buna uyum sağlamamızı sağlayacak şekilde yeni teknolojiler geliştirmek açısından yeni bir bilim olduğu için araştırılması gereken ve yenilikler sağlayacak bir alan.” (Ö31).

**Sadece faydalar:** Örneğin, “Bence nanobilim ve nanoteknolojinin bir zararı olmaz, faydası olur.” (Ö6), “Nanoteknolojinin ürünleri insanlara yararlı amaçlar doğrultusunda yapılıyor ama zararlarını bilmiyorum.” (Ö35), “Faydası olabilir. Mesela kıyafetlerde kirlenmiyor.” (Ö15).

**Sadece riskleri:** Örneğin, “Rekabet olur. Savaşlar olabilir. Bilim ve teknoloji gelişiyor. Buda devletlerarası rekabeti artırır.” (Ö22).

**Bilgim yok:** Örneğin, “risk ve faydaları hakkında bilgim yok.” (Ö24, Ö14, Ö45).

Öğrenciler NBT'nin faydalarını; hastalıkların tedavisi, yeni teknolojiler geliştirme, faydalı nanoteknolojik ürünler üretimi, teknolojik aletlerin küçülmesi, kirlenmeyen kıyafetlerde olarak belirtmişlerdir. Bunun yanında faydalarının ne olduğunu belirtmeden sadece faydalı olduğunu söyleyen öğrenciler de bulunmaktadır. Öğrenciler NBT'nin risklerini de nanoteknolojik atıklar, rekabet, savaşlar, sağlığa olabilecek zararı olarak düşünmektedirler. Yine öğrenciler riskin ne olduğunu belirtmeden sadece riskli olabileceğini de söylemişlerdir. Bu konuda bilgisi olmayan öğrenciler bu konuda yorum yapmamışlardır.

### **Öğrencilerin NBT Hakkında Merak Ettikleri ve Neler Öğrenmek İstedikleri**

Araştırmaya katılan öğrencilerin ‘nanobilim ve nanoteknoloji hakkında ne merak ettikleri ve neler öğrenmek istedikleri’ hakkındaki görüşlerine ait açıklamalar dokuz ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan ne fazla *nasıl olduğunu* (12), sırasıyla tekrarlanan *kavramsal olarak* (11), *hangi alanda kullanılabilir ve neler yapılabilir* (10),



nanoteknoloji merak etmiyorum (6), nanoteknolojinin sınırını (6), faydaları zararları (4), cevap yok (3), nanoteknolojiyi merak ediyorum(2), tarihsel sürecini (1) şeklinde olduğu görülmektedir. Öğrenciler NBT ile ilgili duyum ve kısmi bilgilerinin yanında merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri hakkında belirlenen temalar nanoteknolojinin daha çok işlevsel süreci, ilgili kavramları, sınırını, kullanıldığı alanları, fayda-zarar durumları ve tarihsel ilerleyişiyle ilgili olduğu ifade edilmiştir. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Nasıl olduğunu:** Örneğin, “Nasıl olduğunu öğrenmek ve görmek isterim. Araştıracam.” (Ö18), “Nasıl yapıldığını merak ediyorum. O kadar küçük boyutta ama istenilen her şey yapılıyor. Bu nasıl elde ediliyor. O süreç nasıl geliyor.” (Ö26), “Tam olarak nasıl yapıldığı, hangi alanlarda kullanıldığı, ülkemizdeki ve dünyadaki çalışma alanları, bu gibi şeyleri bilmek isterim.” (Ö4).

**Kavramsal olarak:** Örneğin, “Kavramsal olarak temel bilgileri öğrenmek istiyorum.” (Ö13).

**Hangi alanda kullanılabilir ve neler yapılabilir?:** Örneğin, “...günlük hayatta kullanabileceğimiz bir şey olup olmadığını öğrenmek isterim.” (Ö2), “Nasıl yapıldığı, ne alanlarda kullanılabilir.” (Ö50).

**Nanoteknoloji merak etmiyorum:** Örneğin, “Merak etmiyorum” (Ö43), “İlgim yok bu konuda.” (Ö44).

**Nanoteknolojinin son noktası(sınırı):** Örneğin, “Ne kadar ilerleyebileceğini merak ediyorum. Uç noktası nedir diye.” (Ö7).

