



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ NANOTEKNOLOJİYE
YÖNELİK TUTUMLARININ ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ**

Şeyma ÇALIK BOSTANCI
ORCID: 0000-0002-3640-5195

Danışman
Doç. Dr. Erhan ZOR
ORCID: 0000-0002-2325-6354

Konya – 2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenen ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bana yol gösteren, deneyimlerini benimle paylaşan, kendisinden pek çok şey öğrendiğim ve öğrenmeye devam etmeyi dilediğim saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Erhan ZOR hocama sonsuz minnetle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen, bu tez çalışmasının seçiminde ve araştırılmasında her türlü bilgi, öneri ve deneyimleriyle bana yön veren değerli hocam Doç. Dr. Oktay ASLAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim. Yüksek lisans eğitimimde fizikokimya laboratuvarında bana çalışma imkanı sağlayan, çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Haluk BİNGÖL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında ve seçimimde büyük payı olan, her türlü bilgi, öneri ve deneyimleriyle bana yön veren, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Arş. Gör. Tuba ŞENEL ZOR'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimde ve hayatımın her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Ayşe BOYRAZ'a teşekkür ederim.

Beni yetiştiren, bugünlere gelmemi sağlayan çok kıymetli fedakâr anneme ve babama tüm kalbimle teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca, beni candan destekleyen canım kardeşlerim Durdane ve Rumeysa'ya, canım Elif'e ve kuzenlerim Havva Nur ve Fatih Tarakcı'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olduğunu hissettiğim, yardım ve desteklerini eksik etmeyen ve yoğun çalışmalarım esnasında büyük bir sabır gösteren sevgili eşim Veysel Murat BOSTANCI'ya tüm kalbimle teşekkür ederim.

Şeyma ÇALIK BOSTANCI

Şubat 2022

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU	v
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Araştırmanın Amacı	2
1.3. Araştırmanın Önemi	3
1.4. Varsayımlar	3
1.5. Sınırlılıklar.....	4
1.6. Tanımlar	4
2. ALAN YAZIN.....	5
2.1. Nano Nedir?	5
2.2. Nano Boyuttaki Özellikler ve Nano Boyutun Önemi	5
2.3. Nanobilim ve Nanoteknoloji	7
2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Kısa Tarihçesi	8
2.5. Nanoteknolojinin Genel Amaçları.....	12
2.6. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları	13
2.6.1. Tıp.....	14
2.6.2. Malzeme	14
2.6.3. Tekstil.....	15
2.6.4. Gıda	16
2.6.5. Çevre ve enerji.....	16
2.6.6. Tarım	16
2.6.7. Savunma	17
2.6.8. Havacılık ve uzay	17
2.6.9. Elektrik teknolojisi ve bilgisayar	17
2.6.10. Kozmetik	18
2.7. Dünyada ve Ülkemizde Nanoteknoloji	18
2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar.....	20

2.8.1. Taramalı elektron mikroskobu	20
2.8.2. Geçirimli elektron mikroskobu.....	21
2.8.3. Taramalı tünelleme mikroskobu.....	22
2.8.4. Atomik kuvvet mikroskobu	23
2.9. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi	24
2.10. Fen Eğitiminde Nanobilim Ve Nanoteknoloji Eğitiminin Önemi.....	26
2.11. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Üniversitelerdeki Yeri ve Önemi	27
2.12. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminde Öğretmen Rolü.....	28
2.13. Nanoteknolojiye Yönelik Tutum.....	29
2.15. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	31
3. YÖNTEM.....	38
3.1. Araştırmanın Modeli	38
3.2. Araştırmanın Evreni ve Örnekleme	38
3.3. Veri Toplama Araçları.....	39
3.4. Verilerin Toplanması.....	39
3.5. Verilerin Analizi.....	40
4. BULGULAR	41
4.1. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojiye Yönelik Tutumlarına İlişkin Bulgular	41
4.2. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Cinsiyet Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular	42
4.3. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Sınıf Düzeyi Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular	44
4.4. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Akademik Başarı Düzeyi Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular	46
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
5.1. Tartışma ve Sonuç	48
5.1.1. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar.....	48
5.1.2. Fen bilimleri öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar.....	51
5.1.3. Fen bilimleri öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar	52
5.1.4. Fen bilimleri öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar	53
5.2. Öneriler.....	54
KAYNAKLAR.....	56
EKLER.....	68

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojiye Yönelik Tutumlarının Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi başlıklı tez çalışmamın toplam **64** sayfalık kısmına ilişkin, 3/02/2022 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%16** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
2. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
3. Önsöz hariç
4. İçindekiler hariç
5. Simgeler ve kısaltmalar hariç
6. Kaynaklar hariç
7. Alıntılar dahil
8. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

4/02/2022

Şeyma ÇALIK BOSTANCI

Doç. Dr. Erhan ZOR

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

4/02/2022

Şeyma ÇALIK BOSTANCI

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Cr- α : Cronbach alfa

f: Frekans

%: Yüzde

N: Örneklem

\bar{X} : Aritmetik Ortalama

s: Standart Sapma

sd: Serbestlik Derecesi

p: Anlamlılık Düzeyi

n²: Eta-kare katsayısı

Kısaltmalar

nm: Nanometre

NBT: Nanobilim ve Nanoteknoloji

DPT: Devlet Planlama Teşkilatı

UNAM: Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi

SUNUM: Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi

SEM: Scanning Electron Microscope

TEM: Transmission Electron Microscope

STM: Scanning Tunneling Microscope

AFM: Atomic Force Microscope

NNI: National Nanotechnology Initiative

NNIN: National Nanotechnology Infrastructure Network

BSTB: T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

BİTAM: Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi

MAM: Marmara Araştırma Merkezi

STEM: Science-Technology-Engineering-Mathematics

NTY-TÖ: Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3. 1. Araştırmanın çalışma grubunu oluşturan öğretmen adaylarının demografik özellikleri.....	39
Tablo 4. 1. Öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları betimsel istatistik sonuçları.	41
Tablo 4. 2. Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının toplam tutum puanlarının dağılım düzeyi.	42
Tablo 4. 3. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanlarının cinsiyet değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.	42
Tablo 4. 4. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarının cinsiyet değişkenine göre t-testi sonuçları.....	43
Tablo 4. 5. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanların sınıf düzeyi değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.	44
Tablo 4. 6. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanların sınıf düzeyi değişkenine göre Tek Yönlü Varyans Analizi(ANOVA) testi sonuçları.....	45
Tablo 4. 7. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanından aldıkları ortalama puanların akademik başarı düzeyi değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.	46
Tablo 4. 8. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanının akademik başarı düzeyi değişkenine göre t-testi sonuçları.	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Makro boyuttan nano boyuta fiziksel bir karşılaştırma.....	5
Şekil 2. 2. Nano sistemde farklı özelliklerin nasıl etkilendiğini gösteren şematik diyagram. ...	6
Şekil 2. 3. Nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki ilişki.	8
Şekil 2. 4. 14. Yüzyılda ortaçağ kiliselerinde vitray pencereler.	10
Şekil 2. 5. British Museum’da bulunan Kral Lycurgus kupası.	10
Şekil 2. 6. Doğada var olan nanoteknolojik örnekler.....	11
Şekil 2. 7. Nanoteknolojinin uygulama alanları.....	13
Şekil 2. 8. Nanoteknolojinin sağlık alanındaki uygulamaları.	14
Şekil 2. 9. Nanoteknolojinin tekstil alanındaki uygulamaları.	15
Şekil 2. 10. SEM’in çalışma prensibi.....	21
Şekil 2. 11. TEM’in çalışma prensibi.	22
Şekil 2. 12. STM’nin çalışma prensibi.....	23
Şekil 2. 13. AFM’nin çalışma prensibi.	24

ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ NANOTEKNOLOJİYE YÖNELİK TUTUMLARININ ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLERE GÖRE İNCELENMESİ

Şeyma ÇALIK BOSTANCI

Bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma nicel araştırma yöntemlerinden biri olan tarama araştırmalarından “kesitsel tarama” yöntemine göre yürütülmüştür. Araştırmanın çalışma grubunu uygun örnekleme kullanılarak belirlenen 2019-2020 eğitim öğretim döneminde öğrenim görmekte olan 199 fen bilimleri öğretmen adayı (170 kız, 29 erkek) oluşturmuştur. Araştırmada veri toplama aracı olarak üç alt bileşenden oluşan (pozitif, negatif ve fayda) “Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği” kullanılmıştır. Verilerin analizi SPSS-21 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde betimsel ve çıkarımsal analizleri yapılmıştır. Tutum ölçeğinden elde edilen toplam puanların ve ölçeğin alt boyutlarından alınan puanların cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyine göre farklılaşma gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla t-testi ve ANOVA kullanılmıştır. Verilerin karşılaştırılmasında anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin analiz edilmesiyle elde edilen sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri öğretmen adaylarının tüm ölçeklerde nanoteknolojiye yönelik ortalama tutum puanlarının $\bar{X}=3,78$ olduğu ve nanoteknolojiye yönelik tutumlarının “yüksek” düzeyde olduğu görülmüştür. Fen bilimleri öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, erkek öğretmen adaylarının, kız öğretmen adaylarından daha yüksek ortalama tutum puanına sahip olduğu tespit edilmiştir. NTY-TÖ'nin pozitif alt boyutunda erkek öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, 3. sınıfta öğrenim gören öğretmen adayları en yüksek ortalama tutum puanına sahip olduğu görülürken, 2. sınıfta öğrenim gören öğretmen adaylarının en düşük ortalama tutum puanına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca NYT-TÖ'nin pozitif alt boyutunda 3. sınıfta öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları ile 2. sınıfta öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları arasında 3. sınıfların lehine anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Fen bilimleri öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, yüksek akademik başarı sahip öğretmen adaylarının düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarından daha yüksek ortalama tutum puanına sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca NTY-TÖ'nin negatif alt boyutunda yüksek başarı düzeyine sahip öğretmenlerin lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır. Verilerin analizi ile elde edilen bulgular literatür kapsamında tartışılarak fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının bilgi düzeylerine, duyumlarına, nanoteknolojinin yararları ve riskleri üzerine algılarına, nanoteknoloji ile okul ve derslerde karşılaşmalarına, akademik başarılarına, bilişsel farkındalıklarına, teknolojiye yönelik ilgi ve isteklerine göre farklılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını arttırmaya yönelik öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanobilim, Nanoteknoloji, Tutum, Fen bilimleri öğretmen adayları.

ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Educational Sciences
Department of Mathematics and Sciences Education
Science Education Program
Master Thesis

INVESTIGATION OF PRESERVICE SCIENCE TEACHERS' ATTITUDES TOWARDS NANOTECHNOLOGY ACCORDING TO VARIOUS VARIABLES

Şeyma ÇALIK BOSTANCI

In this study, it is aimed to examine the attitudes of preservice science teachers' towards nanotechnology according to the variables of gender, grade level and academic achievement level. For this purpose, the study was carried out according to the "cross-sectional survey" method, which is one of the quantitative research methods. The study group of the research consisted of 199 preservice science teachers' (170 girls, 29 boys) studying in the 2019-2020 academic year, which was determined by using convenience sampling. "Nanotechnology Attitude Scale For Preservice Science Fields Teachers" consisting of three sub-components (positive, negative and benefit) was used as a data collection tool in the research. The analysis of the data was made using the SPSS-21 package program. In the analysis of the obtained data, descriptive and inferential analyzes were made. t-test and ANOVA were used to determine whether the total scores obtained from the attitude scale and the scores attain from the sub-dimensions of the scale differ according to gender, grade level and academic achievement level. The level of significance was accepted as .05 in the comparison of the data. When the data obtained in the study were examined, it was seen that the average attitude scores of preservice science teachers' towards nanotechnology in all scales were $\bar{X}=3,78$ and these attitudes were at a high level. When the preservice science teachers' attitudes towards nanotechnology were examined according to the gender variable, it was determined that male preservice teachers' had a higher average attitude score than female preservice teachers'. In the positive sub-dimension of NTY-TO, there is a significant difference in favor of male preservice teachers'. When the attitudes of preservice science teachers' towards nanotechnology according to the class level variable were examined, while it was seen that the preservice teachers' studying in the 3rd year of university had the highest average attitude score, it was determined that the preservice teachers' studying in the 2nd year of the university had the lowest average attitude score. In addition, in the positive sub-dimension of NYT-TO, there is a significant difference between the attitudes of the 3rd year of university preservice teachers' towards nanotechnology and the 2nd year of the university preservice teachers' attitudes towards nanotechnology in favor of the third graders. When the attitudes of preservice science teachers' towards nanotechnology are examined according to the variable of academic achievement level, it is seen that preservice teachers' with high academic achievement have higher average attitude scores than preservice teachers' with low achievement levels. Additionally, there is a significant difference in favor of teacher with high achievement levels in the negative sub-dimension of NTY-TO. The analysis of the data and the findings of the literature discussed in the context of preservice science teachers' attitudes towards nanotechnology to increase the level of knowledge, sensations, and perceptions on the benefits and risks of nanotechnology, nanotechnology with schools and courses, competitions, academic achievement, their cognitive awareness, technology-oriented is concluded that differ according to the interests and wishes. According to the results of the research, suggestions were given to increase the attitudes of preservice science teachers' towards nanotechnology.

Keywords: Nanoscience, Nanotechnology, Attitude, Preservice science teachers'

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Teknoloji çağdaş dünyada, toplumların gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Geçmişten günümüze kadar teknolojinin ilerlemesinin sınırlarını belirlemenin pek mümkün olmadığı ve insanlığın başlangıcıyla birlikte teknolojik gelişmelerin hızla devam ettiği söylenebilir. İnsanların modernleşme çabası nedeniyle günden güne yeni teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Böylece gelişen yeni bir teknoloji, kendinden önceki teknolojilerin etkilerini belirli düzeyde azaltmakta veya bu teknolojilerin ortadan kalkmasına neden olmaktadır (Özer, 2019).

Nanobilim ve nanoteknoloji (NBT) modern araştırmaların başında yer almakla birlikte 21. Yüzyıl devrimi olarak kabul edilmektedir (Sebastian ve Gimenez, 2016). Nanoteknoloji, günümüze kadar geliştirilen teknolojiler arasında maddelere yeni ve farklı özellikler kazandırabilme yeteneği sayesinde günümüz teknolojilerinin en önemlilerinden biri olarak kabul görmektedir. Kimilerine göre toplumsal dönüşümde yeni bir devri ifade eden nanoteknoloji, günümüzde akıllı özellikleriyle birçok ürün ve üretim basamaklarında kullanılmaya başlanılmıştır (Güzeloğlu, 2015).

Nanobilim ve nanoteknoloji nanometre ölçeğinde madde, yapı ve parçacıkların araştırılması, manipülasyonu, mühendisliği ve uygulamasına değinmektedir (Sebastian ve Gimenez, 2016). Nanobilim, bir metrenin milyarda biri ölçeğinde (10^{-9} m) kimya, fizik, biyoloji ve elektronik gibi alanlarda moleküler düzeyde araştırmaları kapsayan disiplinler arası bir alandır (Faber, 2006). Nanoteknoloji ise nano ölçek boyutlardaki yapıların ve bileşenlerin fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri değişen malzeme ve sistemler ile ilgilenmektedir (Erkoç, 2012). Nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki temel fark: Nanobilim nano boyuttaki maddelere teorik olarak odaklanırken, nanoteknoloji ise bu maddelerin uygulamalarına odaklanır (Şenel Zor, 2017).

