

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ NANOTEKNOLOJİ KAVRAMI HAKKINDAKİ FARKINDALIKLARI

Gonca HARMAN¹, Renan ŞEKER²

Geliş: 06.12.2017 Kabul: 15.04.2018
DOI: 10.29029/busbed.363179

Öz

Araştırmada fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı hakkındaki farkındalıklarının incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmaya birinci sınıftan 40, ikinci sınıftan 52, üçüncü sınıftan 55 ve dördüncü sınıftan 37 olmak üzere toplam 184 fen bilgisi öğretmen adayı katılmıştır. Tarama modeli ile yürütülen araştırmada dört sorudan oluşan bir veri toplama aracı kullanılmıştır. Elde edilen veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir. Araştırma sonucunda, fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının nanoteknoloji kavramını duyduğu, duyum kaynaklarının daha çok okul olmak üzere televizyon, internet, bilim kurgu ile ilgili kitap/film ve gazete/dergi olduğu saptanmıştır. Bazı öğretmen adayları nanoteknolojiyi çoğunlukla “madde- nin atomik ve moleküler düzeyde kontrol edilmesi” olarak ifade ederken, bazıları nanoteknolojiyi “bir boyut” olarak nitelendirmekle birlikte bu boyutun daha çok “atomik ve moleküler düzeyde çok küçük” olduğunu belirtmiştir. Bir kısmı ise daha çok teknolojinin niteliği bağlamında nanoteknolojinin “mikro boyutta ve ileri dere- cede, üstün bir teknoloji” olduğunu ifade etmiştir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının önemli bir bölümü nanoteknolojinin faydalı olup riskli olmadığını belirtmiştir. Bazı öğretmen adayları ise nanoteknolojinin faydalarının yanında risklerinin de olabileceğini ifade etmiştir. Öğretmen adaylarının yarıya yakını nanoteknolojinin faydalarını daha çok “uygulama alanı ve yaşamın niteliği” açısından, az sayıda öğretmen adayı ise riskleri “sağlık, güvenlik, kullanım amacı ve şekli” açısından belirtmiştir. Araştırma sonucunda fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı hakkındaki farkındalıklarının düşük olduğu saptanmıştır.

1 Dr. drgoncaharman@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-1150>.

2 Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, rseker@konya.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0953-1177>.

Anahtar Kelimeler: Farkındalık, Nanoteknolojinin Anlamı, Faydaları, Riskleri, Fen Bilgisi Öğretmen Adayı.

AWARENESS OF SCIENCE TEACHER CANDIDATES ON NANOTECHNOLOGY

Abstract

The aim of this research is to examine the awareness of science teacher candidates on nanotechnology. In total 184 teacher candidates studying at first (40), second (52), third (55) and fourth (37) grade participated in the research. The study conducted using the survey model at the Department of Science Education. Four questions were implemented to the science teacher candidates. Data was analyzed using content analysis. It was determined that all of teacher candidates heard nanotechnology. It was determined that they heard about the concept of nanotechnology mostly through school, television, internet, book/film about science fiction and newspaper/magazines. Some teacher candidates described nanotechnology as “controlling the material at the atomic and molecular level”. Some of them characterized nanotechnology as “dimension that is much smaller at the atomic and molecular level”. Some of them expressed that “nanotechnology is a superior technology in micro dimension and in advanced degree in the context of the nature of technology”. An important part of teacher candidates said that nanotechnology is useful and not risky. Some teacher candidates said that nanotechnology is both useful and risky. Nearly half of teacher candidates expressed benefits of nanotechnology in terms of “application area and quality of life”. A small number of teacher candidates indicated risks of nanotechnology in terms of “health, safety, purpose and form of using”. As a result of the research, it was determined that science teachers candidates’ awareness about the concept of nanotechnology is low.

Keywords: Awareness, Meaning, Benefits, Risks Of Nanotechnology, Science Teacher Candidate.

Giriş

Maddelere çok farklı ve daha önce görülmemiş özellikler kazandıran nanoteknoloji 21. yüzyılın en önemli teknolojilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Güzeloğlu, 2015: 276). Nano, eski Yunan dilinde küçük, bodur; terminolojik olarak ise bir metrenin milyarda biri anlamındadır. Nano, uzunluk birimi olarak mikrometrenin (μm) binde birine karşılık gelmektedir. Kıyaslamak istersek yaklaşık

10 hidrojen atomunun 1 nanometre (nm) büyüklüğünde olduğunu söyleyebiliriz (Yula ve Deveci, 2010: 423).

Nanoteknolojide, 1-100 nm boyutlarında olan nanomalzemelerin özelliklerini incelemek, anlamak, kontrol etmek ve nanoteknolojiyi kullanan sistemleri geliştirmek amaçlanmaktadır (Özkaleli ve Erdem, 2016: 183). Nanoteknoloji uygulamalarında maddenin atom ve moleküllerinin düzenlenmesi ile yeni yapıların oluşturulması, molekül yapılarının yeniden tasarlanması sonucunda ürünlerde birçok fonksiyon bir araya getirilebilir ya da var olan durum iyileştirilebilir (Şahin ve Akpınar-Bayazit, 2008: 146).

Nanoteknoloji, malzemeye hükmetme şansı sunar. Bu şans üretim tekniklerini, ürünlerin niceliğini ve niteliğini, yaşam standartlarını oldukça etkilemektedir. Nanoteknoloji, daha önceden gerçekleşmesi imkânsız olarak düşünülen uygulamalara kapı aralamaktadır (Açık ve Güven, 2012: 163). Mühendislik, fizik, kimya, biyoloji gibi birçok alanda kullanılan nanoteknoloji multidisipliner bir yaklaşım içinde gelişmektedir. Birkaç yıl içerisinde de gıda, tarım, nanobiyoteknoloji, sağlık, savunma, enerji ve çevre üzerinde son derece önemli etkileri olacağı ifade edilmektedir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5708). Bu etkilerin 2025 yılı itibariyle yaşamın pek çok alanında büyük ölçüde görüleceği düşünülmektedir (Süfer ve Karakaya, 2011: 88).

21. yüzyılın teknoloji devrimi olarak gösterilen nanoteknoloji otomotiv sanayi, savunma sanayi, tekstil, inşaat, yeni tedavi yöntemleri, ilaç sanayi, bilişim ve haberleşme, uzay ve uçak teknolojileri, tarım, moleküler biyoloji ve gen mühendisliği (Akbaş ve Özarslan, 2007: 309, 311, 315), biyoteknoloji, ulaşım, güvenlik, gıda, enerji (Körözlü, 2016: 29), kişisel ürünler, yapı malzemeleri (Özkaleli ve Erdem, 2016: 183), tıp, mühendislik, mimari, bilgisayar teknolojileri (Açık ve Güven, 2012: 163) olmak üzere oldukça geniş olan kullanım alanı ile hızla hayatımıza dâhil olmakta ve olağanüstü sonuçlara imza atmaktadır (Akbaş ve Özarslan, 2007: 315). Nanopartiküller kullanılarak üretilen nanoteknolojik ürünlerin ve nanomalzemelerin, fonksiyonel yapı, şekil, boyut ve reaktivite gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri günümüz teknolojisi ile bütünleştiğinde nanoteknoloji üretim ve tüketim sektörlerinin neredeyse tümünde kullanılmaktadır (Özkaleli ve Erdem, 2016: 183).