**Faydaları zararları:** Örneğin, “Hayatımıza şu anki faydaları, Türkiye’de ne kadar çok bilinip bilinmediğini merak ediyorum. Günümüzde kullanım alanları gelecekte kullanılabileceği alanlar.” (Ö25), “Gelecekte getireceklerini merak ediyorum. Ne kazandıracak.” (Ö37).

**Nanoteknolojiyi merak ediyorum:** Örneğin, “Konu hakkında çoğu şeyi öğrenmek isterim.” (Ö17), “Dediklerinizi araştırırım.” (Ö35).

**Tarihsel sürecini:** Örneğin, “...nasıl başladığını tarihsel sürecini.” (Ö4).

Öğrenciler nanoteknolojinin nasıl olduğunu merak etmektedirler. Ülkemizdeki ve dünyadaki çalışma alanlarını, hangi alanlarda kullanıldığını öğrenmek istediklerini anlatmışlardır. Küçük boyutta çalışılarak istenilen şeylerin elde edilmesi ve işlevsel olması onlarda merak oluşturmaktadır. Bu çalışma alanının uç sınırının nerelere ulaşabileceği merak edilmektedir. Kullanım alanları hakkında daha çok bilgiler edinilmek istenmektedir. Tarihsel olarak nasıl başladığını, ilk çalışmaları merak ettiğini bir öğrenci belirtmiştir. Bunun yanında ilgisinin olmadığını ve merak etmediğini söyleyen az sayıda öğrenci olduğu görülmüştür.

### **Öğrencilerin NBT Eğitimine Yönelik İstek ve Beklentileri**

Araştırmaya katılan öğrencilerin ‘nanobilim ve nanoteknoloji hakkında okulda bir ders alıp almamayı ya da bir dersin içerisinde öğrenmek isteyip istemediği’ hakkındaki görüşlerine ait iki ana tema altında toplanmıştır. Bu ana temaların, tekrarlanan en fazla *Evet, bir kurs istiyorum (36)* ve *Hayır, bir kurs istemiyorum (14)* şeklinde olduğu görülmektedir. Öğrencilerin çoğunluğu NBT ile ilgili kurs istemektedir. Temalarla ilgili olarak öğrencilerin seçilen görüşleri aşağıda sunulmuştur.

**Evet, bir kurs istiyorum:** Örneğin, “Seçmeli olarak evet. Yararlı olabilir.” (Ö42), “Okulda bir ders olsa güzel olabilir. Genel kültürü olur insanların. Birçok insan çıkacak gelecekte, insanlar bu okullarda yetişecek. Hali hazırda bu işlere meraklı olan bir insanın istediği bilgiyi daha profesyonel insanlardan almasını sağlayabilir. Ders olabilir. Bir dersin içeriğinde de ele alınabilir.” (Ö50), “Aslında isterim. Eğer sınavı olmayacaksa.” (Ö25).

**Hayır, bir kurs istemiyorum:** Örneğin, “İstemem. Çünkü çok fazla ders var. Mesela daha sayısal fizik kimya derslerin içeriğinde olabilir.” (Ö10), “Zorunlu bir ders olduğunda öğrenciler pek fazla ilgi duymuyorlar.” (Ö15).

Öğrenciler NBT ile ilgili bir ders ya da kursun faydalı olabileceğini düşünmektedirler. Bu dersin seçmeli olabileceği gibi bir dersin içeriğinde de ele alınabileceğini

önermektedirler. Ders ya da kurs istemeyen öğrenciler ise ders sayısının fazlalığı, zorunluluktan dolayı ilgi duyulmaması, sınavı olabileceği gibi nedenler göstermişlerdir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma grubunda bulunan lise öğrencilerinin NBT hakkında görüşleri değerlendirilerek, ortaya çıkan NBT farkındalık durumunu incelemeye yönelik bu çalışmanın bulguları ilgili literatür kapsamında tartışılmış ve yorumlanarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Araştırmaya katılan öğrencilerin gelecekte çalışmayı düşündükleri alanlarla ilgili görüşleri değerlendirildiğinde NBT eğitimi almalarının faydalı olacağı düşünülmektedir. Schank, Krajcik ve Yunker (2007) nanobilim eğitiminin öğrencilerin fen okuryazarı olmaları ve onları daha ileri çalışmalara hazırladığını vurgulamıştır. Greenberg (2009) NBT eğitimi ve öğretiminin gelecekteki işgücü alanlarında vasıflı işgücü anlamına geldiğini belirtmiştir.