1.1. Problem Durumu

Yeni bir alanda ilerleme sağlamak olumlu tutum ve görüşlerin geliştirilmesiyle gerçekleşebilecektir. Teknolojiye yönelik bilgi eksikliği bu alanda olumsuz tutumların gelişmesine neden olmaktadır. Bu nedenle olumlu tutumların gelişmesi için teknolojinin tüm boyutlarını kapsayan bilgilendirmeler yapılarak bilgi eksiklerinin giderilmesi gerekmektedir. Teknolojik alanlardan biri olan nanoteknoloji alanında ilerlemenin sağlanabilmesi

nanoteknoloji hakkındaki bilgi seviyelerinin artırılmasıyla gerçekleşecektir (Ekli, 2010). Nanoteknoloji hakkında bilgi eksikliği, öğretmenlerin nanoteknolojiyi fen müfredatının bir parçası olarak entegre etme konusundaki yetersizlikleri ve özgüven eksikliği gibi çeşitli faktörler, nanoteknolojiyi fen sınıflarıyla bütünleştirmeye yönelik olumsuz tutumların oluşmasına yol açabilir (Ghattas, 2015). Ayrıca öğretmenlerin nanoteknoloji hakkındaki bilgileri, onların fen eğitimine yaklaşımlarını ve 21. yüzyılın disiplinler arası en önemli alanlarından biri olarak kabul edilen nanoteknolojiye yönelik öğretim davranışlarını etkileyebilir (Much vd., 2019).

Öğretmenlerin nanoteknolojiye yönelik tutumları ve ilgili içerik, materyal ve etkinliklerin fen sınıflarına entegrasyonu, onların fen sınıflarında uygulamaya yönelik davranışlarını şekillendirmelerini önemli ölçüde etkileyebilir (Ghattas, 2015). Günümüzde NBT eğitimi için de öğretmenlerin eğitiminde bilgi boşlukları vardır. Farkındalığın ilk aşamasında, öğretmenlerin bilgi düzeyleri ve tutumları bir ihtiyaç değerlendirmesi ile belirlenmelidir. Ancak o zaman ileri eğitim, geliştirilecek beceriler, nitelikler planlanabilir ve etkili programlar geliştirilebilir (İpek vd., 2020).

Öğretmenlerin gelişen teknolojiler hakkında sahip oldukları bilgi düzeyi gibi yeterlilikleri öğrencilerin tutumları üzerinde etkili olacaktır. Gelecekteki öğretmenlerimiz olan fen bilimleri öğretmen adaylarının, öğrencilerde nanoteknolojiye yönelik olumlu tutum oluşturabilmeleri için nanoteknoloji hakkında yeterli bilgi düzeyine sahip olmaları, müfredatta yer alan konuları eksiksiz verebilmeleri ve nanoteknolojiyi fen bilimleri konularına dahil edebilmeleri ön koşul oluşturur. 21. yüzyılın teknolojilerinden biri olan nanoteknolojinin etkisiyle, özellikle fen öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları ve okul müfredatlarında uygulanmasına ilişkin araştırma eksikliği nedeniyle, fen öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek ve bunları cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelemektir. Belirtilen amaç doğrultusunda araştırmada şu soruların yanıtları aranmıştır:

1. Fen bilimleri öğretmen adaylarının (1., 2., 3. ve 4. sınıflar) nanoteknolojiye yönelik tutumları nedir?

2. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarında cinsiyete göre farklılık var mıdır?

3. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarında sınıf düzeyine göre farklılık var mıdır?

4. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarında akademik başarı düzeyine göre farklılık var mıdır?

1.3. Araştırmanın Önemi

Literatürdeki nanoteknolojiye yönelik tutum çalışmaları incelenmiştir. Bu doğrultuda nanoteknolojiye yönelik genel toplumun (Chen vd., 2013; Fischer vd., 2012; Kahan vd., 2007; Lee vd., 2005; Macoubrie, 2006; Scheufele vd., 2008), sosyal bilimcilerin (Khalid vd., 2016), ortaokul öğrencilerinin (Ekli, 2010), lise öğrencilerinin (Kim vd., 2011), lisans öğrencilerinin (Nerlich vd., 2007), öğretmen adaylarının (Enil ve Köseoğlu, 2016; Şenel Zor vd., 2019), fen bilimleri öğretmenlerinin (Kim ve Hong, 2010) ve öğrenci ve öğretmenlerin (Much vd., 2019) nanoteknolojiye yönelik tutumlarının araştırıldığı görülmüş ve son yıllarda yapılan birçok çalışmanın da konusu olmuştur. Literatürdeki çalışmaların çoğu halkın nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerine olurken, öğrencilerin ve öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerine yapılan çalışmalar nispeten sınırlı sayıdadır.

Nanoteknolojinin gelecekteki konumunu toplumun nanoteknolojiye yönelik tutumu belirleyeceği düşünülmektedir (Roco ve Bainbridge, 2001). Öğrencilerin ilgisini ve dikkatini nanoteknolojiye çekmek için nanoteknolojiye ait bazı ilginç kavramları onlara tanıtmak önemlidir (Lan, 2012). Fen öğretiminin ilk başta nano ölçekteki olgularla bütünleştirilerek, eğitimi teknolojiye, bilime, sosyal ve beşeri bilimlere uyarlamasının mümkün olacağına inanılmaktadır (Roco ve Bainbridge, 2005). Bu çalışmada geleceğimize yön verecek bilim insanlarını yetiştirecek olan fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının ölçülmesi, nanoteknolojinin yeterince anlaşılması ve gelecekteki konumunun belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

1.4. Varsayımlar

Bu araştırmada;

1. Fen bilimleri öğretmen adaylarının çalışmada kullanılacak veri toplama aracına objektif ve samimi cevaplar verdikleri varsayılmıştır.

2. Öğretmen adaylarının ölçme aracındaki soruları birbirlerinden etkilenmeden cevaplandıkları varsayılmıştır.

1.5. Sınırlılıklar

Bu araştırma;

1. 2019-2020 eğitim öğretim yılı bahar dönemi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalında öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ile sınırlıdır.

2. Bu çalışmanın verileri “Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği” aracılığıyla elde edilecek veriler ile sınırlıdır.

1.6. Tanımlar

Nano: “Nano” ön eki Yunanca cüce kelimesinden türetilmiş olup, bir nanometre bir metrenin milyarda biri ölçeğinde ifade edilmektedir (The Royal Society ve The Royal Academy of Engineering, 2004).

Nanometre: Bir nanometre bir metrenin milyarda biri (10^{-9}) olarak ifade edilmektedir (Wang, 2018).

Nanobilim: Materyallerin atomik ve moleküler ölçeklerde manipülasyonunu ele alan, biyoloji, fizik ve malzeme biliminin birleştiği bir alandır (Bayda vd., 2020).

Nanoteknoloji: Maddeyi nanometre ölçeğinde ölçme, işleme, birleştirme, kontrol etme ve üretme yeteneğidir (Bayda vd., 2020).

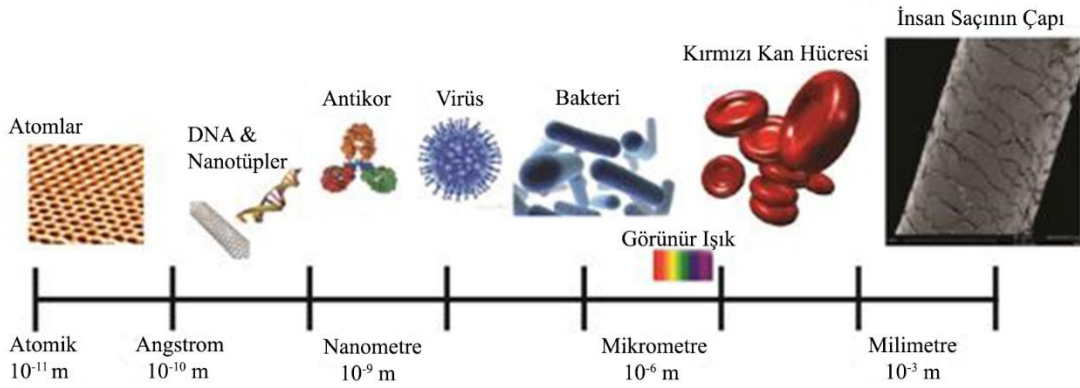
Tutum: Bireyin bir olgu, durum ya da olay karşısında gerçekleştirmesi beklenen olası davranış şeklidir (İnceoğlu, 2010).

BÖLÜM 2

2. ALAN YAZIN

2.1. Nano Nedir?

“Nano” ön eki Yunanca cüce kelimesinden türetilmiş olup, bir nanometre bir metrenin milyarda biri ölçeğinde ifade edilmektedir (The Royal Society, 2004). Ayrıca nano Uluslararası Birim Sistemi’nde (Système international d’unités) 10^{-9} metre ya da milyarda bir anlamına gelmektedir (Balaban, 2018). Bir nanometre bir metrenin milyarda biri olarak ifade edilirken, yaklaşık 1 ila 100 nanometre (nm) arasındaki boyutlar ise nano ölçek olarak adlandırılır (Wang, 2018). Bilim ve teknolojiye, nano ölçekte maddeyi ölçme, kullanma ve düzenleme yeteneğine dayalı bir devrim yaşanmaktadır (Roco ve Bainbridge, 2001). Kullanılabilir bir nanoyapının 1-100 nm büyüklüğünde olduğu göz önüne alınırsa, nanoteknolojinin çalışma alanlarının atomlar ve moleküller düzeyinde yapıldığı görülür (Erkoç, 2012). Nano ölçekte çeşitli maddelerin boyutları düşünüldüğünde tek bir insan saçı yaklaşık 80.000 nm genişliğinde, bir kırmızı kan hücresi yaklaşık 7000 nm genişliğinde, bir virüs yaklaşık 100 nm, bir su molekülü 0.24 nm veya tek katmanlı bir grafenin kalınlığı 0.345 nm olabilir (Balaban, 2018). Ferris (2014), makro boyuttan nano boyuta doğru fiziksel bir karşılaştırmayı Şekil 2.1’deki gibi şematize etmiştir.

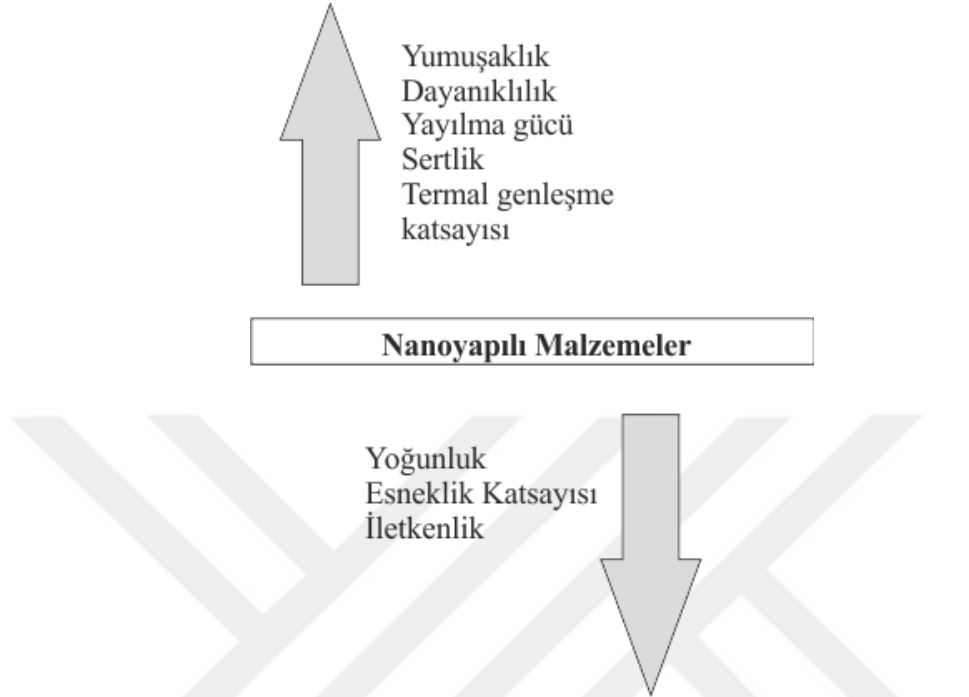


Şekil 2. 1. Makro boyuttan nano boyuta fiziksel bir karşılaştırma.

2.2. Nano Boyuttaki Özellikler ve Nano Boyutun Önemi

Malzemelerin işlevleri ve elektronik özellikleri boyutları ile ilgilidir (Erkoç, 2012). Malzemelerin özelliklerinin büyük ölçeklere kıyasla nano ölçekte farklılıklar göstermesi nedeniyle nano ölçek önemlidir (Soltani vd., 2011). Bir malzemenin boyutu büyük bir boyuttan daha küçük bir boyuta getirildiğinde, özellikler ilk başta aynı kalsa da ardından ufak değişiklikler meydana gelmektedir. Malzemenin boyutu 100 nm’nin altına indiği zaman ise bu malzemelerin özelliklerinde belirgin değişiklikler meydana gelebilir (Bhushan, 2010). Şekil

2.2’de verilen nano malzemelerin özelliklerinde görülen değişiklikler çeşitli işlevsel ve yapısal uygulamalar için keşfedilip uyarlanabilen kullanılabilir ve büyüleyici özelliklere yol açar (Murty vd., 2013).



Şekil 2. 2. Nano sistemde farklı özelliklerin nasıl etkilendiğini gösteren şematik diyagram.

Malzemeler, yeni özellikler ve yeni performans için nano boyutta yapılandırılabilir (Bhushan, 2010). Bu yapılar kontrol edilebildiği zaman ise birçok özellikleri ve işlevleri de kontrol edilebilmektedir (Erkoç, 2012). Malzemelerin nano boyuttaki özelliklerinin makroskopik boyuttaki özelliklerine göre farklılıklar bulunması ve nano boyuta doğru yaklaştıkça birçok çeşitli ve faydalı özelliklerin olması, araştırmacıların nano boyuttaki maddelere yönelik ilgilerinin artmasının temel nedeni olarak görülmektedir (Zor, 2016). Nanoteknoloji alanındaki Ar-Ge faaliyetleri de maddeyi nano ölçekte anlamaya ve kontrol etmeye yöneliktir. Ayrıca nano ölçekte yeni malzemelerin, fenomenlerin ve süreçlerin keşfi ve 20. yüzyılın sonlarında araştırmalar için yeni teorik ve deneysel tekniklerin geliştirilmesi, yenilikçi nano malzemelerin ve nano sistemlerin geliştirilmesi için yeni fırsatlar sağlar (Bhushan, 2010, 2015). Nano ölçekte boyutları uyarlama ve değiştirip düzenleme teknik yeteneği geliştikçe, nano yapıların büyüleyici özelliklerini gerçekleştirmekte mümkün hale gelmiştir (Murty vd., 2013). Böylece nanoteknoloji doğal dünyada nano ölçekli bir kolloid olan süttten, kasları esnetmek, hücrelerin onarımı ve enerjiyi serbest bırakmak gibi biyolojik aktiviteleri kontrol eden karmaşık nano boyutta ve nano yapıları proteinlere kadar çeşitli nano ölçekli yapı örneklerini içerir (The Royal Society, 2004).

Nano ölçekte fen ve mühendislik alanlarında yapılan araştırmalar, günümüzde bilimsel araştırmalara ve teknolojik yeniliklere heyecan katmakla beraber, gelişen disiplinler arası bir alan olan nanobilim ve nanoteknolojiyi oluşturmaktadır (Zor, 2016).