Nanoteknoloji sayesinde insan vücudunda hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nanorobotların üretilebileceği, insan beyninin kapasitesinin ek nano hafızalarla arttırılabileceği ifade edilmektedir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5707, 5708). Yaşayan sistemlere müdahale edebilecek boyutta araçların üretilmesi ile pek çok yeni teşhis ve tedavi yöntemi geliştirilebilecektir (Akbaş ve Özarslan, 2007: 314). Nanoteknoloji enfeksiyöz hastalıkların araştırılmasında da son derece etkili olmakta, klinik mikrobiyologlara tanıdan tedaviye eşsiz imkânlar sağlamaktadır (Yula ve Deveci, 2010: 427). Nanoteknoloji kanser hastalığı için erken teşhis ve

etkili tedavi imkânları sunmaktadır. Bu imkânlarla kanser tedavi edilebilir, iyileşme oranı yüksek ve düşük ölüm oranına sahip bir hastalık haline gelebilecektir (Oylar ve Tekin, 2011: 153). Nanoteknoloji ile süper küçük bilgisayarlar üretilebilecek (Akbaş ve Özarlan, 2007: 311; Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5707), elektronik araçların işlem güçleri ve kapasiteleri arttırılabilecektir. Maddenin atomik ve moleküler seviyeden inşa edilmesi sonucunda (Akbaş ve Özarlan, 2007: 313) daha dayanıklı, hafif ve ucuz malzemeler üretilebilecektir (Akbaş ve Özarlan, 2007: 313; Sürengil ve Kılınç, 2011: 323). Nanoteknolojik ambalajlar gıdanın daha uzun süre taze olarak muhafaza edilmesini sağlarken (Sürengil ve Kılınç, 2011: 317; Şahin ve Akpınar-Bayizit, 2008: 147) çevreye petrol esaslı plastiklere nazaran daha az etki edecektir (Sürengil ve Kılınç, 2011: 323). Ayrıca, akıllı ambalajların üretiminde kullanılan nanosensörler ile gıdalardaki bozulmalar erkenden saptanarak tüketilmeleri önlenilebilecektir (Süfer ve Karakaya, 2011: 87). Tekstil endüstrisinde kir tutmayan ve buruşmayan kumaşlar üretilebilecektir. Buruşmayan kumaşların üretimi ile ütüye olan ihtiyaç zamanla azalarak ortadan kalkacak ve ütü için enerji kullanımına gerek kalmayacaktır (Açık ve Güven, 2012: 163). Kir tutmayan kumaşların üretimi ile çamaşır makinalarına duyulan ihtiyaç ortadan kalkacaktır (Akbaş ve Özarlan, 2007: 311). Nanoteknoloji ile birlikte kir tutmayan, anti bakteriyel boyalar üretilerek binaların dış cephelerinin ve iç mekânların kirlenmemesi ile bakım masraflarından ve enerjiden tasarruf edilebilecektir (Açık ve Güven, 2012: 163). Binalarda küçük kesitli ve elastik özellikte betonarme kolonlar yapılarak depremlerin oluşturacağı tahribat en aza indirilebilecektir. Sürtünmesiz yüzeyler nedeni ile araçlarda motor yağı değiştirmeye gerek kalmayacaktır (Akbaş ve Özarlan, 2007: 311). Temizlik alışkanlıkları da değişecektir. Çevre kirliliğine ve sağlık sorunlarına neden olan deterjanların kullanımı azalacak zamanla tamamen ortadan kalkacaktır. Yüzeyler daha az su ile temizlenecek ve yaşamsal önemi olan su daha az tüketilecektir. Nanoteknoloji, leke ve kir tutmayan kumaş ve yüzeyler, çevreyi kirletmeyen dezenfektanlar, geri dönüşümü kolay ambalajlar ve yenilenebilir yakıtlar gibi çevre dostu uygulamalarla çevre sorunlarına çözüm olabilecek yeni imkânlar sunmaktadır (Açık ve Güven, 2012: 163). Nanoteknoloji sayesinde kirliliği önleyen nanoparçacıklar ile fabrikaların çevre üzerindeki olumsuz etkileri önlenilebilecektir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5708). Nanomalzemeler ve nanokompozitler kullanılarak çevre dostu sistemler oluşturulabilecektir (Akbaş ve Özarlan, 2007: 314).

Fenden sosyal alanlara, tıptan arkeolojiye daha birçok bilim dalının ortak noktasında yer alan (Sağlam ve Emül, 2016: 4), oldukça geniş kullanım alanına sahip olan ve bu alanlarda çığır açacak yenilik ve fırsatlar sunan (Yula ve Deveci, 2010: 422) nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra riskleri de söz konusudur. Öyleki, nanopartiküllerin canlılar üzerinde toksik etkiler oluşturabileceği in vivo ve in vitro araştırmalarla ortaya koyulmuştur. Nanoteknoloji gelecekte daha yaygın bir biçimde

kullanılacağı için bu durum insanların nanopartiküllerle daha fazla karşılaşmasına neden olacaktır (Berk ve Akkurt, 2012: 183).

Riskler ve belirsizliklere karşın nanoteknolojinin olağanüstü sonuçları nedeni ile yapılan pek çok araştırmada nanoteknolojiye yönelik genel bir iyimserlik, umut ve heyecan olduğu görülmektedir. Küresel düzeyde de beklentilerin her geçen gün artış gösterdiği nanoteknoloji yoksul ülkelere yüksek yaşam standartları ve sürdürülebilir ekonomi bağlamında vaatlerde bulunmaktadır (Güzeloğlu, 2015: 292). Zaman içerisinde nanoteknoloji ile birlikte tüketicilerin tercihleri ve tüketim alışkanlıkları değişecektir. Kullandığı ürünlerle çevre üzerinde olumlu ya da olumsuz etkileri olan bireyin (Açık ve Güven, 2012: 164) nanoteknoloji konusunda bilgilendirilmesi, bireye bu konuda bilinç ve farkındalık kazandırılması birey, toplum ve dünya yararına bir uygulama olacaktır.

Nanoteknolojinin bilimde, teknolojiye, endüstride ve siyasette popüler bir kavram olması ile birlikte bu kavramın pek çok öğretmen ve öğrenci tarafından tanınmasına karşın ayrıntılı olarak bilgi sahibi olunmadığı ve ülkemizdeki eğitim-öğretim sisteminde detaylı olarak öğretilmediği bilinmektedir (Enil ve Köseoğlu 2016: 61). Amerika ve Avrupa’da nanobilim ve nanoteknoloji konularında ilköğretim seviyesinden başlayarak süren yoğun eğitim planlama ve araştırmalarına karşın ülkemizdeki eğitim araştırmalarında ve planlamalarında nanobilim ve nanoteknolojiye yeterince yer verilmemektedir (Karataş ve Ülker, 2014: 105). Eğitim-öğretimdeki bu eksiklik nedeni ile öğretmen ve öğrenciler nanoteknolojiyi çoğunlukla televizyon programları ve web siteleri aracılığı ile duymaktadır (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5715). Alanyazında yer alan çalışma sonuçları da bireylerin nanoteknolojiye ilişkin farkındalıkları üzerinde radyo-televizyon programları ve reklamların diğer kaynaklara nazaran daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle farkındalık düzeyinin artırılmasında medyada ilgili konuya daha fazla yer verilmesinin gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Enil ve Köseoğlu, 2016: 71). Bireylerde farkındalık oluşturmak, bilgi düzeyini arttırmak (Kılınç-Alpat ve diğ., 2017: 50) ve nanoteknoloji ile ilgili bilginin yaygınlaştırılmasında (Elmarzugi ve diğ., 2014: 113) medyanın etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu düşünceleri destekler nitelikte alanyazında yer alan çalışmalarda da nanoteknolojiyi onuncu sınıf öğrencileri (Kılınç-Alpat ve diğ., 2017) ile hemşirelik öğrencilerinin (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016) daha çok internet olmak üzere televizyon programlarından; ortaokul öğrencilerinin daha çok televizyon programlarından (Ekli, 2010; Şahin ve Ekli, 2013); lise öğrencilerinin eğitim öğretim faaliyetleri, görsel medya araçları, ticari ürünler ve sosyal çevrelerinden (Ateş ve Üce, 2017), fen ve teknoloji bölümü öğrencileri (Kadioğlu, 2010) ile fen bilimleri öğretmen adaylarının (Enil ve Köseoğlu, 2016) daha çok radyo ve televizyon programlarından; genel kimya dersi alan öğrencilerin fen bilgisi kitapları ve filmlerden (Smidt, 2012), Tripoli (Alfateh) Üniversitesi akade-

mik personeli ve öğrencilerinin internetten (Elmarzugi ve diğ., 2014), Amerikan halkının daha çok televizyon ve internetten (Retzbach ve diğ., 2011) duyduğu ortaya koyulmuştur. Başka bir çalışmada ise gençler diğer çalışmalardan farklı olarak nanoteknolojiyi aile, arkadaş veya çevreden duyduklarını ifade etmişlerdir (Güzeloğlu, 2015: 282).