Araştırmaya katılan öğrencilerin NBT terimleri ile daha önceden karşılaşmış ve karşılaşmadıkları, evet ise nerede karşılaştıkları hakkındaki görüşleri incelendiğinde öğrencilerin çoğunun *Evet* cevabını verdiği; bu cevapların, tekrarlanan sırasıyla *sadece duydum, şuradan duydum..., bu konuda çalışma yaptım* şeklinde olduğu görülmektedir. Öğrencilerin az kısmının *Hayır* cevabını verdiği görülmektedir. Evet cevabını veren öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiyle, tekrarlanan sırasıyla, *eğitim ve öğretim faaliyetleri, görsel medya araçları, ticari ürünler, sosyal çevre* aracılığıyla karşılaştıkları görülmektedir. Ekli (2010)'un araştırmasında televizyon programları, nanoteknoloji duyum kaynakları arasında ilk sırada yer almaktadır.

Smith (2012)'nin araştırmasında sınıfın yarısının NBT'yi hiç duymadıklarını diğer yarısının ise nanometre ve küçük boyut ile ilişkilendirdiklerini belirtmiştir. Castellini ve diğ. (2007) tarafından yapılan araştırma, katılımcıların eğitim seviyesinin artmasıyla birlikte küçük şeyler kategorisinin görünen küçük şeyler, atomlar, mikroskobik nesnelere ve atom altı parçacıklardan oluştuğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada, öğrencilerin nanoteknolojinin ileri ve yeni teknoloji olduğunu düşündükleri ortaya çıkmıştır. Bu

sonuç, öğrencilerin teknolojiye karşı olan farkındalığının bir göstergesi olabilir. Ayrıca öğrencilerin nanoteknoloji teriminin çok küçük şeyleri ifade ettiğini belirtmeleri öğrencilerin konuya karşı olan merakını ortaya koymuştur. Görüşmelerden sonra konuyu derinlemesine araştırmak istediklerini söylemeleri, yapılan görüşmelerin faydası açısından önemlidir. Öğrencilerin nanoteknolojinin bilimsel faaliyetler, faydalı faaliyetler, bilim, sağlık gibi temaları da ifade ettiğinin ortaya konması NBT farkındalığı açısından önemli bir sonuçtur.

Araştırmaya katılan öğrencilerden NBT'yi kavram olarak duyanların, güncel araştırmalar hakkında hiçbir haber duymayanlara göre fazla olduğu görülmüştür. Bu durum konunun derinlemesine bilinmemesinden kaynaklanabilir. Bunun yanında bazı haberler duymuş olan öğrenciler de bulunmaktadır.

Öğrencilerden nanoparçacık, karbon nanotüpler, STM ve AFM terimlerinin ne ifade ettiğini duymayanların oranı fazladır. Bunun nedeni, bu kavramların NBT'de ileri düzey kavramlar olmalarıdır. Ayrıca öğrencilerin derslerde karşılaşmamış olması da bu terimleri duymamış olmalarının önemli bir nedendir. Bu terimlerden herhangi bir tanesini veya sadece birkaçını duyanlar bulunmaktadır. Bu duyular çeşitli görsel ve yazılı kaynaklardan ve kişisel ilgi sayesinde olabilir. Ayrıca bucyball terimini duymaları, kimya ders kitabında yer almasından ve derslerde bahsedilmesinden olabilir. Hepsini duyup terimler hakkında bir fikri olmayan öğrenciler de bulunmaktadır. Ekli (2010)'nin araştırmasının sonuçları öğrencilerin nanoteknoloji bilgi düzeylerinin orta seviyede olduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin çoğu, NBT'nin risk ve faydası hakkındaki görüşlerinde, faydalar ve risklerin birlikte ele alınması gerektiğini düşünmektedirler. Bu durum öğrencilerin bilimsel ve teknolojik ilerlemeyi fayda ve risk çerçevesinde ele almaları bakımından olumludur. Diğer bir sonuç olan sadece faydalara dikkat çekilmesi ise, öğrencilerin NBT'yi sadece faydalı olduğunu düşünmeleri, riskleri göz ardı etmelerinin göstergesi olabilir. Bir bölüm öğrencinin de nanoteknolojinin sadece risklerine dikkat çekmeleri, onların bu tür gelişmelere temkinli yaklaşmalarının bir sonucu olabilir. Bunun yanında konu ile ilgili yorum yapmayan öğrenciler de bulunmaktadır. Başka bir araştırmada öğrencilerin büyük

çoğunluğunun nanoteknolojinin faydalarının fazla olduğunu düşündükleri sonucuna ulaşmıştır (Ekli, 2010).