2.3. Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili literatürde çeşitli kavramlar bulunmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji kavramları dünya çapındaki internet ağında birbirinin yerine kullanılsa da, bu kavramların arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Ng, 2009). Nanobilim; maddenin nano ölçekte manipülasyonu ve kontrolü sonucunda meydana gelen olayların bilimsel olarak incelenmesi ve anlaşılmasıdır. Nanoteknoloji ise; nanoteknolojiyi yeni ürünler veya uygulamalar geliştirmek ya da mevcut ürünlerin ve uygulamaların yeteneklerini geliştirmek için nano ölçek aralığında maddenin manipülasyonunu, kontrolünü ve tasarımını sağlayan teknolojiler kümesidir (Baalousha vd., 2014). The Royal Society ve The Royal Academy Engineering (2004) tarafından ise nanobilim “Materyallerin atomik, moleküler ya da makromoleküler ölçeklerde özelliklerinin daha büyük ölçeklerde olan özelliklerinden önemli ölçüde farklılık gösterdiği davranışların ve olayların incelendiği çalışma alanı” olarak tanımlanırken, nanoteknoloji ise “Nanometre ölçeğinde şekil ve boyutlu kontrol ederek, yapıların, cihazların ve sistemlerin tasarımı, karakterizasyonu, üretimi ve uygulamasıdır” şeklinde tanımlanmıştır (s. 5).

Ramsden (2009) tarafından ise nanoteknoloji; temelde yeni özelliklere ve işlevlere sahip malzemeler, sistemler ve cihazlar oluşturmak için nano ölçekte maddelerin kontrollü ve kasıtlı bir biçimde yönlendirilmesi, ölçümü, modellenmesi ve üretilmesi olarak tanımlanmıştır. Bunun yanında nanoteknoloji, nano ölçekte tasarlanmış yapıya sahip malzeme ve cihazlarla ve yoğun hassaslıkla tek tek atomları veya nano ölçekli blokları manipüle eden süreçleri içerir (Ramsden, 2016).

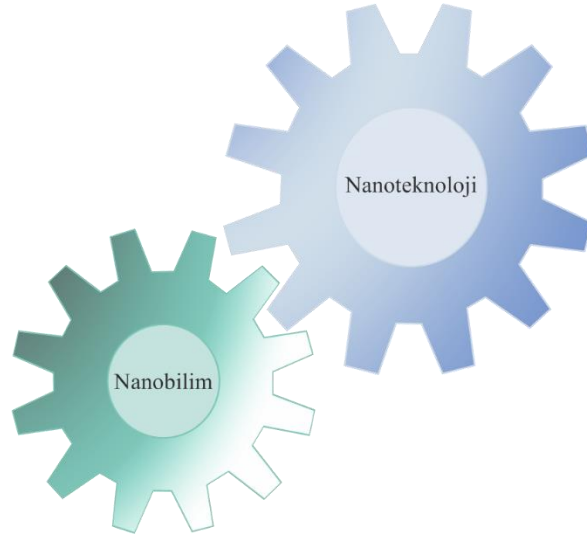
Bhushan (2015) tarafından ise nanoteknoloji; elde edilen nano yapıların daha büyük sistemlerle birleşmesinin yanısıra tek tek atomlardan ya da moleküllerden mikron altı boyutlara kadar farklılaşan ölçeklerde biyolojik, kimyasal ve fiziksel sistemlerin nano üretimi ve uygulaması olarak tanımlanmıştır.

Roco (2002) tarafından nanoteknolojinin özü; küçük yapılarından dolayı temelde yeni özelliklere ve işlevlere sahip malzemeler, sistemler veya cihazlar oluşturmak, işlemek ve

kullanmak için yaklaşık 1 ila 100 nm aralığındaki uzunluk ölçeğinde atomik, moleküler ve moleküler üstü seviyelerde çalışabilme yeteneği olarak tanımlanmıştır.

Ngô ve Voorde (2014) tarafından ise nanoteknoloji; sadece nano ölçekte materyalleri anlama ve manipüle etme yeteneği değil, aynı zamanda ürünlerin yapıma şeklini değiştirmek ve sağladıkları işlevde adım değişikliği sağlamak için yeni bir teknolojinin kullanım şekli olarak tanımlanmıştır.

Nanobilim ve nanoteknoloji için çeşitli tanımlar yapılsa da, bu tanımlar incelendiğinde ortak noktalar içerdiği görülmektedir. Bu doğrultuda nanobilim kavramı; maddelerin nano boyutlardaki özelliklerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Nanoteknoloji kavramı ise maddelerin nano boyutlardaki özelliklerinden yararlanılarak yeni ürünler oluşturmayı ya da olan ürünlere yeni özellikler kazandırmayı hedefleyen bir bilim dalı şeklinde tanımlanabilir. Yapılan bu tanımlara göre nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki temel farkın, nanobilimin nano boyuttaki maddelere yönelik teorik kısımlara odaklanırken, nanoteknolojinin ise nano boyuttaki maddelerin uygulama kısmına odaklanması olarak düşünülebilir (Şenel Zor, 2017). Bu doğrultuda nanobilim ve nanoteknoloji iki dişli çark gibi birbirine geçmiştir ve bu çarkların deviniminin devam etmesi için nanobilim ve nanoteknolojinin birbirine ihtiyacı vardır (Akdeniz, 2017).



Şekil 2. 3. Nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki ilişki.

2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Kısa Tarihçesi

Malzemelerin benzersiz özellikleri ultra ince partikül boyutlarından dolayı 20. yüzyılın başlarında fark edildi (Murty vd., 2013). Amerikan Fizik Derneği (American Physical Society) tarafından 1959 yılında Pasadena’da düzenlenen bir konferansta ünlü fizikçi Richard P.

Feynman “Aşağıda Daha Çok Yer Var” (There is Plenty of Room at the Bottom) başlıklı konuşması ile nanobilim ve nanoteknolojinin ilk temelleri atılmaya başlanmıştır. Feynman bu konuşmasında “Britanica ansiklopedisinin yirmi dört cildinin tamamını neden bir toplu iğne başına yazamayalım?” sorusunu sormuş, atomları yeniden organize etme, daha küçük yazma, küçük ölçekli bilgi, daha iyi elektron mikroskopları, muhteşem biyolojik sistem, bilgisayarları minyatürleştirme, buharlaşma yoluyla minyatürleşme, küçük bir dünyadaki atomlar ve atomları yeniden düzenlemek gibi konuları öngörmüştür (Feynman, 1960, 1992). Bu konuşması ile Feynman, nanoteknolojinin daha sonraki gelişimi için bir pencere açmıştır. Bilim insanları on yıllık bir çalışmanın ardından nanometre seviyesindeki malzemelerin özel özelliklere sahip olduğunu ve geleneksel malzemelerden farklı davranışları gösterebileceğini keşfetmişlerdir (Tarnag vd., 2011). Feynman’ın konuşmasından yaklaşık on beş yıl sonra nanoteknoloji terimini ilk kez Japon bilim insanı Norio Taniguchi “Nanoteknolojinin Temel Konsepti Üzerine” (On the Basic Concept of ‘Nanotechnology’) adlı makalesinde bir nanometre düzeyinde meydana gelen süreçleri tanımlamak için kullanılmıştır (Hulla vd., 2015; Sandhu, 2006; Taniguchi, 1974). Bunların ardından 1981 yılında IBM’de Zürih araştırma laboratuvarında Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından taramalı tünelleme mikroskobu icat edilerek nanoteknolojinin gelişiminde önemli bir adım atılmıştır (Yakar, 2018). K. Eric Drexler ise nanoteknoloji alanında 1986 yılında yayınladığı “Motorların Yaratışılı: Nanoteknolojinin Yaklaşan Çağı” (Engines of Creation: The coming Era of Nanotechnology) adlı kitabında nanoteknoloji ile malzemeleri daha küçük ve daha dayanıklı hale getirerek nano devreler ile nano makineler inşa edilebileceği fikrini ortaya atmıştır (Drexler, 1986). Ardından 1989 yılında Stanford Üniversitesi’nde Nanoteknoloji Üzerine İlk Öngörü Konferansı (The First Foresight on Nanotechnology) gerçekleştirilerek teknik ve kültürel konular ele alınmıştır (Drexler vd., 1991).

Modern nanobilim ve nanoteknoloji hayatımızda yeni bir alan olarak görülse de, nano malzemeler yüzyıllardır kullanılmaktadır (Zor, 2016). “Nano çağ” başlamadan önce de insanlar çeşitli nano boyutlu nesnelere ve bunlarla ilgili nano düzey süreçleri ile karşılaşmış ve bunları uygulamalarında kullanıyorlardı (Tolocko, 2009). Alternatif büyüklükteki altın ve gümüş parçacıkları yüzlerce yıl öncesinde ortaçağ kiliselerinin vitray pencerelerine renk katmıştır (Ban ve Kocijancic, 2011). Şekil 2.4’te ortaçağ döneminde vitray müzesinde yer alan bir pencere verilmiştir (The Stained Glass Museum, 2020).



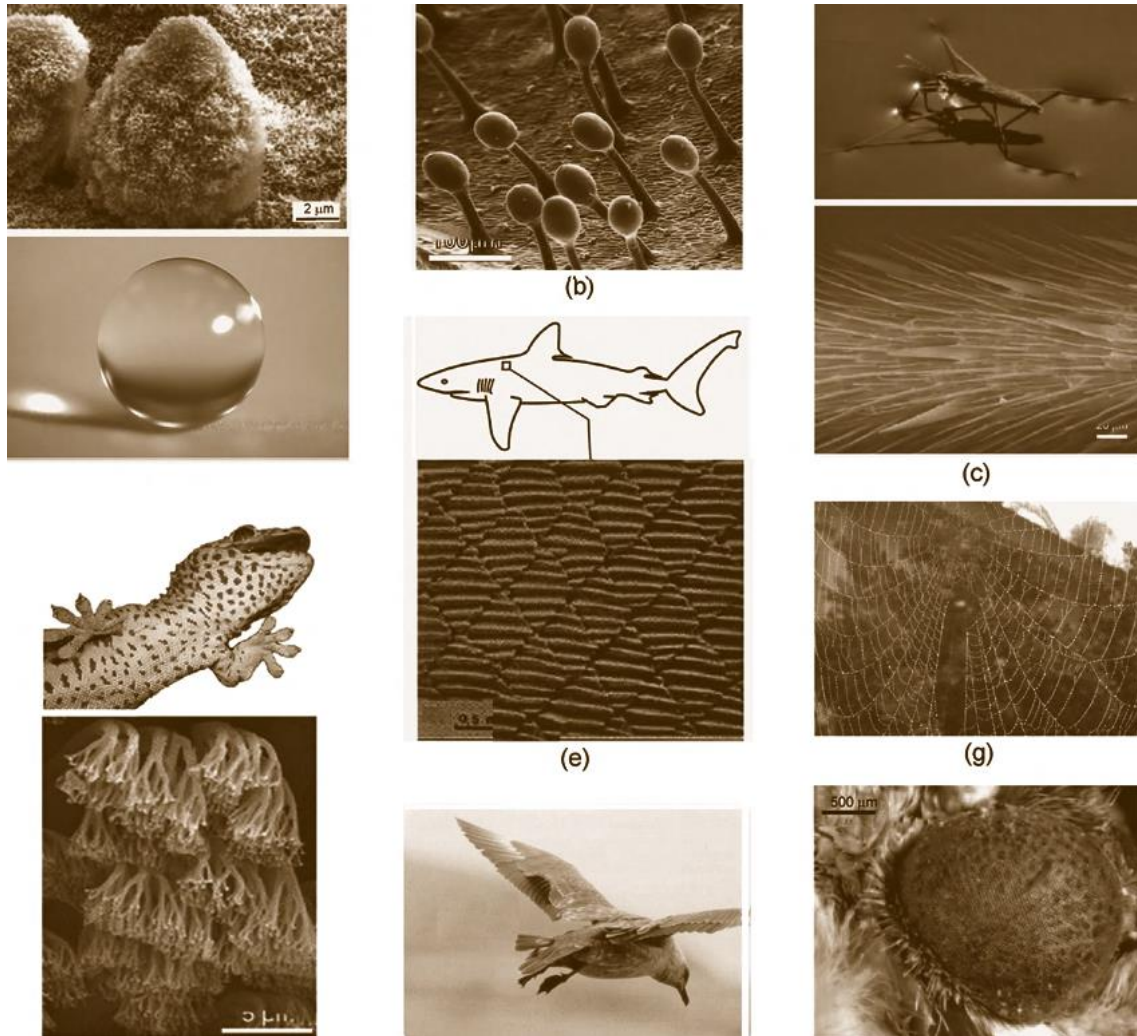
Şekil 2. 4. 14. Yüzyılda ortaçağ kiliselerinde vitray pencereler.

Şekil 2.5'te gösterilen “Kral Lycurgus Kupası” (Lycurgus Cup) İngiliz müzesinde bulunmaktadır (National Nanotechnology Initiative (NNI), 2020a). Bu kupanın imalat metodu, işçiliği ve camın sergilediği alışılmadık optik efektlerden dolayı eski cam endüstrisinin olağanüstü başarılarından birini temsil etmektedir (Freestone vd., 2007). Kral Lycurgus Kupası MÖ. 4. yüzyılda yakut camından yapılmıştır. Bu kupa yansıyan ışıkta bakıldığında yeşil renkte görünürken, kupaya bir ışık parladığında ve kupanın içinden geçtiğinde ise kırmızı renkte görünür (Leonhardt, 2007).



Şekil 2. 5. British Museum'da bulunan Kral Lycurgus kupası.

Atalarımız yüzyıllar önce çeşitli malzemeler ve cihazlardan ilham almak ve geliştirmek için doğayı incelemişlerdir. Doğa, yaygın olarak kullanılan malzemeleri kullanarak yüksek performanslı nesnelere geliştirmiştir. Doğada bulunan nesnelere ve süreçlere tarafından sağlanan işlevlerin anlaşılması, nanomalzemeleri, nanocihazları ve süreçleri taklit etmemize ve üretebilmemize yardımcı olabilir (Bhushan, 2009). Biyolojik olarak doğadan fikir alma, onları taklit etme ve uygulamaları “biyomimetik” olarak adlandırılır. Yunanca “Biomimesis” kelimesinden türeyen “Biyomimetik” kelimesi yaşamı taklit etmek anlamına gelir (Bhushan ve Jung, 2008). Şekil 2.6’da Bhushan (2010) tarafından nanoteknolojik gelişmeler için ilham kaynağı olan Lotus (beyaz nilüfer) bitkisi, Geko kertenkelesi, köpek balığı derisi ve kuşun kanatları gibi çeşitli nanoteknoloji uygulamaları verilmiştir.



Şekil 2. 6. Doğada var olan nanoteknolojik örnekler.