Alanyazında yer alan araştırmalarda Amerika (Macoubrie, 2006; Retzbach ve diğ., 2011), İran (Farshchi ve diğ., 2011) ve Türk (Şenocak, 2014) olmak üzere çeşitli toplumların; Tripoli (Alfateh) Üniversitesi akademik personeli ve öğrencilerinin (Elmarzugi ve diğ., 2014) nanoteknolojiye aşina olmadıkları ve farkındalık düzeylerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sheetz ve diğerleri (2005) tarafından yapılan çalışmada da katılımcıların %17'sinin nanoteknolojiyi tanımlayabildiği saptanmıştır. Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında bilgi düzeylerinin oldukça düşük (Karataş ve Ülker, 2014), Amerikalıların bilgilerinin sınırlı (Cobb ve Macoubrie, 2004) olduğu belirlenmiştir. Alanyazında yer alan araştırmalarda nanoteknolojiye ilişkin görüşlerin, algıların umut verici ve olumlu olmasına (Farshchi ve diğ., 2011; Cobb ve Macoubrie, 2004; Retzbach ve diğ., 2011; Şahin ve Ekli, 2013) karşın duyumların az olduğu (Ekli, 2010), farkındalığın oluşmadığı ve bireylerin konuyu yeterli düzeyde bilmediği saptanmıştır (Elmarzugi ve diğ., 2014; Enil ve Köseoğlu, 2016; Kadioğlu, 2010; Şenocak, 2014). Bu sonuçlar nanobilim ve nanoteknolojinin eğitimin bir parçası olmadığı gibi günlük yaşamın da bir parçası olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bireylerin kafe, yurt, ev, otobüs, medya gibi günlük yaşamda yer aldıkları ve takip ettikleri alanlarda ilgili konuların sık sık geçmediği anlaşılmaktadır. Bu durum öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye aşina olmama nedenlerini açıklamaktadır (Karataş ve Ülker, 2014: 110). Bu sonuçların aksine 17-43 yaş arasındaki lisans öğrencilerinin neredeyse tamamının nanoteknoloji kavramını duyduğu ve yarısından fazlasının bilgi sahibi olduğu (Güzeloğlu, 2015), hemşirelik öğrencilerinin önemli bir bölümünün nanoteknoloji hakkında bilgi sahibi olduğunu ifade ettiği tespit edilmiştir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016). Ortaokul öğrencilerinin önemli bir bölümünün de nanoteknoloji ile ilgili bazı noktalarda farkındalık sahibi olduğu saptanmıştır (Şahin ve Ekli, 2013).

Nanoteknolojiye yönelik farkındalığın günlük hayatta nanoteknolojik ürünlerin tercih edilmesi, kullanılması ve yayılımının sağlanması üzerinde etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca fen bilgisi öğretmen adaylarının gelecekte ders verecekleri öğrencileri ve dolaylı olarak da öğrencilerin velilerini etkileyerek nanoteknolojiye sağlayacakları bireysel, toplumsal ve küresel katkı dikkate alındığında nanoteknolojiye yönelik farkındalık sahibi olup olmadıklarının ortaya konulması oldukça önemlidir. Alanyazında da nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bilgi, beceri ve farkındalık kazanımının, konuya yönelik araştırma ve sorgulama yapmanın erken

yaşlarda gerçekleştirilebileceği vurgulanmaktadır (Gököz-Sagun ve Akaygün 2014: 51). Nanoteknoloji kimya, fizik, biyoloji olmak üzere pek çok farklı disiplinle ilişkili bir alandır. Erken yaş gruplarının aldıkları eğitimde de nanoteknolojinin ilişkili olduğu farklı disiplinler çoğunlukla fen bilgisi derslerinin kapsamında yer almaktadır. Bu nedenle araştırmada gelecekte erken yaş gruplarına eğitim verecek olan fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı çatası altında bu kavramı daha önce duyup duymadıkları, duydularsa duyularının kaynağı, nanoteknoloji kavramının anlamı, nanoteknolojinin faydaları ve riskleri bağlamında farkındalıklarının incelenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem

Araştırma fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı hakkındaki farkındalıklarını mevcut hali ile ortaya koyabilmek amacı ile nitel araştırma desenlerinden tarama modeli ile gerçekleştirilmiştir. Tarama modelinde incelenecek durum üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan mevcut durum detaylı bir biçimde betimlenerek durum ile ilgili detaylı bilgi verilmektedir (Karakaya, 2009: 59).

Çalışma Grubu

Araştırma Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalında birinci (40), ikinci (52), üçüncü (55) ve dördüncü (37) sınıfta öğrenim gören 184 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Nanoteknolojinin temelde kimya, fizik ve biyoloji olmak üzere çeşitli disiplinlerle etkileşim halinde olması nedeni ile multidisipliner bir alanda eğitim gördükleri için fen bilgisi öğretmen adayları ile çalışılmıştır. Bu nedenle araştırmada amaçlı örnekleme yöntemi ile çalışma grubu belirlenmiştir.

Veri Toplama Aracı

Alanyazın taraması yapılarak ve alanı kimya eğitimi olan bir öğretim üyesinden uzman görüşü alınarak 4 sorudan oluşan bir veri toplama aracı hazırlanmıştır.

1:Nanoteknoloji kavramını daha önce duydunuz mu?, Nanoteknoloji kavramını nereden duydunuz?

2:Nanoteknoloji ne anlama gelmektedir? Açıklayınız.

3:Nanoteknolojinin faydalı olduğunu düşünüyor musunuz? Nanoteknolojinin faydaları nelerdir?

4:Nanoteknolojinin riskli olduğunu düşünüyor musunuz? Nanoteknolojinin riskleri nelerdir?

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde araştırmaya katılan her öğretmen adayının veri kâğıdına bir numara verilmiştir. Veri toplama aracında yer alan her soru için ayrı bir dosya oluşturulmuştur. Bu dosyalara öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar ham hali ile kaydedilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen ham veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir. Veriler kodlanmış, kodlanan verilerin yer alacağı kategoriler ve alt kategoriler belirlenmiştir. Veriler kod ve kategorilere göre düzenlenerek anlamlandırılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). İçerik analizi ile çözümlenen verilere ait frekans ve yüzde değerleri kullanılarak tablolar hazırlanmış ve yorumlanmıştır. Öğretmen adaylarının ifadelerini açık ve net bir biçimde yansıtmak için verdikleri cevaplardan doğrudan alıntılar sunulmuş, doğrudan alıntılar sınıf düzeyi (S1-S2-S3-S4) ve her öğretmen adayı için veri kâğıtlarına verilen numara (ÖA1-...) ile birlikte verilmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler ham ve çözümlenmiş halleri ile bir uzman tarafından da incelenmiştir. Uzman ham verilerin veri analizi sürecinde oluşturulan kod, kategori ve alt kategoriler ile uyumlu olduğunu ifade etmiştir.

Bulgular

Fen bilgisi öğretmen adaylarının “Nanoteknoloji kavramını daha önce duyudunuz mu?”, “Nanoteknoloji kavramını nereden duyudunuz?” sorularına verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Öğretmen Adaylarının Nanoteknoloji Kavramına İlişkin Duyumlarının Kaynağına Ait Cevaplarının Frekans Dağılımı

	1.Sınıf	2.Sınıf	3.Sınıf	4.Sınıf	TOPLAM
Duyumlarının Kaynağı	f	f	f	f	f
Okul	19	26	34	28	107
Televizyon	27	23	9	12	71
İnternet	11	15	12	13	51
Bilim kurgu ile ilgili kitap/film	4	10	13	7	34
Gazete/dergi	3	10	2	10	25

Tablo 1’de görüldüğü gibi tüm sınıf düzeylerindeki öğretmen adaylarının tamamı nanoteknoloji kavramını daha önce duyduğunu belirtmiştir. Öğretmen adaylarının duyum kaynaklarının daha çok okul olmak üzere televizyon, internet, bilim kurgu ile ilgili kitap/film ve gazete/dergi olduğu görülmektedir. Bu bulgu okulda verilen eğitimin yanı sıra nanoteknoloji kavramının geniş kitlelere duyurulması ve bu konuda bireylere farkındalık kazandırılması bağlamında medyanın da son derece önemli bir rolü olduğunu ortaya koyması bağlamında önemlidir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının “Nanoteknoloji ne anlama gelmektedir? Açıklayınız.” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojinin Anlamına İlişkin Cevaplarının Frekans Dağılımı