Öğrenciler tarafından NBT hakkında nasıl olduğu, kavramsal olarak, hangi alanda kullanılabileceği ve neler yapılabileceği, nanoteknolojinin sınırının ne olduğu, faydaları zararları, tarihsel sürecini merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri şeklindedir. Merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri bu temalar NBT eğitimi kapsamı bakımından önemlidir. Bunun yanında nanoteknolojiyi merak etmeyen öğrenciler de olmuştur.

Yukarıda ifade edilen araştırma sonuçları ile bağlantılı olduğu düşünülen nanoteknolojiyi merak eden ve öğrenmek isteyen öğrenciler; NBT'yi okulda ders, dersin içeriği ve kurs olarak istemektedirler. Bu durumun öğrencilerin NBT'ye karşı olan ilgi ve meraklarının bir sonucu olduğu düşünülebilir. Ders, ders içeriği ve kurs istemeyen öğrencilerin ise, program yoğunluğu, ilgi ve merak duymama, sınav kaygısı gibi nedenlerle istemediği belirtilmiştir.

## ÖNERİLER

Bu araştırmada ulaşılan sonuçlar neticesinde öğrencilere NBT eğitimi ile ilgili fırsatlar sunulmalı, çeşitli ülkelerde yürütülen NBT ile ilgili projeler ülkemizde de planlanmalı ve yürütülmelidir. Bu projeler uzun soluklu projeler olmalıdır. Çeşitli hükümet fonlarıyla desteklenmelidir. Öğrencilere yönelik kısa ve uzun vadeli atölye çalışmaları, yaz okulları, sergi, tanıtım, müze sergisi, multimedya etkinlikleri olmalıdır. Bu gibi faaliyetlerin öğrencilerde NBT farkındalık durumu yaratacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Akaygün, S. (2010a). *A nanoscience workshop for and from pre-service teachers*. 10th European Conference on Research in Chemistry Education. Krakow, Polonya, 4-9 Haziran.
- Akaygün, S. (2010b). *A nanoscience workshop for and from pre-service teachers*. 9th National Science and Mathematics Education Congress. İzmir, Türkiye, 23-25 Eylül.
- Akaygün, S. (2015). *Integrating RRI to nanoscience applications as extracurricular activity in secondary science education*. 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Helsinki, Finlandiya, 29 Ağustos-4 Eylül.
- Aslan, O., Şenel T. ve Zor, E. (2014). *Preservice science teachers' awareness of nanoscience and nanotechnology*. 10. Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı (NanoTR-10). Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, 17-21 Haziran.
- Brune, H., Ernst, H., Grunwald, A., Grünwald, W., Hofmann, H., Krug, H., Janich, P., Mayor, M., Rathgeber, W., Schmid, G., Simon, U., Vogel, V. ve Wyrwa, D. (2006). *Nanotechnology: Assessment and perspectives*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (11. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G.M. ve Crone, W.C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 183–189.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design. choosing among five approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Drexler, K. E. (1992). *Nanosystems: Molecular machinery, manufacturing and computation*. New York: Wiley.
- Ekli, E. (2010). *İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgi ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarının bazı değişkenler açısından araştırılması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