Teknolojik gelişmelere ilham kaynağı olan ve doğada var olan bazı nanoteknolojik örnekler: a) lotus etkisi yaratan nano boyuttaki tüycükler, (b) böcekleri tuzaklayarak yakalamak için yapıştırıcı salgılayan etçil bitkilerin salgı bezleri, (c) su üzerinde durabilen bir eklem bacaklı olan “water strider” isimli gerid böceği, (d) geko kertenkelesinin ayakları (BR-brach (dallanan yapı) ve SP-spatula şekilli kısmı), (e) köpek balığının hızlı hareket etmesini sağlayan pul yapısı, (f) su yüzeyine inen bir kuşun ıslanmayan kanatları, (g) ipekten yapılmış örümcek ağı, (h) güvelerin anti-yansıtıcı gözleri

Lotus etkisini taklit etmekte biyomimetik alanına giriyor (Bhushan ve Jung, 2008). Lotus yaprağının suyu itme kabiliyeti, doğadan esinlenen nanoteknolojinin bir örneği olarak yaygın şekilde gösterilmektedir (Wickson, 2008). Lotus bitkisi kirli ortamlarda yaşamasına rağmen, yaprağın yüzeyinde mikro ve nano boyutlarında bulunan tüycükleri sayesinde yaprakları sürekli temiz kalan bir bitkidir. Bu özellik tüycüklerin hidrofobik yüzey oluşturmasıyla beraber yaprağın üzerinde su damlalarının tutunamamasından dolayı, su damlacıklarının yaprağın üzerinden kayarken kir, toz gibi maddeleri de beraberinde götürmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Lotus bitkisi, nanobilim alanında çalışan araştırmacıları çeşitli yüzeylerin kuru kalması ve kendi kendini temizleyebilme özelliğinin kazandırabilmesi açısından çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir (Zor, 2016).

Köpekbalıklarının derisinde bulunan çok küçük boyuttaki dişe benzeyen pullar sayesinde köpekbalıkları suyun yüzeyinde çok verimli bir şekilde hareket ederler. Bazı firmalar köpekbalıklarının bu özelliklerinden esinlenerek vücut mayoları geliştirmiştir. Aynı zamanda çeşitli denizaltı, bot ve gemi üreticisi bu özelliklerden faydalanarak araçlar geliştirmeye çalışmaktadır (Bhushan, 2010). Örümcek ve kertenkele (geko) gibi birçok canlıların ayaklarında bulunan tüye benzeyen nano eklentiler, bu canlıların hareket etmelerini ve yüzeylere tutunmalarını sağlamaktadır (Zor, 2016). Bu özelliklerden esinlenerek yeniden kullanılabilen yapıştırıcılar, bantlar, tutturucular ve oyuncaklar gibi günlük nesnelere ve uzay uygulamaları gibi yüksek teknolojilerde kullanılabilen nesnelere geliştirilebilir. Ayrıca kertenkelenin dinamik tırmanma ve soyulma yeteneğinin kopyalanması ile duvara tırmanabilen robotların basamaklarında da kullanılabilir (Bhushan, 2010).

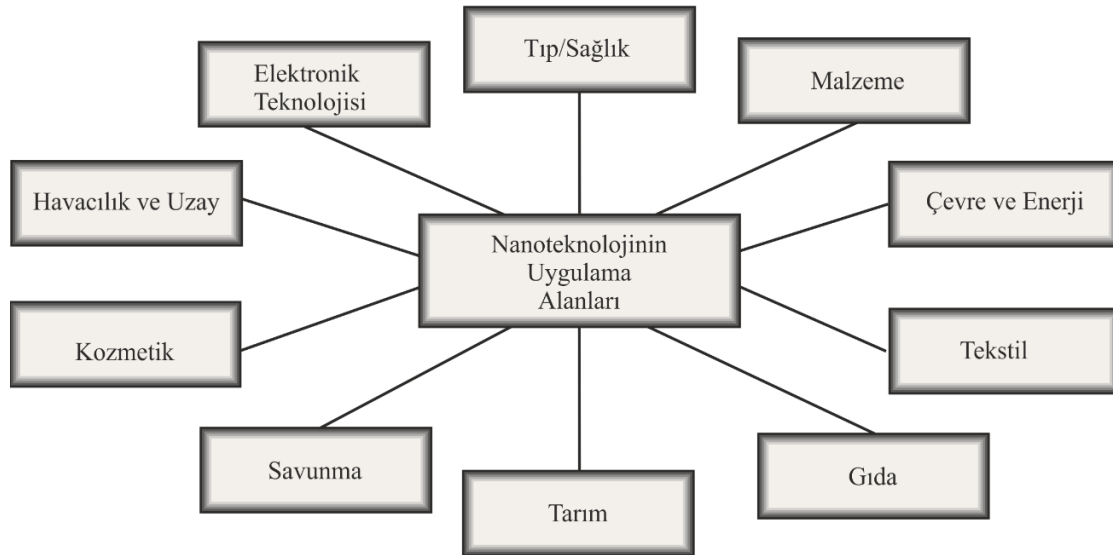
2.5. Nanoteknolojinin Genel Amaçları

Nanoteknolojinin çok disiplinli bir doğasının olması, bu alanda yapılan buluşların ayırt edici bir özelliği olarak ortaya çıkmaktadır. Nanoteknoloji fizik, kimya, biyoloji, eczacılık, bilgisayar bilimi, malzeme bilimi ve diğer disiplinler gibi çok çeşitli disiplinleri içerir (Manjunatha vd., 2016; Singh, 2017). Nanoteknoloji yeni özelliklerin birleşmesi ile malzemeler oluşturabilme imkanı sağlaması ve nano ölçekte tasarlanan cihazların daha az malzeme ve enerji kullanarak karakteristik boyutlarının azaltılarak işlevlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Ramsden, 2016). Nano ölçekli bilim ve en temel düzeyde mühendislik tüm canlı sistemlerin ve insan yapımı ürünlerin temelini oluşturan atomik ve moleküler yapılar gibi benzersiz bir anlayış ve kontrol sağlamaktadır. Nanoteknolojinin en genel amaçları ise artan

çalışma verimliliği, moleküler tıptaki ilerlemeler, artan insan potansiyeli ve sürdürülebilir kalkınmanın sınırlarının genişletilmesidir (Roco, 2003).

2.6. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları

Yaşam tarzının hızla değişmesi ve gelişmesi ile birlikte insanların iş yükünü azaltmanın yanında işlerini minimum çaba göstererek ve daha hızlı yapmalarına olanak sağlayacak daha güvenli, daha hızlı, daha küçük ve daha ucuz ürünlere yöneldiği görülmektedir. Bu tür ürünlerin oluşturulmasında ve geliştirilmesinde ise nanoteknoloji önemli bir role sahiptir (Patra ve Gouda, 2013). Nanoteknoloji temel laboratuvar araştırmalarından nano geliştirilmiş tüketici ürünleri ve endüstriyel süreçler yaratmaya doğru ilerlemektedir (Winkelmann, 2016). Bu alandaki yapılan araştırmalar ve yenilikler, nano malzemeler ve nano üretim, tıp ve sağlık hizmetleri, nano elektronik, bilgi teknolojisi, ulusal güvenlik, enerji, biyoteknoloji, havacılık ve uzay, gıda sektörü, kozmetik ürünler, tekstil ve tarım gibi alanlarda atılımlara yol açmaktadır (Bhushan, 2015; Erkoç, 2012; Singh, 2017; The Royal Society, 2004; Yakar, 2018). Nanoteknolojinin insan hayatında günlük yaşamı etkileyen çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır (Nasrollahzadeh vd., 2019). Şekil 2.7’de nanoteknolojinin uygulama alanları verilmiştir.

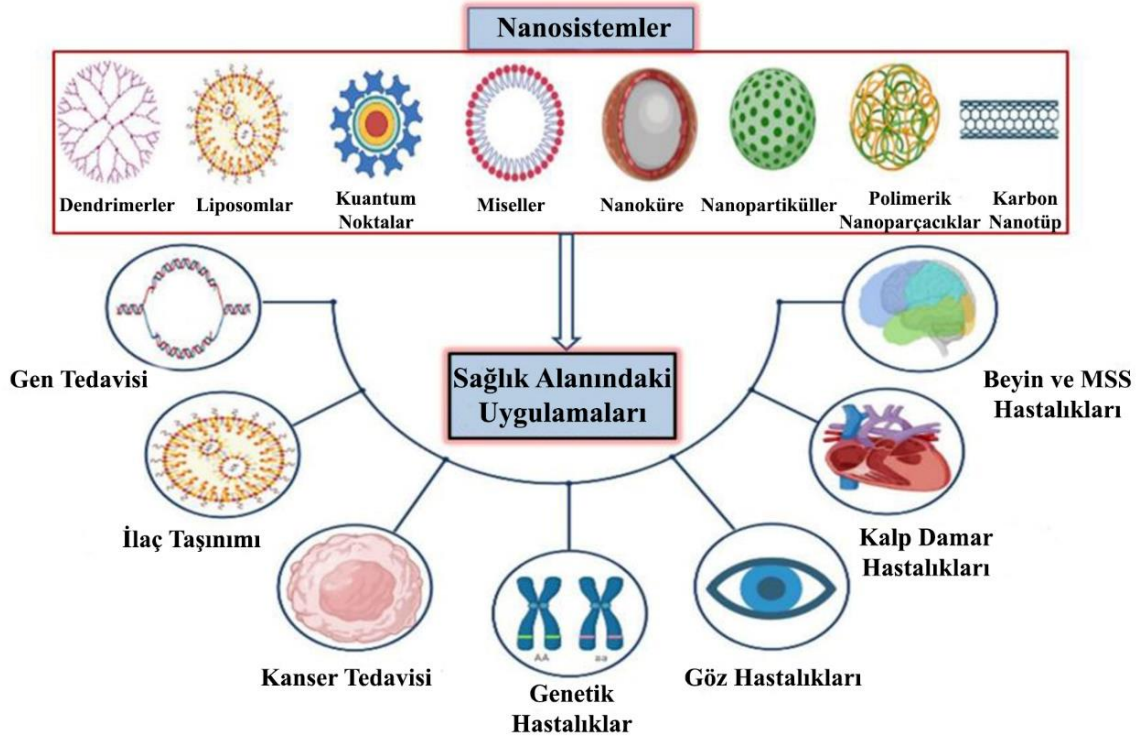


Şekil 2. 7. Nanoteknolojinin uygulama alanları.

Bu alanların bazıları aşağıda açıklanmaktadır:

2.6.1. Tıp

Nanoteknolojinin tıpta uygulaması olan nano tıpta hastalıkların teşhisi, takibi ve önlenmesi için nano ölçekte tasarlanan malzemeler ve elektronik biyosensörler kullanılmaktadır. Nanoteknoloji ile üretilen nano partiküller ve nano sensörler hastalıkların doğru teşhisi ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır (Yakar, 2018). Üretilen nano malzemeler sayesinde biyomedikal alanda tanı amaçlı görüntüleme veya ilaçların fizyolojik ortamda taşınması gibi çeşitli sorunlara çözüm bulunmaktadır. Bunun yanında kanser hastaları için nano boyutta teröpatik ajanların kullanılarak hedef dokuya etkin bir şekilde ulaşmayı sağlar (Mi vd., 2016). Bu noktada nano ölçekte mühendislikten yararlanarak kanser tedavileri için daha etkili üretim yapma fikri, normal hücrelere zarar vermeden kanser hücrelerinin tercih edilerek yok edilmesi ile bir deva etkisi yaratmaktadır (Misra vd., 2010). Anjum vd., (2021), nanoteknolojinin sağlık alanlarındaki uygulamalarını Şekil 2.8'deki gibi şematize etmişlerdir.



Şekil 2. 8. Nanoteknolojinin sağlık alanındaki uygulamaları.

2.6.2. Malzeme

Günümüz teknolojisi olarak görülen nanoteknoloji, nano malzemelerin ve yapıların tasarlanması, üretilmesi ve uygulanması ile ilgilenen bilim dalıdır (Perker, 2010). Yapıların nano ölçekte tasarlanması ve üretilmesi gelişmiş malzemelerin veya çok işlevli uygulamaların ve yapısal malzemelerin geliştirilmesinde önemli faktörler olarak görülür. Nanoteknolojinin var olan ürünlerin fiziksel özelliklerinin (manyetik duyarlılık, korozyon direnci, ışıkla etkileşim,

elektriksel iletkenlik, biyouyumluluk, aşınma direnci, su ve yağ iticiliği ve sürtünme kontrolü) çeşitliliğini, etkinliğini ve sayısını arttırdığı düşünülmektedir. Bu nedenle nanoteknoloji, yeni ürünler için yenilikçi bir temel olarak görülür (Stegmaier vd., 2007).

2.6.3. Tekstil

Nanoteknoloji yeni ve benzersiz özellikleri sayesinde araştırmacıları ve bilim insanlarını tekstil sektörüne çekerek bu alanda önemli yeniliklere ve gelişmelere yol açmıştır (Patra ve Gouda, 2013). Bu gelişmeler ile tekstil endüstrisinde nanoteknolojinin faydaları görülmektedir (Asif ve Hasan, 2018). Tekstil ürünlerine antibakteriyel özellikler, kırışıklık önleme özellikleri, iletkenlik, ışık yönlendirmesi ve saçılması gibi belli işlevlere sahip olacak şekilde nano mühendislik işlemleri yapılabilir (Yetisen vd., 2016). Ayrıca nanoteknoloji kullanarak yumuşaklık, aşınma direnci, yüksek dayanıklılık, yırtılmaya karşı dayanıklılık ve buruşmaya karşı direnç gibi gelişmiş kumaş özelliklerini elde etmek amacıyla çeşitli kumaş uygulamalarında geliştirilmiştir. Bu alandaki uygulamalara örnek olarak tıbbi kumaşlar, UV ışınlarından koruyucu giysiler, askeri kıyafetler, elektronik tekstil, klima kontrollü giysiler, kompozit kumaş ve malzemeler, kamuflaj ve çadırlar verilebilir (Patra ve Gouda, 2013). Yetisen vd. (2016) nanoteknolojinin tekstil alanındaki uygulamalarını Şekil 2.9'da ki gibi şematize etmiştir.



Şekil 2. 9. Nanoteknolojinin tekstil alanındaki uygulamaları.

2.6.4. Gıda

Nanoteknolojinin tüm gıda endüstrisinde gıdanın üretilme, işlenme, paketlenme, tüketilme ve taşınma yönünde şekillerini değiştireceği tahminler bulunmaktadır (Manjunatha vd., 2016). Bu alanda gıda şirketlerinin daha dayanıklı, daha güvenli ve daha ucuz ürünler tasarlayarak üretmesi beklenmektedir (Yakar, 2018). Endüstriyel gıda hazırlama ve dağıtımındaki en büyük sorunlardan birisi ürünleri insan tüketimine uygun ve taze tutmaktır. Nanoteknolojinin gıda endüstrisindeki uygulamalarından birisi de ambalajların etkin bir şekilde bariyer görevi görerek yiyeceklerin uzun süre taze tutulmasını sağlayacak paket geliştirmektir (Ramsden, 2014). Bu doğrultuda geliştirilen nano sensörler sayesinde paketin içerisindeki yiyecek bozulmaya başladığında ya da kirlendiğinde bir uyarı vermekte ve gıdalarda bulunan toksinleri tespit edilebilmektedir (Yakar, 2018).

2.6.5. Çevre ve enerji

Nanoteknolojinin çeşitli alanlardaki başarısına benzer şekilde, nano ölçekli malzemeler, hem kirleticileri tespit ederek onları önlemek ve yok etmek için bu malzemelerin doğrudan uygulanmasıyla hem de çevreye duyarlı ürünler geliştirerek ve temiz endüstriyel süreçler tasarlayarak nanoteknolojiyi dolaylı yoldan kullanarak çevreyi iyileştirme etkisine sahiptir (Mansoori vd., 2008). Bu etkiler doğrultusunda nanoteknoloji çevre kirliliğini azaltmak ve mevcut kirleticileri temizlemek amacıyla katalizörler veya alternatif enerji kaynakları ve filtreler kullanarak çevreyi dolaylı olarak koruyacaktır (Manjunatha vd., 2016). Bu alanda son zamanda yaşanan ilerlemeler, gelişmiş su ve atık teknolojisinin geliştirilmesi için yeni olanaklar sağlayabilir (Pathakoti vd., 2018). Aynı zamanda su arıtımında kullanılan tekniklere benzer olarak hava kirliliğini önlemek amacıyla nano filtreler ve nano sensörler geliştirilebilir (Mansoori vd., 2008).