		1	2	3	4	T
		f	f	f	f	f
Maddenin kontrolü	Atomik ve moleküler seviye	8	13	6	4	31
	Atomik seviye	13	5	6	2	26
	Toplam	21	18	12	6	57
Boyut	Atomik ve moleküler düzeyde çok küçük 10^{-9}	10	7	12	2	31
	Çıplak gözle görülemeyen	1	1	2	3	7
	Atomik	-	4	1	1	6
	Hücreysel	2	-	2	-	4
		-	-	3	-	3
	Toplam	13	12	20	6	51
Teknolojinin niteliği	Mikro boyutta	4	7	-	9	20
	İleri derece, üstün	1	8	5	2	16
	Mikro düzeyde yapılan büyük işler	-	-	4	1	5
	Hızlı	-	1	1	1	3
	Kendi kendini yenileyen	1	-	-	-	1
	Kolay kullanılan	1	-	-	-	1
	Düşük maliyetli	1	-	-	-	1
	Ayrıntılı	-	-	1	-	1
	Faydalı	-	-	-	1	1
Toplam	8	16	11	14	49	
Üzerinde çalıştığı konular	Çok küçük parçacıklar	1	3	1	6	11
	Atomik ve moleküler yapı	2	1	7	1	11
	Atom altı parçacıklar	-	2	4	-	6
	Teknolojik aletlerin en küçük birimleri	-	-	2	-	2
	Tıp ve elektronik	-	-	1	-	1
Toplam	3	6	15	7	31	
Ürünler ve nitelikleri	Islanmayan kıyafetler	1	1	1	2	5
	Mikro boyutlu ürünler	1	2	-	1	4
	Aynı maddenin türevleri	-	-	4	-	4
	Kullanışlı	-	-	-	4	4
	Enerji	-	-	2	-	2
	Çip	-	-	2	-	2
	Kir tutmayan kıyafetler	1	-	-	-	1
	Yanmayan kıyafetler	1	-	-	-	1
	Çok küçük işlemciler	1	-	-	-	1
	Yeni maddeler	1	-	-	-	1
	Mini robot	-	-	1	-	1
	Kendini temizleyen boya	-	-	-	1	1
	Kirlenmeyen halı	-	-	-	1	1
	Kendini temizleyen ayakkabı	-	-	-	1	1
	Kaliteli	-	-	-	1	1
Toplam	6	3	10	11	30	

Etkililiği	Günlük yaşamı kolaylaştırma	-	-	2	1	3
	Çağımızın ve geleceğin teknolojisi	-	1	1	-	2
	Ülkenin gelişimi	1	-	-	-	1
	Toplam	1	1	3	1	6
Diğer	Fizik, kimya, biyolojinin teknoloji ile birleşmesi	-	1	-	1	2
	Bilim	1	-	-	-	1
	Parçacık bilimi	-	-	-	1	1
	Teknolojinin alt dalı	-	1	-	-	1
	Matrix	-	-	1	-	1
Boş		1	1	1	1	4

Tablo 2 incelendiğinde öğretmen adaylarının nanoteknolojinin anlamını maddenin kontrolü, boyut, teknolojinin niteliği, üzerinde çalıştığı konular, ürünler ve nitelikleri, etkililiği ve diğer olmak üzere farklı açılardan ele alarak ifade ettikleri görülmektedir. Birinci ve ikinci sınıftaki öğretmen adayları nanoteknolojiyi çoğunlukla maddenin atomik ve moleküler düzeyde kontrol edilmesi olarak ifade ederken üçüncü sınıftaki öğretmen adayları nanoteknolojiyi bir boyut olarak nitelendirmekle birlikte bu boyutun daha çok atomik ve moleküler düzeyde çok küçük olduğunu belirtmişlerdir. İkinci ve dördüncü sınıftaki öğretmen adayları ise daha çok teknolojinin niteliği bağlamında nanoteknolojinin mikro boyutta ve ileri derecede, üstün bir teknoloji olduğundan bahsetmiştir. Tüm öğretmen adayları için genel toplamlara bakıldığında da sınıf düzeylerindeki bulgulara benzer şekilde öğretmen adaylarının nanoteknolojinin anlamını yoğun olarak maddenin kontrolü, boyut ve teknolojinin niteliği kategorilerinin temsil ettiği kavramlarla ifade ettikleri anlaşılmaktadır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının cevaplarından bazı örnekler şöyledir:

“Maddenin atomik ve moleküler seviyede kontrolüdür.” (S1-ÖA2)

“Nanoteknoloji kendi kendini yenileyebilen teknolojiler üreten bir bilimdir.” (S1-ÖA3)

“İşlemcilerin çok küçük boyutlu hale getirilmesidir.” (S1-ÖA4)

“Teknolojinin mikro boyutlara indirilmesidir.” (S1-ÖA20)

“Nanoteknoloji atomik veya moleküler düzeyde çok küçük boyutlardır.” (S2-ÖA5)

“Nanoteknoloji ileri seviye, üstün teknoloji demektir.” (S2-ÖA16)

“Gözle görülemeyecek kadar küçük yapıların kullanıldığı teknoloji.” (S2-ÖA22)

“Çok küçük parçacıkları inceleyen” (S2-ÖA27)

“Nanoteknolojinin giysilerin kumaşında kullanıldığını duydum. Bu kumaşın üzerine sıvı döküldüğü zaman ıslanmadığını biliyorum.” (S2-ÖA31)

“Fizik, kimya, biyolojinin teknoloji ile birleşmesini ifade eder.” (S2-ÖA47)

“Teknolojinin en hızlı şekilde kullanılmasıdır.” (S2-ÖA51)

- “Atom altı parçacıklar üzerinde geliştirilen teknolojidir.” (S3-ÖA11)
“Hayatı kolaylaştırmada çok işe yarayan teknolojidir.” (S3-ÖA23)
“Maddeyi atomik boyutu ile kontrol etmek amacıyla kullanılan teknolojidir.” (S3-ÖA28)
“Atomik ve moleküler yapı üzerinde çalışan.” (S3-ÖA33)
“Bir nanometre metrenin milyarda biri kadardır. Bu boyutla ilgili olan teknolojidir.” (S3-ÖA38)
“Teknolojik aletleri en küçük birimlerine kadar inceleyerek açıklar.” (S3-ÖA50)
“Gözle görülemeyecek kadar küçük teknolojidir.” (S3-ÖA56)
“Nanoteknoloji kirlenmeyen halıları üreten teknoloji.” (S4-ÖA4)
“Nano (10⁹) boyuttaki maddeler üzerinde yapılan çalışmalar” (S4-ÖA16)
“Kendi kendini temizleyen boya yapan teknoloji.” (S4-ÖA17)
“Teknolojiyi daha kullanışlı hale getirme” (S4-ÖA23)
“Teknolojiden max. kalite elde edilmesi.” (S4-ÖA28)

Fen bilgisi öğretmen adaylarının “Nanoteknolojinin faydalı olduğunu düşünüyor musunuz?” ve “Nanoteknolojinin riskli olduğunu düşünüyor musunuz?” sorularına verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojinin Fayda ve Riskli Olma Durumuna İlişkin Cevaplarının Frekans ve Yüzde Değerleri

Faydalı	Riskli	1.Sınıf		2.Sınıf		3.Sınıf		4.Sınıf		TOPLAM	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Evet	Hayır	27	67,5	35	67,3	40	72,7	25	67,6	127	69
Evet	Evet	6	15	12	23,1	14	25,5	11	29,7	43	23,4
Hayır	Hayır	6	15	3	5,8	-	-	-	-	9	4,9
Hayır	Evet	1	2,5	2	3,8	1	1,8	1	2,7	5	2,7
TOPLAM		40	100	52	100	55	100	37	100	184	100

Tablo 3 incelendiğinde gerek sınıf düzeyleri gerekse genel toplam dikkate alındığında fen bilgisi öğretmen adaylarının önemli bir bölümünün nanoteknolojinin faydalı olup riskli olmadığını düşündükleri görülmektedir. Bazı öğretmen adayları ise her uygulamanın potansiyel olarak fayda ve risklere sahip olabileceğini gerekçe göstererek nanoteknolojinin faydalarının yanında risklerinin de olabileceğini ifade etmiştir. Az sayıda öğretmen adayının nanoteknolojinin faydalı olmayıp riskli olduğunu düşünmeleri; birinci sınıftan 6 ve ikinci sınıftan da 3 öğretmen adayının nanoteknolojiyi fayda ve risk bağlamında etkisiz olarak görmeleri dikkat çekicidir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının “Nanoteknolojinin faydaları nelerdir?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojinin Faydalarına İlişkin Cevaplarının Frekans Dağılımı