- Gardner, G., Jones, M. G., Taylor, A., Forrester, J. ve Robertson, L. (2010). StudeNST' risk perceptions of nanotechnology applications: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1951-1969.
- Glesne, C. (2012). *Nitel araştırmaya giriş*. (A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu, Çev.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Greenberg, A., (2009). *Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects*. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn900335r> adresinden erişilmiştir.
- Healy, N. (2009). Why nano education? *Journal of Nano Education*, 1(1), 6-7.
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M. ve Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.
- Kadioğlu, F. (2010). *Fen öğretiminde öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik düşünceleri* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karataş, F. Ö. ve Ülker, N. (2014). Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(3), 103-118.
- Laherto, A. (2012). *Nanoscience education for scientific literacy opportunities and challenges in secondary school and in out-of-school settings*. Department Of Physics Faculty Of Science University Of Helsinki, Helsinki, Finland.
- nanno. (n.d.). Dictionary.com online sözlük içinde. <http://www.dictionary.com/browse/nanno> adresinden erişilmiştir.
- Palmberg, C., Dernis, H., Miguet, C. (2009). Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics. *STI Working Paper*. <http://www.oecd.org/sti/inno/43179651.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Ramsden, J. (2009). *Nanotechnology. (Nanoteknolojinin esasları)*. (A. İnce, Çev.). Ankara: ODTÜ.
- Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Patton, C., Cormia, R. ve Hurst, K. (2005). *Report of the workshop on science and technology education at the nanoscale. Draft technical report*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Sagun Gököz, B. (2012). *Design and implementation of a nanoscience and nanotechnology workshop: Investigating 11th grade students' awareness and*

*conceptual understanding of nanoscience and nanotechnology* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Boğazici Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Schank, P., Krajcik, J. ve Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a catalyst for education reform?. F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, J. Weckert (Ed.). *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology* içinde (s. 277-290). Hoboken, NJ: Wiley.

Smidt, S. (2012). *Review of the big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers Laramie County Community College*. Albany County Campus, Laramie, Wyoming 82070, United States.

Stevens, S. Y., Sutherland, L., Schank, P., ve Krajcik, J. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA: NSTA Press.

Şenocak, E. (2014). A survey on nanotechnology in the view of the Turkish Public. *Science Technology and Society*, 19(1), 79–94.

OECD. (2009). “*Nanotechnology pateNST*”, in *OECD science, technology and industry scoreboard 2009*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2013). *OECD science, technology and industry scoreboard 2013: Innovation for growth*. Paris: OECD Publishing.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Nitel araştırma yöntemleri* (6.Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Nitel araştırma yöntemleri* (10.Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yin, R. Y. (2009). *Case study research: Design and methods* (4. Baskı). Thousand Oaks: Sage Publication.

Zenner, G. ve Crone, W. (2008). Introduction nanotechnology and soket issues intak the classroom. A. E. Sweeney ve S. Seal (Ed.). *Nanoscale science and engineering education* içinde (s. 622-647). Stevenson Ranch, CA: American Scientific Publishers.



## SUMMARY

*Nanotechnology is a new and modern scientific field of study, defined in the 21st century, which grows and flourishes in various fields like chemistry, materials science, physics, biomedical researches and engineering. Hence, the fact that course topics at schools are updated in correlation with Nanoscience and Nanotechnology (NST) is important for raising educated workforce, science-literate individuals and researchers who may be needed in the future.*

*The aim of this research is exploring the case of awareness on NST of chemistry students from various school types are reviewed. Qualitative research methods have been used in this study. Embedded single-case design was used as a case study design in the research. The participants were formed of 50 students (26 girls, 24 boys), coming from different high schools in Istanbul with whom structured interviews were made. Sampling was determined according to easily accessible case sampling method. "Nanoscience and Nanotechnology Structured Interview Scale" has been used for collecting qualitative data which has open ended questions. "Nanoscience and Nanotechnology Structured Interview Protocol" has been used for collecting data. Structured Interview Protocol consists of 8 open-ended questions asked to students Views of the participants were recorded and for the analysis of qualitative data, descriptive analysis has been applied.*

*Stability, transmissibility, plausibility and verifiability concepts were used instead of reliability and validity. To ensure plausibility all the interviews were recorded. All findings were given directly without any comment or generalization to increase stability in the research. All findings during research were evaluated by another researcher to have an agreement about main-themes and sub-themes, in general.*

*In the qualitative results of the research, it is considered that it will be beneficial for individuals who will be employed in the fields that the students want to work in the future, to receive a NST education. Media is the most effective means where the students heard about the nanotechnology. As a result of the interviews conducted, students' interest in, eagerness to learn and awareness for nanotechnology are revealed. Despite this fact, the*

*rate of those who have not heard about any news about up-to-date researches is still relatively high. It appears that nanotechnology-based topics are not recognized in depth. It is observed that students have awareness on nanotechnology's risks and benefits.*

*In line with the conclusion of this research, it is suggested to do project that are supported by government funds, short-and long-term workshop activities that targets students, summer schools, exhibitions, displays, science museums, multimedia activities etc.*