2.6.6. Tarım

Nanoteknolojinin başlıca etkisi, tarıma daha fazla hassasiyet kazandırmaktır. Bu hassasiyet doğrultusunda nano özellikli mikroişlemciler, nanoteknoloji destekli işlem gücüne sahip robotlar ve nanogübreler geliştirilerek kullanılabilir (Ramsden, 2014). Geliştirilen akıllı dağıtım sistemleri ve akıllı sensörler, tarım endüstrisinde virüsler ve diğer mahsul patojenleri ile savaşmaya yardımcı olacaktır. Bunlara ek olarak akıllı sensörlerin yardımıyla hassas tarım, doğru bilgilere ulaşılmasını sağlayarak tarım alanındaki verimliliği artırarak çiftçilerin daha iyi karar almasına yardımcı olmayı sağlamaktadır (Manjunatha vd., 2016). Bu karar

nanoteknoloji ile bitkilerin büyüme kabiliyeti artırılarak hasat zamanı en yüksek performans elde edilecek şekilde verilir (Mousavi ve Rezaei, 2011).

2.6.7. Savunma

Nanoteknoloji askeri cephanenin aynı performansa sahipken ve geliştirilirken ağırlık ve boyut bakımından azaltılabildiği son yöntem olmakla beraber sivil dünyada hızla yaygınlaşan ve bulunan video gözetim teknolojisini de kapsamaktadır (Ramsden, 2014). Savunmada nanoteknoloji uygulamaları silahlanma elektroniği, sensörler ve dönüştürücüler, akıllı giyim sistemi, patlayıcılar ve itici gazlar, akıllı malzemeler, nano robotlar ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Kharat vd., 2006). Bu uygulamalar bireysel savaşçılar için ultra hafif giysiler ve ayakkabılar üretmek (Ramsden, 2012), vücut zırhlarında, hava filtrelerinde ve işlemcilerden ekranlara kadar çeşitli özelliklere sahip malzemeler oluşturmaktır (Tiwari, 2012).

2.6.8. Havacılık ve uzay

Çeşitli sektörlerde kullanılan ve gelecekte de kullanılması beklenen nano yapılı malzemelerin ve nano sensörlerin güvenlik talebinin yüksek olduğu havacılık endüstrisinde de kullanılacağı neredeyse kesindir. Uzay uygulamalarına odaklanıldığı zaman minyatürleştirmeye doğru bir eğilimin olduğu söylenebilir. Tv istasyonları, internet, cep telefonları ve diğer yerel uygulamaların uydu gerektirmesinden dolayı Dünya'nın yörüngesinde dönen uydulara ihtiyaç artmıştır. Uyduların yörüngeye oturtulmaları, oraya tutunmaları ve kullanım dışı bırakıldıkları zaman daha az kirliliğe neden olmasından dolayı şirketler uyduların boyutlarını küçültmeye çalışmaktadırlar (Mamalis, 2007). Bunların yanında nano yapılı malzemeler daha sağlam, sıcaklığa karşı daha dayanıklı ve daha hafif olmalarından dolayı uzay istasyonlarının ve roketlerin yapımında önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (Erkoç, 2012).

2.6.9. Elektrik teknolojisi ve bilgisayar

Nanoteknolojinin gelişimine yönelik orijinal fikir mikroelektronik alanından ve bunun bilgisayar sistemlerindeki uygulamalarından gelmektedir. Bu üretim konseptine göre, parçacıkların boyutu küçüldükçe, üretim maliyetleri azalır ve üretkenlikte o kadar fazla olur. Nanoteknolojide bu alanda yapılan mühendislik araştırmalarından ortaya çıkan ticari olanakların yararlı bir şekilde sınıflandırıldığı çeşitli disiplinlerle gerçekleştirilen teknolojik gelişmeler sayesinde mümkün hale gelmektedir (Mamalis, 2007).

2.6.10. Kozmetik

Mısır döneminden itibaren, nano malzemeler makyaj ve cilt bakım ürünlerinin hazırlanmasında, başlangıçta zanaat becerileriyle, ancak bugün teknolojinin dikkatli bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanmasıyla kullanılmaktadır (Ngô ve Voorde, 2014). Günümüzde ise nano materyaller bazlı kozmetik ürünleri giderek daha popüler hale gelmektedir. Güneş kremleri, kişisel bakım ürünleri ve yaşlanma karşıtı ürünler ticari olarak mevcut bulunmaktadır. Nano partiküller sayesinde kremler cilt üzerinde daha homojen bir şekilde yayılabilmektedir. Ayrıca ultraviyole ışık spektrumunda daha etkili adsorpsiyon sağlanmaktadır (Murty vd., 2013).

2.7. Dünyada ve Ülkemizde Nanoteknoloji

21. yüzyıl aynı zamanda üretim teknolojisi olarakta adlandırılmaktadır (Boca, 2018). Dünyada tarım, otomotiv, inşaat, tekstil, gıda ve ilaç gibi çeşitli alanlarda nanoteknoloji üzerine üretim yapan yaklaşık olarak 2500 şirket ve 8900 nano ürün bulunmaktadır (Nanotechnology Products Database, 2020). Nano ürünler aracılığıyla günlük yaşamımızın büyük bir parçası haline gelen nanoteknolojinin öneminin erken kavranmasından dolayı bu teknolojiye ayak uydurmak zorunda olan dünyanın gelişmiş ülkeleri bu alana oldukça yüksek bütçe ayırmış ve Ar-Ge harcamalarını arttırmışlardır (NNI, 2020b; T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı [BSTB], 2017). Nano ürünlerin ülkelere göre dağılımı incelendiğinde en fazla ürünün Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Çin'de olduğu görülürken, ürün çeşitliliğinin ise en fazla sensör, inşaat malzemeleri, cilt bakımı, ilaçlar, tıbbi malzemeler, su ve atıksu alanında olduğu görülmektedir (Nanotechnology Products Database, 2020).

Amerika Birleşik Devletleri tarafından 2000 yılında kurulan Amerika Ulusal Nanoteknoloji Girişimi (National Nanotechnology Initiative), dünya çapında nanoteknoloji inovasyonunu belirleyen bir Ar-Ge girişimidir (NNI, 2020b). Bu girişimin amacı, akademi, özel sektör ve yerel, eyalet ve federal hükümetlerin nanoteknolojinin potansiyel sosyal ve ekonomik faydalarından yararlanmak için nanobilim ve nanomühendisliğin sınırlarını zorlamak için birlikte çalıştığı geniş tabanlı bir koalisyon oluşturmaktır (Bhushan, 2017). Ardından Japonya (2001), Kore (2001), Avrupa Birliği (2002), Almanya (2002), Çin (2002), Tayvan (2002) gibi 2001-2004 yılları arasında 60'tan fazla ülke ulusal düzeyde nanobilim ve nanoteknoloji programları oluşturuldu (Roco, 2011).

Nanoteknolojinin gelişimi için uzun vadeli bir vizyon tanımlamak, nanoteknolojinin temelde yeni bir bilimsel ve mühendislik yaklaşımı olarak hızla ortaya çıkması ve toplumsal refah üzerindeki geniş etkilerinden dolayı kritiktir (Roco, 2011). Bu doğrultuda ABD 2004 ve

2011 yıllarında iki adet strateji planı yayınlamış ve ardından 2014 yılında NNI tarafından bu plan güncellenmiştir. Japonya ise 2001-2005 ve 2006-2010 yılları arasında hazırladığı politikalarda nanoteknolojiye yer vermiştir. Avrupa Birliği Horizon 2020 kapsamında ise nanoteknoloji planları hazırlamaları amacıyla çeşitli nanoteknoloji alanlarında faaliyet gösteren Avrupa Ortak Teknoloji Platformu belirlenmiştir. Bu doğrultuda ortaklaşa bir şekilde Nanofutures 2014-2020 nanoteknoloji yol haritası çizilmiştir. 2015 yılında ise Almanya nanoteknoloji strateji planı hazırlayarak çalışmalarına başlamıştır (BSTB, 2017). Bu alandaki yenilikleri takip etmek amacıyla Rusya'da ise 2011 yılında RusNANO kurulmuştur (RUSNANO, 2020). Ülkemizde ise 2004 yılında yayınlanan Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları-Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde oluşturulacak ileri teknoloji ürünlerine yeni özelliklerin kazandırılması için bilimsel ve teknolojik yeterliliğe sahip olunması gereken öncelikli stratejik teknolojik alanlardan birisi de nanoteknoloji olarak belirtilmiştir (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu [TÜBİTAK], 2004).

Ülkemizde NBT alanında hazırlanan strateji planının ardından Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından hazırlanan Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda nanoteknolojinin geleceğe yönelik olarak öne çıkan alanlardan biri olduğu ve öncelikli alanlardan biri olarak destekleneceği ifade edilmiştir (DPT, 2006). Bu gelişmelerin ardından DPT Müsteşarlığı tarafından Bilkent Üniversitesi'nde sunulan Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) projesi aracılığıyla ulusal bir nanoteknoloji merkezi kurmak için destek sağlanarak 2005 yılında bu projeye başlanmıştır. 2007 yılında ise Bakanlar Kurulu Kararı ile UNAM Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü'ne dönüştürülmüştür. Böylece UNAM Türkiye'de ulusal bir mükemmeliyet merkezi olarak gelişecektir (Çıracı, 2007). 10.464 m²'lik bir alana kurulmuş UNAM, 87 laboratuvar ve 421 araştırmacı ve personeliyle Türkiye'de ulusal laboratuvar olarak birinci sırada yer almaktadır (UNAM, 2020). Ülkemizde yapılan bir diğer yatırım ise 2011 yılında DPT ile Sabancı Vakfı'nın katkılarıyla kurulan Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM)'dir (SUNUM, 2016). 2017 yılında Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2018)'nda, Türkiye'de nanoteknoloji alanında 22 üniversitede yüksek lisans ve 10 üniversitede doktora programı, 24 üniversite bünyesinde toplam 34 nanoteknoloji araştırma merkezi ve TÜBİTAK bünyesinde Marmara Araştırma Merkezi (MAM) bulunduğu ifade edilmiştir (BSTB, 2017). Günümüzde nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili ülkemizde ve dünyada çok sayıda araştırma merkezi kurulmuş olup bu alanlarda kongre, konferans, çalıştay

ve toplantıların sayıları giderek artmakta ve araştırmacılar tarafından büyük bir ilgi ile takip edilmektedir (Zor, 2016).

Kalkınma Bakanlığı tarafından 2013 yılında hazırlanan Onuncu Kalkınma Planı'nda, Dokuzuncu Kalkınma Planı ve Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu kararlarında belirlenen öncelikli teknoloji alanları başta olmak üzere, kamu kurumları ve üniversitelerde araştırma altyapıları oluşturulması amacıyla yaklaşık 2,4 milyar TL kaynak harcandığı; aktif olan 108, kurulum aşamasında olan 65 tematik ve 97 ileri araştırma merkezi projesi bulunduğu açıklanmıştır. Ayrıca bu merkezlerin ağırlıklı olarak biyoteknoloji dahil yaşam bilimleri, malzeme, havacılık ve uzay, bilgi ve iletişim, savunma teknolojileri ile nanoteknoloji alanlarında olduğu bildirilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2013). Bunlara ek olarak Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından 2019 yılında yayınlanan On Birinci Kalkınma Planında Milli Teknoloji Hamlesinin gerçekleştirilebilmesi için kritik teknolojiler arasında verilen nano-elektronik teknolojisine yönelik yol haritalarının çizilmesi, gerekli olan alt yapının kurularak gerekli yol haritalarının çizilmesi gerekli olan alt yapının kurularak nitelikli insanların yetiştirilmesi ve toplumun bu alanlara yönlendirilmesi ile sağlanacağı belirtilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019).

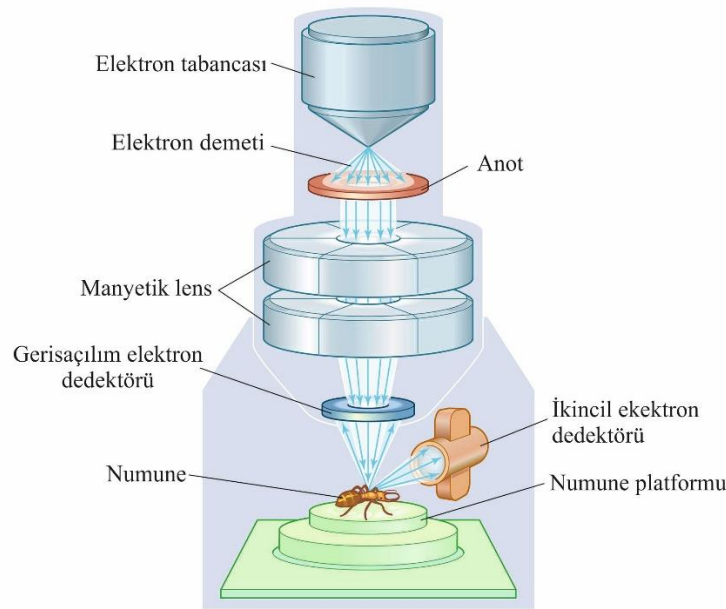
2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar

Bilim ve teknolojinin birçok alanında nano ölçeğe ve hatta atomik düzeye doğru bir eğilim görülmektedir. Bu eğilimin nedeni maddelerin özelliklerinin atomik yapı tarafından belirlenmesidir. Bundan dolayı maddelerin özelliklerini anlamak için nano ölçeğe ya da atom ölçeğine inmek gerekir (Voigtländer, 2015). Nanometre ebatlarında üretim yapmak ve bu ölçekte neler olduğunu gözlemek kolay değildir. Bu nedenle nano ölçekte ölçme ve görüntüleme işlemleri özel yöntemler gerektirir (Erkoç, 2012). Son zamanlarda geliştirilen cihazlar, maddenin nano ölçekte ölçülmesine ve incelenmesine izin vererek yeni yapıların oluşturulmasına ve yeni anlayışların ortaya çıkmasına neden olur. Bu araçlar nano ölçekli bilim, mühendislik ve teknolojiye ilerlemeleri yönlendirir (Murday, 2010). Nanodünya gözlem tekniklerinde kaydedilen ilerlemeler sayesinde bilimsel bir keşif alanı haline gelmektedir (Nouailhat, 2008).

2.8.1. Taramalı elektron mikroskobu

Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope/SEM) elektronları hem yüzey incelemeleri yapabilmek için hem de mikroskobik yüzey görüntüsünün oluşturulabilmesi

için sinyal olarak kullanılabilen bir tahribatsız yüzey analiz tekniğidir (Barozzi, 2018). SEM 20. yüzyılın başlarında geliştirilen nano ölçekte bir görüntüleme cihazıdır. SEM'in birinci işlevi, insan gözüyle görülemeyen küçük yapı ve özelliklerini elektron demeti kullanarak büyütme. SEM'de görüntüler, numune yüzeyinde yüksek enerjili bir elektron ışını taranarak elde edilir. Daha küçük dalga boyu sayesinde elektronlar, malzemeleri optik ışığa kıyasla daha ayrıntılı bir şekilde çözebilir. Modern bir SEM nesnelere orijinal boyutlarından bir milyon katına kadar büyütebilir ve boyut olarak 1 nm'den küçük özellikleri çözebilir (Ul-Hamid, 2018). Encyclopædia Britannica (2012)'da SEM'in çalışma prensibi Şekil 2.10'daki gibi şematize edilmiştir.