			1	2	3	4	T
Uygulama alanı	Sağlık	Tedavi	1	10	13	4	28
		İlaç üretimi	-	2	-	-	2
		Ameliyatlar	-	1	1	-	2
		Erken teşhis	-	1	-	-	1
		Hasarlı hücrelerin tespiti	-	-	1	-	1
		Zararlı hücrelerin yok edilmesi	-	-	1	-	1
		Vücutun gizeminin çözülmesi	-	-	-	1	1
		Toplam	1	14	16	5	36
Tekstil endüstrisi	Su geçirmeyen kıyafetler, kumaşlar	Su geçirmeyen kıyafetler, kumaşlar	1	2	4	6	13
		Kir tutmayan kıyafetler, kumaşlar	2	1	5	3	11
		Kendi kendini temizleyen perdeler	-	-	1	2	3
		Yanmayan kumaşlar	-	1	-	1	2
		Kir tutmayan ayakkabılar	-	-	-	2	2
		Su geçirmeyen ayakkabılar	-	-	-	1	1
Toplam	3	4	10	15	32		
Teknolojik ürünler	Cep telefonları	Cep telefonları	1	2	3	1	7
		Bilgisayar	-	3	2	1	6
		Flash bellek	-	2	1	-	3
		Televizyon	-	2	-	-	2
		Mikro aygıtlar	-	-	1	-	1
		Genel teknolojik ürünler	-	2	2	-	4
Toplam	1	11	9	2	23		
Mobilya endüstrisi	Kir tutmayan eşyalar	Kir tutmayan eşyalar	-	-	1	4	5
		Dayanıklı eşyalar	1	-	-	1	2
		Kir tutmayan halılar ve zeminler	-	-	2	-	2
		Islanmayan eşyalar	-	-	-	1	1
Toplam	1	-	3	6	10		
Temizlik	Deterjan	Deterjan	-	-	1	-	1
		Genel	-	-	3	1	4
Toplam	-	-	4	1	5		
Otomotiv endüstrisi	Araba camları	Araba camları	-	-	2	-	2
		Dayanıklı araçlar	-	-	1	-	1
Toplam	-	-	3	-	3		
Savunma endüstrisi	Askerler için termal üniformalar	-	-	1	-	1	
Boya endüstrisi	Kendini temizleyen boyalar	-	-	1	1	2	
Yaşamın niteliği	Yüksek standartlı	Yüksek standartlı	10	6	5	1	22
		Kolay	4	4	4	10	22
		Sağlıklı	5	4	6	1	16
		Güvenli	5	5	3	1	14
		Toplam	24	19	18	13	74

Tasarruf	Maliyet	6	3	5	5	19
	Zaman	7	4	2	2	15
	İş gücü	-	3	2	1	6
	Kaynak	2	-	2	1	5
	Enerji	-	-	1	3	4
	Genel	1	1	-	-	2
Toplam		16	11	12	12	51
Teknolojik ürünlerin niteliği	Küçük boyutlu	4	6	1	3	14
	Kullanışlı	1	2	1	4	8
	Kolay taşınan	1	1	-	-	2
	Kaliteli	1	-	1	-	2
	İleri düzeyde	-	1	1	1	3
	Hızlı	-	-	2	1	3
Toplam		7	10	6	9	32
Verim	Az maliyet - çok ürün	8	8	3	2	21
Üretim	Her alanda kaliteli ve kullanışlı	2	1	3	1	7
	Artış	2	1	-	1	4
	Enerji	-	1	1	-	2
	Yapay zekâ hücreleri	-	-	1	-	1
Toplam		4	3	5	2	14
Ulusal gelişim	Teknolojide	3	1	-	-	4
	Ekonomide	-	3	-	-	3
	Bilimde	-	-	-	3	3
	Sanayide	1	1	-	-	2
Toplam		4	5	-	3	12
Küresel	Gelişme-ilerleme	3	1	2	-	6
	Çağa ayak uydurma	-	-	2	-	2
	İcatların yapılması	-	1	-	-	1
	Gelişmiş ülkelerin seviyesine ulaşma	-	-	1	-	1
	Tüm insanlığa fayda sağlama	-	-	1	-	1
Toplam		3	2	6	-	11
Disiplinlerarası etkileşim	Fizik, kimya, biyoloji	2	4	3	-	9
	Mühendislik	-	1	-	-	1
	Biyoteknoloji	-	-	1	-	1
Toplam		2	5	4	-	11
Diğer	Gözle görülemeyecek kadar küçük yapıları inceleme	-	1	1	-	2
	Işınlanma	-	-	1	-	1

Tablo 4 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının uygulama alanı, yaşamın niteliği, tasarruf, teknolojik ürünlerin niteliği, verim, üretim, ulusal gelişim, küresel, disiplinlerarası etkileşim ve diğer olmak üzere çeşitli kategorilerde nanoteknolojinin faydalarını ifade ettikleri görülmektedir. Genel toplama bakıldığında fen bilgisi öğretmen adaylarının yarıya yakını nanoteknolojinin faydalarını daha çok sağlık, tekstil endüstrisi ve teknolojik ürünler olmak üzere uygulama alanı kategorisi ile

yaşamın niteliği, tasarruf ve teknolojik ürünlerin nitelikleri kategorilerinde ifade etmiştir. Sınıf düzeyleri açısından ilgili kategoriler incelendiğinde yaşamın niteliği ve tasarruf kategorilerinde birinci sınıf; uygulama alanı kategorisinde sağlık ve teknolojik ürünlerde ikinci ve üçüncü sınıf ile tekstil endüstrisinde dördüncü sınıfların diğer sınıf düzeylerine nazaran daha yoğun oldukları anlaşılmaktadır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının cevaplarından bazı örnekler şöyledir:

“Yaşamımızı kolaylaştırır.” (S1-ÖA3)

“Kolay taşınabilir teknolojik ürünler” (S1-ÖA4)

“Daha az maliyet ve daha fazla üretim sağlanıyor.” (S1-ÖA10)

“Fizik, kimya, biyoloji gibi alanlarda gelişmeleri sağlar.” (S1-ÖA23)

“İlaç üretiminde kullanıldığı için faydalıdır.” (S2-ÖA8)

“İnsan vücuduna yerleştirilip hastalıkları tedavi edebilen küçük makineler yapılacak diye duymuştum. Bazı hastalıkların anne karnında tespit edilip tedavi edilebileceğini duymuştum. Bunlar önemli şeyler.” (S2-ÖA20)

“Çok küçük oldukları için bu teknoloji ile üretilecek birçok mikroskobik aygıtlar belki damarlarımızda dolaşacak ve birer uzman gibi tedavi sağlayacaktır.” (S2-ÖA22)

“Tıpta birçok hasarlı hücrenin nano tabletlerle tespiti” (S3-ÖA6)

“Mesela askerlerimiz nanoteknoloji ile üretilmiş termal üniformalar ile kışın zor şartlar altında görev yapabiliyorlar.” (S3-ÖA13)

“Zararlı hücreleri yok etmede tıpta faydalı.” (S3-ÖA14)

“Koltuğa bir şey döküldüğünde içine geçirmemesi ve kolayca silinmesi yani kir tutmaması.” (S3-ÖA26)

“Kullanılan teknolojik aletlerin boyutlarını küçültmek.” (S3-ÖA56)

“Kendi kendini temizleyen boya.” (S4-ÖA12)

“Vücudun gizemi çözülür.” (S4-ÖA16)

Fen bilgisi öğretmen adaylarının “Nanoteknolojinin riskleri nelerdir?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojinin Risklerine İlişkin Cevaplarının Frekans Dağılımı

		1	2	3	4	T
		f	f	f	f	f
Sağlık	Vücuda zarar vermesi	-	3	-	6	9
	Vücuda emilim yolu ile girmesi	-	-	-	2	2
	Hücre duvarını zedelemesi	1	-	-	-	1
	Kanser	-	-	1	-	1
	Mutasyon	-	-	1	-	1
	Toplam	1	3	2	8	14