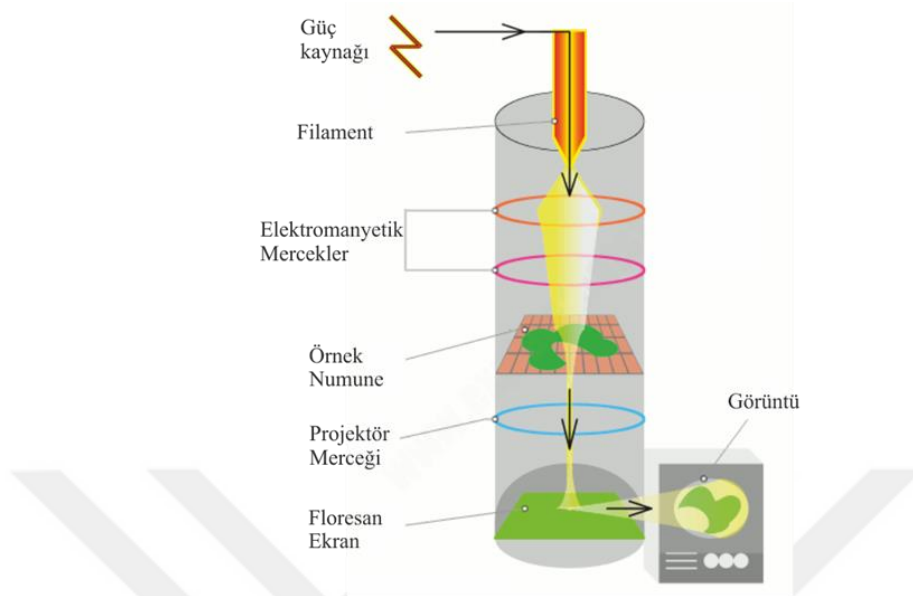


Şekil 2. 10. SEM'in çalışma prensibi.

2.8.2. Geçirimli elektron mikroskobu

Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope/TEM), morfolojik, yapısal ve kimyasal nano ölçek düzeyinde bilgi elde etmeyi amaçlamaktadır (Sciau, 2016). TEM'de X-ışınlarında olduğu gibi ışın kristal numune ile etkileşime girer ve bir kırınım şekli veya hologram oluşturur. Kırınım figürünün analizi, analiz edilen numunenin atomik yapısını incelememizi sağlar. Nihai çözünürlük ise elektronların dalga boyu ve enerjileri ile ilgilidir (Nouailhat, 2008). Burada kullanılan elektron demetlerinin enerjisi yaklaşık 100-500 kilovolttur. Yüksek enerjiye sahip elektron demeti, bazı mercekle sistemlerinden geçtikten sonra numunenin üzerine odaklanır ve malzemedan geçtikten sonra da bazı mercekle sistemlerinden geçerek ekrana yansıtılır. (Erkoç, 2012). Bu nedenle TEM için kullanılan numuneler çok ince olmalıdır (genellikle 100 nm'den daha az), böylece numune boyunca birçok elektron iletilir. Elektronların dalga boyları ışığın dalga boyundan çok daha kısa olduğu için, TEM görüntüleri

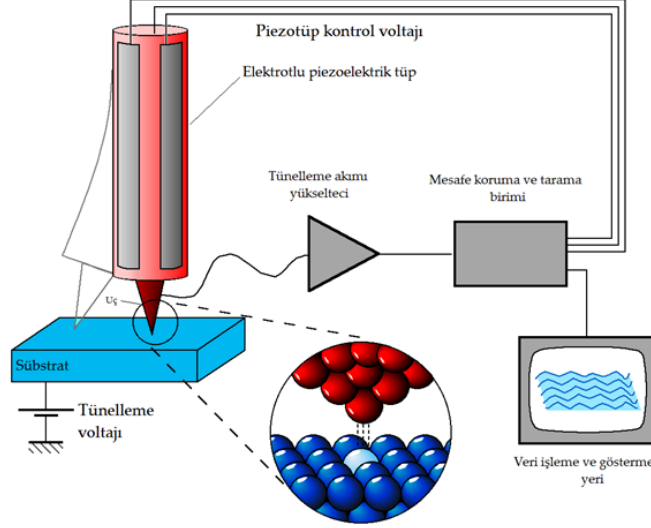
ışık mikroskobundan daha yüksek çözünürlük elde edilebilir (The Royal Society, 2004). Woodford (2020), TEM'in çalışma prensibini Şekil 2.11'deki gibi şematize etmiştir.



Şekil 2. 11. TEM'in çalışma prensibi.

2.8.3. Taramalı tünelleme mikroskobu

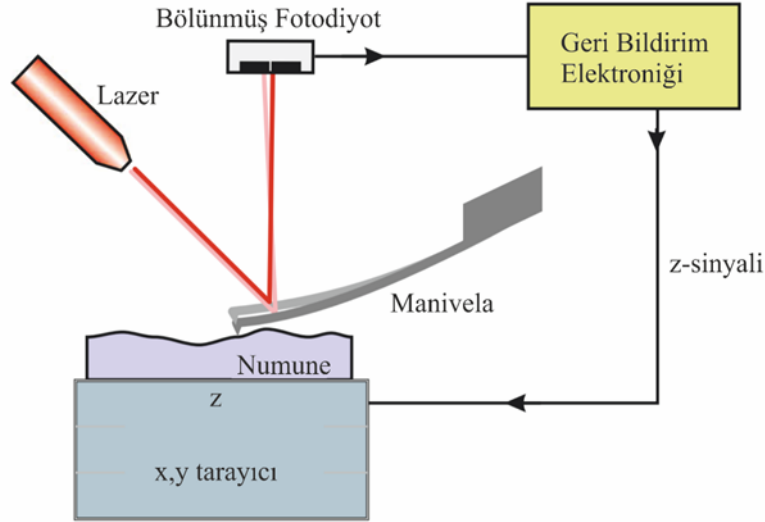
Taramalı Tünelleme Mikroskobu (Scanning Tunnelling Microscopy/STM), 1980'lerin başında Almanya'dan Gerd Binnig ve İsviçre'den Heinrich Rohrer tarafından tasarlanmış ve bu mikroskop ile 1986'da Nobel ödülü almışlardır (Ng, 2009; The Royal Society, 2004; Voigtländer, 2015). STM, yüksek çözünürlüklü yüzey profili oluşturma ve atomik ve nano ölçekli seviyelerde manipülasyonu güçlü kılan araçlardan biridir (Ng, 2009). STM'nin prensibi, nm veya atom ölçeğinde uzamsal bir çözünürlükle çeşitli özellikleri ölçmek için bir yüzeye yakın keskin bir ucu hareket ettirmektir. Bu mikroskobun en çarpıcı özelliği ise uzayda atom ölçeğine kadar çözünürlük sağlayabilmesidir (Voigtländer, 2015). Yükseltürk (2018) tarafından STM'nin çalışma prensibini Şekil 2.12'deki gibi şematize edilmiştir.



Şekil 2. 12. STM'nin çalışma prensibi.

2.8.4. Atomik kuvvet mikroskobu

Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy/AFM), 1980'lerin başında icat edildiğinden bu yana, fizik, kimya, biyoloji, malzeme bilimi, nanoteknoloji, astronomi ve tıp gibi çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanılmıştır. AFM, diğer mikroskoplardan oldukça farklıdır çünkü ışığı veya elektronları bir optik veya elektron mikroskobu gibi bir yüzeye odaklayarak görüntü oluşturmaz. Numunenin yüzeyini keskin bir proba fiziksel olarak hissederek ve numunenin yüzeyinin haritasını oluşturur (Eaton ve West, 2010). AFM, yüzey ile prob arasındaki etkileşim kuvvetini ölçer. Esnek bir konsolun ucunda bulunan prob, incelenecek yüzey üzerinde sürekli olarak hareket ettirilerek konsoldaki sapmalar lazer ışınları kullanılarak tespit edilir (Filipponi ve Sutherland, 2012). Sonuç olarak bir AFM görüntüsü gerçek numune topografyasını yansıtmaz, bunun yerine probun numune yüzeyi ile etkileşimini temsil eder. Bu sayede AFM ile plastik, metal, cam, yarı iletkenler, hücre duvarı ve bakteri gibi biyolojik numuneler vb. incelenebilir (Wilson ve Bullen, 2006). Voigtländer (2015), AFM'nin çalışma prensibini Şekil 2.13'teki gibi şematize etmiştir.



Şekil 2. 13. AFM'nin çalışma prensibi.

2.9. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Gelişen teknolojiler nanobilim ve nanoteknolojinin temel fikirlerinin nasıl öğretileceğine dair anlayış ve araştırma içermektedir (İpek vd., 2020). Bilim insanları nano ölçekte uzun yıllardır araştırma yapıyor olsalar da, yeni araç ve tekniklerin geliştirilmesi, bu çalışma alanını tanımlayan disiplinler arası gelişmelere yol açmıştır (Jones vd., 2013). Nano ölçekte dünyayı anlamamıza yol açan bu gelişmeler, bilim insanlarını, eğitimcileri, öğrencileri ve halkı harekete geçirmek ve heyecanlandırmak için önemli bir potansiyele sahiptir (Newberry, 2012).

Nanoteknolojinin yaşamın her alanını etkilediği ve bilim ve teknolojiye büyük bir değişim yapabileceği düşünülmektedir (Yawson, 2010). Bu doğrultuda nanoteknolojinin büyük vizyonlarını öğrencilere yaymak aynı derecede önemlidir, çünkü onların arasında vizyonları gerçekleştirmeye ve ilerletmeye yardımcı olacak gelecek nesil bilim insanları, mühendisler ve teknisyenler vardır. NBT'nin etkili öğretimi için konuların bilimin tüm alanlarına entegre edilmesi gerekmektedir (İpek vd., 2020). Nanoteknoloji, temel laboratuvar araştırmalarından nano-gelişmiş tüketici ürünleri ve endüstriyel süreçler yaratmaya doğru ilerleyen bir alandır. Endüstrinin mevcut ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayan yetenekli bir iş gücü geliştirmek için öğrencilerimizin nanoteknoloji hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir (Winkelmann, 2016). Ancak nanoteknolojinin oldukça yeni ve dinamik olarak gelişen bir bilgi alanı oluşturması nedeniyle, bilim insanlarının, endüstri çalışanlarının ve didaktik personelin yoğun eğitimini gerektiren bu alanda çok büyük bir uzman eksikliği vardır. Bu doğrultuda nanoteknoloji, teorik bilginin sürekli geliştirilmesini ve bu alanda geliştirme çalışmaları yürüten uzmanlar tarafından

pratik becerilerin geliştirilmesini gerektirir. Nanoteknoloji ve ürünlerine yönelik sistematik olarak artan talebi karşılamak için, modern araştırma ve endüstriyel altyapının yanı sıra eğitilmiş ve deneyimli personel sağlanması gerekmektedir (Poteralska ve Mazurkiewicz, 2007). Bu nedenle gelecekteki işgücünün nanoteknoloji konusunda eğitilmesi önem taşımaktadır (Winkelmann ve Bhushan, 2017; Yawson, 2010). Bunun yanında nanobilim eğitim materyallerinin geliştirilmesi ve “öğrencilerin nanobilimi en iyi nasıl öğrendiğinin” araştırılması 21. yüzyılın bir gerekliliği haline gelmiştir (İpek vd., 2020). Bu eğitim nanoteknolojinin doğası gereği disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirdiğinden bu konuda geliştirilen müfredat sağlam teorik temellere ve uygulamalı bilimlere dayalı olmalıdır (Yawson, 2010).

Nanobilim ve nanoteknolojiyi geliştiren mühendislerin ve bilim insanlarının, bölüm müfredatlarında yer alan konulardan daha geniş ve farklı konulardan da haberdar olmaları gerekmektedir. Bunun için eğitim sisteminin geliştirilmesi, üniversitelerde değişiklikler yapılması ve geleneksel disiplinlerden çok disiplinli eğitime geçiş önemlidir (Roco ve Bainbridge, 2001). Bu bakımdan nanobilim, ortak bir hedefle birleşen çeşitli teknolojilere ve farklı bilim disiplinlerine sahip olma olasılığını sunar (Planinšič ve Kovač, 2008). Bugün bilimlerin öğretimi parçalı bir haldeyken, nanobilim ve nanoteknoloji malzeme, elektronik, makine, bilgisayar mühendisliği gibi uygulamalı bilimlerin yanında, nanoteknoloji fizik, kimya ve biyoloji gibi temel bilimler arasında bağlantı sağlayarak sonuç alınabilecek bir saha olmaktadır (Erkoç, 2012; Roco ve Bainbridge, 2005).

Nanoteknoloji çok disiplinli bir bilim dalı olduğu için fen eğitiminde aktif olarak kullanılmaktadır. Fen eğitimi nanoteknoloji gibi gelişen teknolojilerin kullanımında öğrencilerin coşkuyla öğrenmeleri için etkili bir araçtır (Ekli ve Şahin, 2010). Disiplinler nano ölçekte neredeyse hiç ayırt edilemediğinden, nano eğitimdeki mevcut patlama, küresel araştırma topluluklarımızda hızla modası geçmiş olan klasik disiplin engellerini ortadan kaldırarak, fen eğitimini tam anlamıyla aşağıdan yukarıya doğru yeniden inşa etmek için eşsiz bir fırsat sunmaktadır. Dahası, nano ölçek heyecan verici yeni fenomenler, görülmemiş gizemler ve enerji tasarrufundan ilaç ve çevre korumaya kadar küresel ölçekte ilgili uygulamalar yelpazesi sunduğu için, nano eğitim gençlerin hayal gücünü ateşlememize ve bilim ve teknolojiye olan ilgilerini artırmamıza yardımcı olabilir. En önemlisi ise, nano eğitim disiplinler arası bilim eğitimine doğru büyüyen uluslararası hareketi ilerletmeye yardımcı olabilir. Bu açıdan nano, küresel vatandaşlar olarak bilgi tabanımız üzerinde gerçekten geniş

kapsamlı bir etkiye sahip olabilir (Chang, 2006). Bu nedenle öğretimde nano ölçekli perspektif eklemek, daha iyi temel anlayışa, çeşitli disiplinlerde ve ilgi alanlarında benzer kavram ve derslerin paylaşılmasına ve bilime ve teknolojiye daha geniş erişilebilirliği sağlar (Roco, 2002).

Nanobilim ve nanoteknolojinin bilimsel ve teknolojik okuryazarlıkta eğitimsel öneminin bazı analizlerine göre, nanobilim ve nanoteknolojinin eğitimsel önemi artmaktadır (Ban ve Kocijancic, 2011). Nanoteknolojiye özel bilgi, beceri ve yeteneklere sahip olmak, nanoteknolojiye de sahip olmaktır. Bu durumun gerçekleşebilmesi insanların bu alanda ne kadar iyi bir eğitim aldıkları ve yeteneklerini ne kadar kullanabildikleriyle ilişkilidir (Ekli, 2010). Bu noktada nanoteknoloji, eğitim sistemimizin değişimi için bir ihtiyaç ve fırsattır (Roco ve Bainbridge, 2005). Nanobilim ve nanoteknoloji eğitim ve öğretiminin hem örgün hem de yaygın eğitim çabaları ile başarıya ulaşılacağına inanılmaktadır (Bhushan, 2017). Bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji alanında eğitim veren okullar, üniversiteler ve bilim merkezleri, farklı yaklaşımları geliştirmek ve test etmek için yeni kurslar ve müfredatlar oluşturmaya başlamıştır (Jones vd., 2015). Nano eğitim programlarıyla ilgili yapılan çalışmalar, nano ölçekli eğitimin temel nanoteknoloji kavramlarının, temel bilim kavramlarının ve nanoteknoloji ile ilgili araçların bilgisinin daha fazla öğrenilmesi ve elde tutulmasına yol açabileceğine dair kanıt sağlamaktadır (Jones vd., 2013).