Güvenlik	Kontrolden çıkabilme olasılığı	3	-	-	3	6
	Patlama olma olasılığı	2	1	1	-	4
	Işın kullanımı	-	1	1	-	2
	Toplam	5	2	2	3	12
Kullanım amacı ve şekli	Kötü işler	-	1	1	4	6
	Savaşlar	-	1	2	1	4
	Kontrolsüz kullanım	-	-	1	-	1
	Yanlış kullanım	-	-	1	-	1
Toplam	-	2	5	5	12	
Uygulamalar	Kimyasal	-	1	2	-	3
	Maddenin yapısının değiştirilmesi	-	-	1	-	1
Toplam	-	1	3	-	4	
Ülkeler arası ilişkiler	Ticari sorunlar	-	-	1	1	2
	Savaşlar	-	-	1	-	1
	Krizler	-	-	1	-	1
Toplam	-	-	3	1	4	
Çevre	Zarar vermesi	-	2	-	-	2
	Kirliliğe neden olması	-	-	1	-	1
Toplam	-	2	1	-	3	
Yeterlilik	Sistemlerin düzgün kurulmaması	-	1	1	-	2
	Yeni bir uygulama olması	-	-	1	-	1
Toplam	-	1	2	-	3	
Diğer	Her uygulamanın risklerinin olması	-	2	2	-	4
	Gizliliğe ve etiğe aykırı olma olasılığı	-	-	-	1	1

Tablo 5 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının sağlık, güvenlik, kullanım amacı ve şekli, uygulamalar, ülkeler arası ilişkiler, çevre, yeterlilik ve diğer olmak üzere çeşitli kategorilerde nanoteknolojinin risklerini ifade ettikleri görülmektedir. Az sayıda olmakla birlikte dördüncü sınıftaki 8 öğretmen adayı sağlık; birinci sınıftaki 5 öğretmen adayı güvenlik; üçüncü ve dördüncü sınıftaki 5 öğretmen adayı da kullanım amacı ve şekli açısından nanoteknolojinin risklerini ifade etmiştir. Genel toplamlara bakıldığında sınıf düzeylerindeki bulgulara benzer şekilde 14 öğretmen adayı sağlık, 12 öğretmen adayı güvenlik, kullanım amacı ve şekli kategorilerine uygun kavramlarla nanoteknolojinin risklerini belirtmiştir. Birinci ve ikinci sınıftan birer öğretmen adayı nanoteknolojinin riskli olduğunu ifade etmelerine karşın risklerini yazmamışlardır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının cevaplarından bazı örnekler şöyledir:

“Bazı nano ürünler hücre duvarını delebilir.” (S1-ÖA19)

“Tepkimelerde patlamalar gibi çeşitli riskler olabilir.” (S1-ÖA31)

“İnsan vücuduna zararlıdır.” (S2-ÖA1)

“Silah yapımları çoğalacak.” (S2-ÖA15)

“Her türlü uygulamanın riskleri vardır. Bu yüzden riskli olduğunu düşünüyorum.” (S2-ÖA31)

“Riskleri olabilir. Çünkü bu teknoloji insanlık için faydalı kullanılacağı gibi tam tersi insanlığın zararına da kullanılabilir.” (S2-ÖA41)

“Bazı kişiler kötü işler için kullanabilir.” (S3-ÖA2)

“Yeni olduğu için zararlı olabilir.” (S3-ÖA10)

“Bu işle uğraşan kişiler sistemi düzgün yapamadıklarında tehlikeye yol açabilirler.” (S3-ÖA29)

“Ülkeler arasında ticari sorunlara yol açabilir.” (S3-ÖA30)

“İnsan vücudunda değişikliklere neden olarak mutasyona neden olabilir.” (S3-ÖA32)

“Kansere sebep olabilir.” (S3-ÖA48)

“Nanoteknoloji ile üretilen ürünler atomik boyutta olduğu için insan vücuduna emilimi kolay olduğundan zarar verebilir.” (S4-ÖA1)

“Bu teknoloji gizlilik ve etik kurallarına bazı noktalarda aykırı olabilir.” (S4-ÖA13)

Sonuç ve Öneriler

Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının tamamının nanoteknoloji kavramını daha önce duyduğu, duyum kaynaklarının daha çok okul olmak üzere televizyon, internet, bilim kurgu ile ilgili kitap/film ve gazete/dergi olduğu saptanmıştır. Bu araştırmadan elde edilen bu sonucun aksine alan yazında nanoteknolojiyi ortaokul öğrencilerinin (Ekli, 2010; Şahin ve Ekli, 2013), onuncu sınıf öğrencilerinin (Kılınç-Alpat ve diğ., 2017), hemşirelik öğrencilerinin (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016), fen ve teknoloji bölümü öğrencilerinin (Kadioğlu, 2010), fen bilimleri öğretmen adaylarının (Enil ve Köseoğlu, 2016), Tripoli (Alfateh) Üniversitesi akademik personeli ve öğrencilerinin (Elmarzugi ve diğ., 2014), Amerikan halkının (Retzbach ve diğ., 2011) daha çok internet, radyo ve televizyon programları olmak üzere medyadan duydukları ortaya koyulmuştur.

Birinci ve ikinci sınıfta daha yoğun olmak üzere dört sınıf düzeyi için de bazı öğretmen adayları nanoteknolojiyi çoğunlukla maddenin atomik ve moleküler düzeyde kontrol edilmesi olarak ifade etmiştir. Benzer şekilde hemşirelik öğrencileri de nanoteknolojiyi “Maddenin atomik, moleküler kontrolünü sağlayan bir bilim” olarak ifade etmiştir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5711). Üçüncü sınıfta

yoğun olacak şekilde dört sınıf düzeyinde de bazı öğretmen adayları nanoteknolojiyi bir boyut olarak nitelendirmiş, bu boyutun da daha çok atomik ve moleküler düzeyde çok küçük olduğunu belirtmiştir. Çoğunluğu ikinci ve dördüncü sınıfta olmak üzere öğretmen adaylarının bir kısmı ise teknolojinin niteliği bağlamında nanoteknolojinin mikro boyutta ve ileri derecede, üstün bir teknoloji olduğundan bahsetmiştir. Benzer şekilde alanyazında da lise öğrencileri (Ateş ve Üce, 2017) ile genel kimya dersi alan öğrenciler (Smidt, 2012) nanoteknolojinin ileri ve yeni bir teknoloji olduğunu ifade etmiştir. Boyut açısından ise lise öğrencileri nanoteknoloji kavramının çok küçük şeyleri ifade ettiğini vurgulamış (Ateş ve Üce, 2017: 704), genel kimya dersi alan öğrenciler nanoteknoloji kavramını nanometre ve küçük boyutlar ile ilişkilendirmiştir (Smidt, 2012: 1224).

Nanoteknolojinin faydaları ve risklerine ilişkin gerek sınıf düzeyleri gerekse genel toplam dikkate alındığında birinci, ikinci ve dördüncü sınıftaki öğretmen adaylarının %70'e yakınının, üçüncü sınıftaki öğretmen adaylarının ise %72,7'sinin nanoteknolojinin faydalı olup riskli olmadığını düşündükleri saptanmıştır. Benzer şekilde 17-43 yaş arasındaki lisans öğrencilerinin çoğu nanoteknolojinin faydalı olduğunu (Güzeloğlu, 2015), ortaokul öğrencilerinin neredeyse yarısı (Şahin ve Ekli, 2013), İran halkının çoğu (Farshchi ve diğ., 2011) ve Amerikalılar (Cobb ve Macoubrie, 2004) faydalarının risklerinden daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Bazı fen bilgisi öğretmen adayları ise her uygulamanın potansiyel olarak fayda ve risklere sahip olabileceğini gerekçe göstererek nanoteknolojinin faydalarının yanında risklerinin de olabileceğini ifade etmiştir. Az sayıda öğretmen adayının nanoteknolojinin faydalı olmayıp riskli olduğunu belirtirken birinci sınıftan 6 ve ikinci sınıftan da 3 öğretmen adayının nanoteknolojiyi fayda ve risk bağlamında etkisiz olarak görmeleri dikkat çekicidir.

Nanoteknolojinin faydalarını bu araştırmada öğretmen adayları daha çok uygulama alanı açısından ele almış, bu alanları da sağlık, teknolojik ürünler ve ürünlerin niteliği, tekstil endüstrisi, mobilya endüstrisi, temizlik, otomotiv endüstrisi, savunma endüstrisi, boya endüstrisi olarak ifade etmiştir. Benzer şekilde alanyazında da fen bilimleri öğretmenleri nanoteknolojinin en fazla tekstil, daha sonra temizlik ürünleri, mobilya, elektronik, askeriye ve sağlık alanlarında kullanıldığını ifade etmiştir (Ergün, Ocak ve Ergün, 2017: 278). Hemşirelik öğrencilerinin yarısından fazlası nanoteknolojinin kullanım alanlarını tıp ve sağlık sektörü, bazıları ise malzeme ve imalat sektörü, havacılık ve uzay çalışmaları, çevre ve enerji sektörü olarak belirtmiştir (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5711).