Nano malzemelerin kendine özgü ve alışılmadık özellikleri ile gündelik hayatımızın giderek daha fazla bir parçası haline gelmesiyle ilgili olarak, bu konuları öğrencilere yükseköğretime başlamadan önce tanıtmak uygun görünmektedir (Ban ve Kocijancic, 2011). Teknolojinin ilerlemesini dolaylı olarak etkilemenin bir yolu, bugünün ilkökul öğrencilerini eğitmek olarak görülmektedir. Onları olabildiğince erken bir zamanda nanoteknolojiyle karşılaştırmak ve lise boyunca eğitimlerine devam etmek, üniversiteye başladıklarında onlara mükemmel bir temel sağlayacaktır. Erken maruz kalma aynı zamanda daha fazla ilgi uyandıracak ve belki de bilim ve mühendislik alanlarına, özellikle nanoteknoloji alanındaki lisansüstü çalışmalara katılımı artıracaktır (Sheetz vd., 2005).

2.10. Fen Eğitiminde Nanobilim Ve Nanoteknoloji Eğitiminin Önemi

Fen eğitimi, öğrencileri karar alma süreçlerine hazırlamak için çağdaş konulara ilişkin bilim, teknoloji ve toplum arasındaki karşılıklı ilişkiler üzerine tartışmayı teşvik etmelidir. Bilim, teknoloji ve toplum arasındaki ilişki ise bilimsel okuryazarlığın temelini oluşturmaktadır (Laherto, 2010). Bilimsel okuryazarlık genel olarak sorumlu (bilinçli) vatandaşlar yetiştirmek için gereklidir. Fen eğitiminin doğası nedeniyle okullardaki fen bilgisi öğretimi, bilimsel

okuryazarlığı arttırmada bir etken olarak kabul edilebilir (Holbrook ve Rannikmae, 2007). Fen okuryazarlığının, toplumda ve doğal dünyada nanoteknolojinin araştırma ve uygulamalarını vurgulayan özel bir bileşeni de nano-okuryazarlık olarak düşünülmektedir (Hingant ve Albe, 2010).

Öğrencilerin gelişen teknolojinin farkında olmaları ve bu konuda daha fazla bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Ortada hızla gelişen bir nanoteknoloji varken bunu anlamayı sağlayacak birde nano-okuryazarlık boyutu olması gerekir (Yawson, 2012). Nanoteknoloji; teknoloji ve toplum okuryazarlığı, çevre okuryazarlığı ve bilim okuryazarlığını kapsayacak yeni bir okuryazarlık çerçevesi gerektiren disiplinler arası bir çalışma alanı olduğu için bu okuryazarlıkların hepsi nano-okuryazarlık içinde birleşirler (Ban ve Kocijancic, 2011; Yawson, 2012). Nanobilim eğitimi ile fizik, kimya, biyoloji, matematik ve teknolojiyi aynı anda kapsayan disiplinlerarası bir alan olarak ortaya çıkan nanoteknolojinin ışığında nano-okuryazar vatandaşlar yetiştirmektedir (Ghattas, 2015).

Nanobilim ve nanoteknoloji konularının müfredata dahil edilmesi hususunda bilimsel ve teknolojik okuryazarlık kaynak olarak gösterilir (Laherto, 2010). Müfredat, öğretim stratejileri, öğretmenlerin mesleki gelişimi ve değerlendirmesi dahil olmak üzere nano eğitimin tüm alanlarında temel araştırmalara ihtiyacımız olduğu açıktır. Bilimdeki yenilikler ve gelişmeler hızla ilerlemektedir. Bu bağlamda etkili eğitim uygulamalarını şekillendirebilmemiz için fen eğitimi araştırmalarındaki araştırmaların bu gelişmelere ayak uydurması çok önemlidir (Jones vd., 2013). Nanoteknoloji, eğitim sistemimizdeki değişiklik için hem ihtiyaç hem de fırsat sağlamaktadır. Bilimlerin öğretimi günümüzde parçalanmasına rağmen, nanoteknoloji fizik, kimya ve biyoloji arasında bağlantı sağlar. Fen öğretimi ile nano ölçekteki olayların bütünleştirilmesiyle eğitimin, bilim, teknoloji, sosyal ve beşeri bilimlerle birleştirilmesinin mümkün olacağına inanılmaktadır. (Roco ve Bainbridge, 2005). Fen bilimleri dersi öğretim programının bütün bireylerin fen okuryazarı olarak yetişmesini amaçladığı göz önüne alındığında (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018), nanobilim ve nanoteknoloji ile fen eğitimi arasında bir bağ olduğu görülmektedir (Şenel Zor, 2017). Yeni bir teknoloji olarak nanoteknoloji, öğrencilerin yeni ileri teknolojiyi öğrenebilecekleri okul eğitimine dahil edilirse, bu tür bir dönüşüm için bir teşvik olacaktır (Ghattas, 2015).

2.11. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Üniversitelerdeki Yeri ve Önemi

Nano ölçekte meydana gelen olayların anlaşılması ve uygulanması, doğa bilimleri, fizik, kimya ve matematiğin temelleri hakkında sağlam bilgi gerektirir. Bu nedenle nanoteknoloji

alanındaki en önemli eğitim üniversite düzeyinde gerçekleşir (Poteralska ve Mazurkiewicz, 2007). Nanoteknoloji beceri ve anlayışını gerçekleştirmek için dört yıllık lisans programlarına kapsamlı bir şekilde dahil olmayı gerektirir. Mevcut nanoteknoloji dersleri ve müfredatları geleneksel bilim ve mühendislik dallarına dahil edilebilir. Ayrıca disiplinlerarası nanoteknoloji bölümleri ilgili öğrenciler için daha odaklı bir eğitim sağlayabilir. Araştırma fırsatları hem içerik hem de kültürel farklılıklar bakımından öğrencilerin deneyimlerini arttırabilir ve lisansüstü okula devam etmeleri konusunda öğrencilere yönlendirici bir güç sağlayabilir (Winkelmann ve Bhushan, 2017).

Nanobilim için lisansüstü eğitimde disiplinler arası eğitim ve çeşitlilik de dahil olmak üzere eksiklikler vardır, ancak bu programlar, programlara giren öğrencilerin anaokulundan lisans eğitimine kadar nanobilim eğitiminin güçlendirilmesi sayesinde daha iyi temel nanobilim bilgisine sahip olması nedeniyle gelişecektir (Bhushan, 2017). Nanoteknolojiyi sınıf dışında doğrudan deneyimleme fırsatı çok az olduğu için nano ölçekli bilim eğitimini tasarlamak neredeyse çok zordur. Lisans düzeyinde nanobilim dersi alan öğrenciler için, konuyla ilk kez karşılaşmaları ve elektron mikroskopları gibi çeşitli bilim araçları aracılığıyla nanoteknolojiyi doğrudan deneyimlemeleri için ilk fırsat olabilir (Gardner vd., 2010).

Nanoteknolojinin avantajlarından yararlanmak için gerekli uzmanlığa sahip kişiler yetiştirmek ve bilgi tabanını gelecek nesillere aktarmak gerekmektedir (Ekli ve Şahin, 2010). NBT eğitimini de başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için öğretmen eğitimi büyük bir amaç olmalıdır (İpek vd., 2020).

2.12. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminde Öğretmen Rolü

Öğretmen mesleki gelişimindeki nihai amaç, öğrencilerin öğrenmesini etkilemektir. Bu nedenle, öğrencilerin öğrendikleri ile ilişkili olarak öğretmenlerin nanoteknolojideki yeni bilgileriyle gerçekte ne yaptıklarını incelemek çok önemlidir (Jones vd., 2013). Çünkü günümüz dünyasında gerçek gücün fiziksel güçten değil entelektüel güçten geldiği yaygın olarak kabul edilmektedir. Nanoteknoloji çağını yakalamak için ilk yapılması gereken, geleceğin öğretmenlerini bu alanda yetiştirmek olacaktır. Öğretmenler nanoteknolojinin her yönü (uygulamaları, uygulamalarından kaynaklanan potansiyel riskleri, faydaları, önemi vb.) hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Çünkü nanoteknolojinin bir boyutu hakkında edinilen bilgiler insanların görüş ve tutumlarını olumsuz olarak etkileyebilir (Ekli ve Şahin, 2010).

Öğretmen yeterliliği geleceğin nitelikli bireylerinin yetiştirilmesinde kritik bir etkiye sahiptir (Şenel Zor ve Aslan, 2018). Çünkü eğitim sürecinde öğretme ve öğrenme etkinliklerini planlayan ve öğrencilere rehberlik eden öğretmenlerdir. Sınıf ortamında öğretmenler sadece bilgi aktarmakla kalmaz, aynı zamanda görüş ve tutumlarını da öğrencilere yansıtırlar (Ekli ve Şahin, 2010). Bu nedenle öğretmenlere NBT öğretimini mevcut ders programlarına etkin bir şekilde uyarlayabilmeleri ve uygulamaları amacıyla gerekli bilgi temellerini geliştirebilmeleri için uygun kaynak ve zaman verilmelidir (Bryan vd., 2015).

Nanoteknoloji eğitimini ilerletmek için eğitici eğitimi şarttır. Eğitimciler teknik içeriği sağlayarak heyecan ve yaratıcılığa teşvik ederler. Eğitimli bir nanoteknoloji işgücü geliştirmek için büyüyen nanoteknoloji alanındaki öğrenciler çekmek ve eğitmek çok önemlidir. Bu nedenle uygun ve yeterli eğitici ile eğitimin sağlanması zorunlu hale gelmektedir (Winkelmann ve Bhushan, 2017). Bu nedenle NBT eğitimi başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmek için öğretmen eğitimi büyük bir amaç haline gelmektedir (İpek vd., 2020). Ayrıca müfredatın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için nanobilim ve nanoteknoloji alanında yetişmiş fen bilimleri öğretmen adaylarına ihtiyaç duyulmaktadır. İlköğretim ve Ortaöğretim düzeyindeki fen bilimleri öğretmenlerine ve öğretmen adaylarına nanobilim ve nanoteknoloji konusunda hizmet içi ve hizmet öncesi eğitimler verilerek gelişimleri sağlanabilir (Kılınç Alpat vd., 2017).

Nanobilim ve nanoteknolojinin geliştirilmesi ve uygulanması için karşımıza çıkan en büyük zorluklardan birisi eğitim sorunudur (Roco, 2003). Eğitim sorunları arasında ise nitelikli öğretmen eksikliği ilk sıralarda yer almaktadır (Murday, 2009). İpek vd. (2020) çalışmalarında öğretmenlerin NBT hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıklarını ve daha fazla eğitime ihtiyaçları olduğunu belirtmişlerdir.

Öğretmenlerin nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeylerinin öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik görüş ve tutumlarını etkileyeceği düşünülmektedir. Bu nedenle disiplinler arası bir alan olan fen bilimleri öğretmen adaylarının lisans döneminde nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeylerinin artırılması önem taşımaktadır.

2.13. Nanoteknolojiye Yönelik Tutum

Tutumlar hem sosyal algımızı hem de davranışlarımızı etkilemesinden dolayı uzun yıllardır sosyal psikolojinin temel konularından biri olmuştur (Kağıtçıbaşı ve Cemalcılar, 2014). Tutum bireyin bir olgu, durum ya da olay karşısında gerçekleştirmesi beklenen olası

davranış şeklidir (İnceoğlu, 2010). Başka bir deyişle tutum, sevdiğimiz ve sevmediğimiz şeyleri, yakınlık duyduğumuz ve nefret ettiğimiz şeyleri ve çevremizle olan ilişkimizi değerlendirme şeklidir (Zimbardo ve Leippe, 1991).

Tutumlar duyuşsal, bilişsel ve davranışsal olmak üzere üç temel bileşenden oluşur (İnceoğlu, 2010; Kağıtçıbaşı ve Cemalcılar, 2014). Tutumların duyuşsal bileşeni, bir kişinin bir durum, nesne veya kişiye yönelik değerlendirmesi, beğenmesi veya duygusal tepkisinden oluşmaktadır. Duyuşsal tutum kişinin korku, zevk, üzüntü ve diğer fiziksel uyarılma seviyeleri ile ilgili tutumunu yansıtır. Tutumların bilişsel bileşeni, kişinin kendisi de dahil olmak üzere durum, nesne veya kişi hakkındaki olgusal bilgisi olarak kavramsallaştırılmış halidir. Bir başka deyişle bilişsel bileşen bir kişinin konu hakkında ne kadar bilgi sahibi olduğunu ifade eder. Tutumları davranışsal bileşeni ise kişinin bir duruma, nesneye veya kişiye yönelik açık davranışını içerir (Simonson ve Maushak, 1996). Bu bileşenler bir tutumu kendi içinde tutarlı bir sistem haline getirir. Bu sayede birey çevresindeki nesnelere karşı fikirleri, duyguları, bilgileri ve o nesnelere karşı davranışları devamlı ve düzenli bir şekildedir (Kağıtçıbaşı ve Cemalcılar, 2014).

Tutumlar doğuştan gelmeyen, insanların sonradan doğrudan deneyim, sosyal çevre ya da medya yoluyla öğrendiği bir kazanımdır (Kağıtçıbaşı ve Cemalcılar, 2014). Çünkü bireyin sahip olduğu tutum bireyin bilgi birikimi, kişilik özellikleri, yaşam deneyimleri, yer aldığı toplumun özellikleri, toplumsallaşma süreci ve kültürel çevre ile bir etkileşim halindedir (İnceoğlu). Ayrıca tutumlar, inanç, bilgi ve öz yeterlilik gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilir (Ghattas, 2015).

Tutum, geçmişten günümüze insanların yaşamında önemli bir yere sahip olmuştur. İnsanların çevrelerine uyum sağlamalarında onlara yol gösterici ve uyum sağlamalarını kolaylaştırmanın yanında davranışları yönlendirmede bir etkiye sahip olduğu da düşünülmektedir (Tufan ve Güdek, 2008).

Son yıllarda, bilim ve toplum arasındaki etkileşimlere ilişkin söylemler, gelişen teknolojilere yönelik halkın kabulünün ve tepkisinin önemine giderek daha fazla işaret etmektedir (Burri ve Bellucci, 2008). Halkın nanoteknolojiye yönelik algı ve tutumunun belirlenmesi ve bu tutumun kaynaklarının tespit edilmesi hem nanoteknoloji politikalarının oluşturulmasında hem de nanoteknolojinin küresel gelişimi için büyük önem taşımaktadır (Zhang vd., 2015).

Nanoteknolojinin ürünlerini ve üretim aşamalarını geliştirme ve iyileştirme konusundaki güçlü potansiyeline rağmen, çeşitli araştırmalar bunun nüfusun çoğu için bilinmeyen bir faktör olduğunu göstermektedir. Bilgi eksikliği ve nanoteknolojiye dayalı ürünlerin artan dağılımı düşünüldüğünde, risk haberleri yayıldığında kamuoyunun tutumları hızlı bir şekilde değişebilir. Nanoteknoloji artık güvenilen bir teknoloji olarak değil, her şeyi kapsayan bir tehdit olarak algılanabilir (Simons vd., 2009). Nanoteknolojiye karşı oluşan bu olumsuz tutumlar, araştırma ve geliştirmeyi de engelleyebilir (Bhushan, 2015).