Bu araştırmada fen bilgisi öğretmen adayları tarafından ifade edilen uygulama alanları içinde cevapların daha çok hastalıkların tedavi edilmesinde kullanımı bağlamında sağlık alanında yoğunlaştığı saptanmıştır. Fen bilgisi öğretmen adayları nanoteknoloji ile kanser ve tedavisi mümkün olmayan hastalıklara çare bulunaca-

ğını; üretilen mikro yapıların ameliyatlarda ve hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde alanyazında Amerikalıların nanoteknolojinin hastalıkların teşhis ve tedavi edilmesi için yeni ve daha iyi yollar elde edilmesinde faydalı olacağını belirttikleri (Cobb ve Macoubrie, 2004: 395); genel kimya dersi alan öğrencilerin nanoteknolojiyi tıpla ilişkilendirerek vücuda yerleştirilen küçük robotların cerrahi işlemleri yerine getirmek için kullanılabileceğini ifade ettikleri (Smidt, 2012: 1224) ortaya koyulmuştur.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının sağlık, teknolojik ürünler ve ürünlerin niteliği, tekstil endüstrisi, mobilya endüstrisi, temizlik, otomotiv endüstrisi, savunma endüstrisi ve boya endüstrisi olmak üzere ifade ettikleri kullanım alanları arasında gıda, kozmetik gibi alanların olmaması dikkat çekicidir. Bu sonuç üzerinde öğretmen adaylarının vücuda ağız ya da deri yolu ile alınan ürünlerin üretiminde nanoteknolojinin kullanımına temkinli yaklaşımlarının etkili olabileceği düşünülmektedir. Öyle ki, az sayıda da olsa bazı fen bilgisi öğretmen adayları nanoteknolojinin vücuda emilim yolu ile girmesi ve hücre duvarını zedelemesi neticesinde ortaya çıkabilecek kanser ve mutasyonlarla sağlık açısından riskli olacağını ifade etmiştir. Alanyazında yer alan bir araştırma sonucu da bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Öyle ki, 17-43 yaş arasındaki lisans öğrencileri yaşamı kolaylaştırmada etkili olacağına inandıkları nanoteknolojik iletişim ürünleri, tekstil ve tıbbi ürünleri tercih etmektedir. Lisans öğrencileri genel olarak nanoteknoloji ile üretilen ürün özelliğinde en çok diş bakım ve tıbbi medikal ürünleri, en az nano gıda içerikleri, nanoteknolojik süreçle üretilmiş gıdalar, vitamin ve gıda takviyeleri ile kozmetik ürünleri tercih edeceklerini ifade etmiştir. 17-43 yaş arasındaki lisans öğrencileri riskli olabileceğini düşünmeleri nedeni ile nanoteknolojik gıda ve gıda benzeri ürünleri satın almaya temkinli yaklaşmaktadır. En çok bildikleri ve satın alarak denedikleri ürünler ise iletişim ve tekstil ürünleridir. Çoğu ürün kategorisinde fırsat algılarının risk algılarından daha güçlü olduğu; ancak vücuda nüfuz eden veya vücuda alınan ürünlerde katılımcıların risk algılarının daha güçlü olduğu saptanmıştır (Güzeloğlu, 2015: 288, 289, 291).

Az sayıda fen bilgisi öğretmen adayının kir tutmayan kıyafetler, kumaşlar, eşyalar, halı ve zeminler ile kendi kendini temizleyen perdelerle hem deterjan kullanımına gerek kalmayacağını hem de işgücü ve zaman açısından tasarruf sağlanabileceğini ifade ettikleri saptanmıştır. Benzer şekilde alanyazında da kir tutmayan yüzeylerin üretimi ile temizlik alışkanlıklarının değişeceği, çevre kirliliğine ve sağlık sorunlarına neden olan deterjanların kullanımının azalarak zamanla tamamen ortadan kalkacağı ifade edilmektedir (Açık ve Güven, 2012: 163). Alanyazındaki bu ifadenin aksine bu çalışmada üçüncü sınıftaki bir öğretmen adayının nanoteknolojinin deterjan üretiminde kullanılarak temizlik açısından faydalı olabileceğini ifade etmesi dikkat çekicidir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının yarıya yakını nanoteknolojinin faydalarını yaşamın niteliği açısından ele alarak nanoteknolojinin insanlığa yüksek standartlı, kolay, sağlıklı ve güvenli olmak üzere daha iyi bir yaşam sunacağını ifade etmiştir. Benzer şekilde alanyazında da Tripoli (Alfateh) Üniversitesi akademik personeli ve öğrencilerin yarıya yakını nanoteknolojinin toplumdaki bireylerin yaşam standardını etkileyeceğini belirtmiştir (Elmarzugı ve diğ., 2014: 112). Fen bilimleri öğretmenleri nanoteknolojinin hayatı kolaylaştırmak, kaliteli bir yaşam sunmak, verim elde etmek, tedavi, temizlik ve askeri amaçlı kullanım için ortaya çıktığını belirtirken, yarısından çoğu nanoteknolojinin günlük hayatı kolaylaştırdığını, bir kısmı da nanoteknolojinin sağlık alanında, çevre kirliliğini önlemede, enerji tasarrufu sağlamada faydalı olacağını ifade etmiştir (Ergün, Ocak ve Ergün, 2017; 278, 279).

Hemşirelik öğrencileri nanoteknolojiyi “*Maddeleri atomsal olarak değiştirip, yeni işlevsellikler kazandıran bir bilim*” olarak belirterek (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016: 5711) maddenin yapısının değiştirilmesini faydalı bir olay olarak değerlendirirken bu çalışmada üçüncü sınıftaki bir öğretmen adayının maddenin yapısının değiştirilmesini risk olarak görmesi dikkat çekicidir.

Az sayıda öğretmen adayı nanoteknolojinin sağlık üzerinde oluşturabileceği risklere dikkat çekerek bu riskleri kanser, mutasyon ve vücuda zarar verme olmak belirtmiştir. Macoubrie (2006: 227) tarafından yapılan çalışmada da Amerikalıların nanoteknolojinin sağlık üzerinde uzun süreli etkileri olabileceğine dair endişeleri olduğu ortaya koyulmuştur. Kim ve diğerleri (2014: 24) tarafından yapılan çalışmada ise Güney Kore’de nanoteknoloji ve nanomateryaller alanında çalışan uzmanların nanoteknolojinin insan vücudu ile çevre üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini düşündükleri saptanmıştır.

Bazıları ise faydalı olan bir uygulamanın bile zaman zaman riskli olabileceğine ve bu durum üzerinde kullanım amacı ve kullanım şeklinin son derece etkili olduğunu vurgulayarak nanoteknolojinin kötü işlerde, savaşlarda, kontrolsüz ve yanlış kullanımı nedeni ile riskli olabileceğini belirtmiştir. Benzer şekilde alanyazında da Amerikalılar askeri kullanım ve kötülük için kullanımı nedenleri ile nanoteknolojiye yönelik endişeleri olduğunu belirtmiştir (Macoubrie, 2006: 227).

Dördüncü sınıftaki bir öğretmen adayı ise gizliliğe ve etiğe aykırı olma olasılığını bir risk olarak ifade etmiştir. Benzer şekilde alanyazında da Amerikalılar küçük gözetleme cihazlarının üretilmesinin kişisel gizliliğin kaybolmasına neden olacağını ve bu durumun nanoteknoloji için bir risk olduğunu belirtmiştir (Cobb ve Macoubrie, 2004: 395).

Araştırma sonucunda fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı hakkındaki farkındalıklarının düşük olduğu saptanmıştır. Alanyazında yer alan

araştırmalarda da katılımcıların nanoteknolojiye aşina olmadıkları ve farkındalık düzeylerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Elmarzugi ve diğ., 2014; Enil ve Köseoğlu, 2016; Farshchi ve diğ., 2011; Kadioğlu, 2010; Macoubrie, 2006; Retzbach ve diğ., 2011; Rodgers, Diefes-Dux ve Madhavan, 2013; Şenocak, 2014). Araştırmadan elde edilen sonuçlar dikkate alındığında nanoteknolojiye ilişkin farkındalık kazandırılması bağlamında eğitimde ve özellikle geniş kitlelere ulaşmada son derece etkili olan medyada konuya daha çok yer verilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- AÇIK, Zeynep ve Güven, Seval (2012), Nanoteknoloji, Çevre ve Aile, (Ed.), Müberra Babaoğlu, Arzu Şener, Esna Betül Buğday, *Tüketici Yazıları III*, TÜPADEM. (ss. 142-171).
- AKBAŞ, Taner ve Özarslan, Cengiz (2007), Nanoteknoloji ve Tarımda Uygulama Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, 5-6 Eylül 2007, (ss. 309-316). Kahramanmaraş.
- ATEŞ, İsmail ve Üce, Musa (2017), “Lise Öğrencilerinin Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalığı”, *GEFAD / GUJGEF*, C: 37, Sy. 2, ss. 685-710.
- AYDIN-SAYILAN, Aysin ve Mercan, Yeliz (2016), “Hemşirelik Öğrencilerinin Nanoteknoloji Bilgi Düzeyleri ve Bilgi Düzeyini Etkileyen Faktörler”, *Journal of Human Sciences*, C: 13, Sy. 3, ss. 5706-5720.
- BERK, Serdar ve Akkurt, İbrahim (2012), “Nanopartikül: Geleceğin Korkulu Rüyası”, *Tuberk Toraks*, C. 60, Sy. 2, ss. 180-184.
- COBB, Michael D & Macoubrie, Jane (2004), “Public Perceptions about Nanotechnology: Risks, Benefits and Trust”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 6, no. 4, pp. 395-405.
- EKLİ, Emel (2010), *İlköğretim İkinci Kademe Öğrencilerinin Nanoteknoloji Hakkındaki Temel Bilgi ve Görüşleri ile Teknolojiye Yönelik Tutumlarının Bazı Değişkenler Açısından Araştırılması*, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- ELMARZUGİ, Nagib A, Keleb, Eseldin I, Mohamed, Aref T, Benyones, Huda M, Bendala, Nesrein M, Mehemed, Abdulfattah I & Eid, Ahmad M (2014), “Awareness of Libyan Students and Academic Staff Members of Nanotechnology”, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, vol. 4, no. 6, pp. 110-114.
- ENİL, Gizem ve Köseoğlu, Yücel (2016), “Fen Bilimleri (Fizik, Kimya ve Biyoloji) Öğretmen Adaylarının Nanoteknoloji Farkındalık Düzeyleri, İlgileri ve Tutumlarının Araştırılması”, *International Journal of Social Sciences and Education Research*, C. 2, Sy. 1, ss. 61-77.
- ERGÜN, Selcen Süheyla, Ocak, İjlal ve Ergün, Ertuğrul (2017), “Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Nanoteknoloji Hakkındaki Görüşleri”, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, C. 6, Sy. 4, ss. 272-282.
- FARSHCHİ, Parvin, Sadmezhaad, Seyed Khatiboleslam, Nejad, Naser Moharram, Mahmoodi, Mahmood & Abadi, Leila Ibrahim Ghavam (2011), “Nanotechnology in the Public Eye:

- The Case of Iran, as a Developing Country”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 13, no. 8, ss. 3511-3519.
- GÖKÖZ-SAGUN, Berra ve Akaygün, Sevil (2014), “Üniversiteden Liseye Uzanan Köprü: Bir Nanobilim Atölye Çalışması”, *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, C. 31, Sy. 2, ss. 49-72.
- GÜZELOĞLU, Ebru (2015), “Akıllı Ürünleriyle Nano Yeniliği: Gençlerin Nanoteknoloji Farkındalığı, Fayda/Risk Algıları”, *International Journal of Human Sciences*, C. 12, Sy. 1, ss. 274-297.
- KADIOĞLU, Füsün (2010), *Fen Öğretiminde Öğrenim Gören Öğretmen Adaylarının Nanoteknoloji ile İlgili Güncel ve Geleceğe Yönelik Düşünceleri. (Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesinde Yapılan Bir Araştırma)*, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- KARAKAYA, İsmail (2009), Bilimsel Araştırma Yöntemleri, (Ed.), A. Tanrıoğen, *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Ankara, Anı Yayıncılık. (ss. 55-84).
- KARATAŞ, Faik Özür ve Ülker, Nazlı (2014), “Kimya Öğrencilerinin Nanobilim ve Nanoteknoloji Konularındaki Bilgi Düzeyleri”, *Journal of Turkish Science Education*, C. 11, Sy. 3, ss. 103-118.
- KILINÇ-ALPAT, Sibel, Uyulgan, Melis Arzu, Şeker, Seda, Altaş, Hayriye Şeyma & Gezer, Ezgi (2017), “Effect of Cooperative Learning on Academic Achievement and Opinions of the 10th Grade Students’ in the Topic of Nanotechnology at Secondary Level”, *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, vol. 18, no. 1, pp. 27-57.
- KIM, Yu-Ri et al (2014), “Comparative Analysis of Nanotechnology Awareness in Consumers and Experts in South Korea”, *International Journal of Nanomedicine*, vol. 9, pp. 21-27.
- KÖRÖZLÜ, Nurettin (2016), “Bilim ve Teknolojinin Geleceği Nanoteknoloji”, *Ayrıntı Dergisi*, C. 4, Sy. 39, ss. 27-30.
- MACOUBRIÉ, Jane (2006), “Nanotechnology: Public Concerns, Reasoning and Trust in Government”, *Public Understanding of Science*, vol. 15, pp. 221-241.
- OYLAR, Ömer ve Tekin, İsmail (2011), “Kanserin Teşhis ve Tedavisinde Nanoteknolojinin Önemi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, C. 16, Sy. 1, ss. 147-154.
- ÖZKALELİ, Merve ve Erdem, Ayça (2016), “Nanoatıklar ve Çevre: Atık Yönetiminde Yeni Bir Yaklaşım”, *Pamukkale Üniversitesi Muh Bilim Dergisi*, C. 22, Sy. 3, ss. 183-188.
- RETZBACH, Andrea, Marschall, Joachim, Rahnke, Marion, Otto, Lukas & Maier, Michaela (2011), “Public Understanding of Science and the Perception of Nanotechnology: The Roles of Interest in Science, Methodological Knowledge, Epistemological Beliefs, and Beliefs about Science”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 13, no. 12, pp. 6231-6244.
- RODGERS, Kelsey Joy, Diefes-Dux, Heidi A & Madhavan, Krishna (2013), First-Year Engineering Students Explore Nanotechnology in Engineering, 41st SEFI Conference, 16-20 September 2013, Leuven, Belgium.
- SAĞLAM, Necdet ve Emül, Ezgi (2016), “Bilimlerin Buluşma Noktası: Nanoteknolojiye Kısa Bir Bakış”, *Yeni Türkiye*, C. 88, ss. 1-4.

- SHEETZ, Tanya, Vidal, Jorge, Pearson, Thomas D & Lozano, Karen (2005), "Nanotechnology: Awareness and Societal Concerns", *Technology in Society*, vol. 27, no. 3, pp. 329-345.
- SMIDT, Scott (2012), "Review of The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers", *Journal of Chemical Education*, vol. 89, pp. 1224-1225.
- SÜFER, Özge ve Karakaya, Sibel (2011), "Gıda Endüstrisi ve Nanoteknoloji: Durum Tespiti ve Gelecek", *Akademik Gıda*, C. 9, Sy. 6, ss. 81-88.
- SÜRENGİL, Göknur ve Kılınç, Berna (2011), "Gıda - Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi", *Journal of FisheriesSciences.com*, C. 5, Sy. 4, ss. 317-325.
- ŞAHİN, Oya Irmak ve Akpınar-Bayizit, Arzu (2008), Nanokompozit Filmlerin Gıda Sanayi Uygulamaları. *Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008*, (ss. 145-148). Erzurum.
- ŞAHİN, Nurettin & Ekli, Emel (2013), "Nanotechnology Awareness, Opinions and Risk Perceptions among Middle School Students", *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 23, no. 4, pp. 867-881.
- ŞENOCAK, Erdal (2014), "A Survey on Nanotechnology in the View of the Turkish Public", *Science, Technology & Society*, vol. 19, no. 1, pp. 79-94.
- YILDIRIM, Ali ve Şimşek, Hasan (2011), *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, 8. Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık.
- YULA, Erkan ve Deveci, Özcan (2010), "Nanotıp, Mikrodizilimler ve Klinik Mikrobiyolojide Kullanımları", *Dicle Tıp Dergisi*, C. 37, Sy. 4, ss. 422-428.