Toplumun nanoteknolojiye yönelik tutumu ile nanoteknolojinin gelecekteki konumu belirlenecektir (Roco ve Bainbridge, 2001). Bu nedenle, nanoteknolojinin potansiyelinden tam olarak yararlanmak için nanoteknolojinin tutumlarının ölçülmesinin büyük önem taşıdığını düşünmektedir (Şenel Zor ve Kan, 2021).

Nanoteknolojinin çok disiplinli bir doğası olduğu düşünüldüğünde (Singh, 2017), fen öğretiminin öncelikle nano ölçekteki olgularla birleştirilerek, eğitimi teknolojiye, bilime, sosyal ve beşeri bilimlere entegre etmenin mümkün olacağına inanılmaktadır (Roco ve Bainbridge, 2005). Eğitim alanında geleneksel düşünce, bilginin öğrenen bireyin tutumunu doğrudan etkilemesi ve bu tutumun davranışa dönüştürülmesidir (Chien-Yun vd., 2012). Bu nedenle özellikle fen alanları öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının belirlenmesi önemlidir. Bu önem doğrultusunda uygun araçlar kullanılarak nanoteknolojinin tutumlarına karar verilmesi ve elde edilen sonuçların ardından bu tutumların geliştirilmesi için gereken desteğin sağlanması gerekmektedir (Şenel Zor ve Kan, 2021). Ayrıca geleceğimize yön verecek fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının belirlenmesi, nanoteknolojinin tam olarak anlaşılması, gelecekteki yerinin belirlenmesi ve nanoteknoloji çağına uyum sağlayabilmemiz açısından önem taşımaktadır.

2.15. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte farklı ülkelerde eğitim düzeyi, akademik başarı, meslek grubu, yaş, cinsiyet, inanç gibi çeşitli değişkenlere göre bireylerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik tutum, bilgi, algı ve farkındalıklarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda son yıllarda artış görülmektedir.

Lee vd. (2005), 2004 yılında ulusal bir telefon görüşmesi yoluyla 706 kişi ile yaptıkları çalışmada halkın nanoteknolojiye yönelik tutumlarını ve bilginin etkileşimli etkileri incelenmiştir. Bilime karşı duygusal değişkenlerin, nanoteknolojiye yönelik tutumlar için ipucu

oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca insanların nanoteknolojiye yönelik tutumlarında bilim insanlarına karşı duyulan güvenin de etkili olduğu belirtilmektedir.

Macoubrie (2006), ABD'deki halkın nanoteknolojinin gelişimine yönelik tutumlarını belirlemek için bir anket kullanmıştır. Yarı deneysel yapılan bu çalışmada nanoteknoloji alanında senaryolar gerçekleştirilmiş ve bu tartışmalı senaryoları okuyan halkın nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumlarında bir artış görülmüştür.

Nerlich vd. (2007), 434 lisans öğrencisine uyguladıkları çalışmada genç insanların nano tıp ve geleneksel tedaviye yönelik tutumlarını belirlemeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada genç insanların genel olarak nanoteknolojinin ortaya çıkmasından daha az heyecanlı oldukları ve daha az rahatsızlık duydukları belirlenmiştir. Ayrıca erkek katılımcıların çeşitli tedavilerdeki faydalar, riskler konusunda kadın katılımcılara göre daha olumlu bakış açısına sahip oldukları belirlenmiştir.

Kahan vd. (2007), yaptıkları çalışmada halkın, nanoteknoloji hakkında çok az bilgi sahibi olmalarına rağmen, potansiyel risklerinin potansiyel faydalarından daha ağır basıp basmadığı konusunda kolayca fikir yürütüyor olmasına atıfta bulunarak, “yargılarını neye göre oluşturuyorlar?”, “Bu yeni bilim hakkında daha fazla bilgiye maruz kaldıkça görüşleri nasıl gelişecek?” gibi soruları yanıtlamak için bir anket deneyi gerçekleştirmişlerdir. Nanoteknolojinin risklerine ilişkin kamuoyu algılarının, genel olarak toplumsal risklere ilişkin kamuoyu algıları gibi, büyük ölçüde etki odaklı olduğunu ve bireylerin nanoteknolojiye karşı içgüdüsel tepkileri, bireylerin nanoteknolojinin risk ve faydalarına ilişkin algılarındaki varyansı diğer etkilere göre daha fazla açıkladıklarına değinmişlerdir.

Scheufle vd. (2008), Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avrupa'da yaptıkları çalışmada dini inançların nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerinde etkisi olup olmadığını incelemişlerdir. Araştırma sonucunda halkın nanoteknolojiye yönelik tutumlarında dinin önemli bir yere sahip olduğu ve ülkelerde nanoteknolojiye verilecek destekte dinin önemli olduğu belirtilmiştir. İsveç, Almanya, Fransa, Belçika, İrlanda ve Danimarka gibi laik ülkeler nanoteknolojinin ahlaki bakımdan kabul edilebileceğini düşünürken, ABD, İrlanda, İtalya ve Avusturya gibi dindar ülkelerin ise nanoteknolojinin ahlaki bakımdan kabul edilemeyeceği düşünülmektedir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri'ndeki katılımcıların nanoteknolojinin ahlaki olarak kabul edilebilir olduğunu kabul etme olasılığının birçok Avrupa ülkesindeki katılımcılardan önemli ölçüde daha düşük olduğu görülmüştür. Bu ahlaki görüşlerin, lise

öğrencileri için ulusal araştırma üretkenliği ve bilim performans ölçütleri kontrol edildikten sonra bile, her ülkedeki toplam dindarlık seviyeleri ile doğrudan bağlantılı olduğu belirtilmiştir.

Kim ve Hong (2010), yaptıkları çalışmada 134 ortaokul fen bilimleri öğretmeninden toplanan anketler aracılığıyla fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye yönelik algı ve tutumlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak, çalışmada fen bilimleri öğretmenlerinin algılarının yüksek olduğu görülmüştür. Fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumları olduğu tespit edilmiştir. Fen bilimleri öğretmenleri, nanoteknolojinin faydaları kadar nanoteknolojinin risklerini de algılamışlardır. Bu doğrultuda nanoteknolojinin uygulanmasına karşı olumlu tutumlar sergilerken, kişisel bilgi çipi gibi cihazlara karşı olumsuz tutumlar göstermektedirler. Fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye çoğunlukla televizyon ve internet gibi çeşitli kaynaklar aracılığıyla karşılaşırken, ders kitaplarında ve öğretim kaynaklarında nanoteknoloji ile ilgili kavramlar hakkında nadiren bilgi aldıkları görülmektedir. Ayrıca bu öğretmenler nanoteknolojinin ders kitaplarında nanoteknoloji ile ilgili kavramların tam olarak tanıtılmadığını belirtirken, ders kitaplarındaki nanoteknoloji ile ilgili kavramları birçok öğretmen açıklamaya çalışırken, çok az sayıda öğretmenin nanoteknoloji ile ilgili kavramları sınıfta tanıtmadığı belirtilmiştir.

Ekli (2010), yaptığı çalışmasında ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin (6., 7. ve 8. sınıfta okuyan) nanoteknoloji ile ilgili bilgileri ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarını cinsiyet, sınıf düzeyi, merkez ya da kırsal okullarda okuma, anne ve babanın teknolojik bir işe sahip olması gibi çeşitli değişkenler açısından incelemiştir. Öğrencilerin teknolojiye yönelik tutumlarının olumlu düzeyde olduğu görülmektedir. Bunun yanında öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik görüşlerinin olumlu yönde olduğu görülürken, nanoteknoloji hakkındaki duyularının yetersiz olduğu ve bu duyuları da daha çok TV kanalları aracılığıyla elde ettikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik bilgi düzeylerinin yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Nanoteknoloji hakkında bilgi düzeyi arttıkça ise nanoteknolojiye olan güvenin arttığı tespit edilmiştir. Bilgi düzeyi düşük olan öğrenciler nanoteknolojinin faydalarının risklerinden daha ağır bastığı görüşünü desteklemektedir. Ayrıca nanoteknolojiye yönelik bilgi ve risk algıları incelendiğinde cinsiyet, sınıf düzeyi ve fen derslerindeki başarı puanları arasında farklılıklar gözlenmektedir. Nanoteknolojiye yönelik görüşlerde erkekler lehine anlamlı farklılık belirlenmiştir. Öğrencilerin fen başarı notu arttıkça nanoteknolojiye yönelik olumlu görüşlerin arttığı görülürken, sınıf düzeyi arttıkça ise nanoteknolojiye yönelik olumlu görüşlerin azaldığı görülmektedir. Ayrıca yüksek motivasyona

sahip öğrencilerin nanoteknolojiyle ilgili olumlu görüş sergilemişlerdir. Bunun yanında bilime yönelik olumlu görüşler arttıkça nanoteknolojiye yönelik olumlu görüşlerin arttığı görülmüştür.

Fischer vd. (2013), çalışmalarında nanoteknoloji uygulamaları hakkındaki çelişkili bilgilerin (risk-fayda bilgisi olarak işlevselleştirilmiş) nanoteknolojilerle ilişkili tutumları ve tutumsal kararsızlığı nasıl etkilediğini araştırmayı amaçlamışlardır. Hem risk hem de fayda bilgilerinin sağlanmasının, tüm popülasyon için ortalama tutumda bir değişikliğe yol açması beklenmemektedir. Bununla birlikte, hem riskler hem de faydalar hakkında argümanlar sunmak, tutum kararsızlığında değişikliklere neden olabilir. Çalışmanın sonucunda hem risk hem de fayda bilgisinin sağlanmasının ortalama tutumu etkilemediğini, ancak bazı bireylerin nanoteknolojilere karşı daha olumlu ve daha az kararsız ve diğerlerinin daha olumsuz ve daha az kararsız hale gelmesine neden olduğunu görülmüştür. Kutuplaşma ve kararsızlığı takip ederek nanoteknoloji hakkında kamuoyu oluşumunun anlaşılmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Chen vd. (2013), yaptıkları çalışmada 2010 yılında Tayvan'da nanoteknoloji uygulamalarına yönelik kamu tutumlarını etkileyen, nanoteknoloji uygulamalarının yararları ve risk algıları üzerinde etkisi olan belirleyicileri incelemişlerdir. Tayvan'da yapılan bu çalışmada, daha önceki çalışmalarla benzer olarak, nanoteknoloji uygulamalarına yönelik halkın tutumlarının, nanoteknolojinin uygulamalarına yönelik algılanan yararlar ve riskler tarafından belirlendiğini ortaya koyulmuştur. Algılanan faydaların ve risklerin, halkın teknolojiye yönelik tutumları, nanoteknolojiyi uygulamanın yararları ve riskleri, nanoteknoloji bilgisi ve ilgili kurumlara olan sosyal güveni tarafından belirlendiği ortaya koyulmuştur.

Kim vd. (2011), yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin nanoteknolojiye yönelik algılarını ve tutumlarını, 1704 lise öğrencisinden (beş genel lise ve iki fen lisesi) toplanan anketler aracılığıyla incelemişlerdir. Çalışmada lise öğrencilerinin nanoteknolojiye yönelik algılarının ve olumlu tutumlarının genel olarak yüksek olduğunu görülmüştür. Fen lisesi öğrencileri, genel lise öğrencilerine göre nanoteknolojiye karşı daha olumlu tutum ve doğru bilgi göstermektedir. Lise öğrencileri nanoteknoloji hakkında televizyon ve internet gibi çeşitli kaynaklardan bilgi edinmişlerdir. Gazete ve TV programları, internet ve fen bilgisi öğretmenleri aracılığıyla ileri bilim ve teknoloji hakkında bilgi edinme için uygun yöntemler olduğunu düşünmektedirler. Lise öğrencileri nanoteknolojinin uygulanmasına karşı olumlu tutumlar sergilerken, kişisel bilgi çiplerine ve nano-tat arttırıcılara karşı olumsuz tutumlar göstermektedirler. Ayrıca öğrenciler fen öğretmenlerine ve nanoteknoloji araştırmacılarına

güven duydukları görülürken, kamu kuruluşlarına ve internete nadiren güvendikleri belirlenmiştir.

Ahmed vd. (2015), yaptıkları çalışmalarda İslamabad'ın yükseköğrenim enstitülerinde nanoteknoloji hakkında farkındalık düzeyini değerlendirmeye ve ayrıca ankete katılanların nanoteknolojiye yönelik tutumlarını ölçmeye odaklanmışlardır. Ankete katılanların çoğunun nanoteknolojiyi duymuş, ancak bir kısmının bu konuda okumuş ve bir kısmının da nanoteknoloji uygulamaları hakkında bilgi sahibi olduğunu gözlemlemişlerdir. Nanoteknoloji ile ilgili farkındalık düzeyinin eğitim süresi arttıkça önemli ölçüde arttığı ve nanoteknoloji ve uygulamaları hakkında daha yüksek bir farkındalık seviyesinin ve daha yüksek bir eğitim seviyesinin katılımcıların nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Zhang vd. (2015) Çin'de halkın nanoteknolojiye yönelik algısını ve tutumunu incelemek için 2013 yılında 741 kişi ile bir anket aracılığıyla yürüttükleri çalışmada, Çin halkının teknolojiye yönelik bilgi düzeylerinin düşük olduğunu buna karşılık nanoteknoloji duyumlarının ve nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarının yüksek olduğu görülmüştür. Halkın nanoteknolojiye yönelik tutumlarının belirlenmesinde inançların önemli rolü olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kitle iletişim araçları tarafından sunulan haber ve reklamlar halkın nanoteknoloji hakkında bilgi edindiği başlıca araçlar arasında gösterilmiştir.

Ghattas (2015), yaptığı çalışmada nanoteknolojiye yönelik tutumlar ile bilgi, özgüven, mesleki gelişim, profesyonel bağlam, kişisel araştırma deneyimi ve nanoteknolojiyi fen sınıflarına getirmenin kişisel uygulaması arasındaki ilişkiyi tespit etmek, fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiyi içeren etkinliklerin fen sınıflarında uygulanmasına yönelik göze çarpan tutumlarını vurgulamak ve nanoteknolojiyi fen sınıflarına entegre etme sürecini kolaylaştıracak önemli faktörleri belirlemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek için bir anket ve yarı yapılandırılmış görüşme uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda tutum ve amaç arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nanoteknolojiye ve nanoteknolojinin fen sınıflarında uygulanmasına yönelik tutumların kişisel bakış açıları, okul ve öğrenci türü, zaman kısıtlamaları, sosyal etkiler, kaynak eksikliği, eğitim eksikliği, bilgi ve özgüven eksikliği gibi engelleyici faktörlerden etkilendiği ortaya çıkmıştır.

Khalid vd. (2016), yaptıkları çalışmada Pakistan’da sosyal bilimcilerin nanoteknolojiye yönelik genel tutumları ve cinsiyet, yaş, meslek grubu, eğitim düzeyi, bölüm, iş deneyimi gibi değişkenler açısından nanoteknolojiye yönelik tutumları arasında farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmesinde sosyal bilimcilerin rollerinin desteklenmesi için atılacak ilk adımın nanoteknolojiye yönelik tutumlarının incelenmesi olduğuna inanılmaktadır. Sosyal bilimcilerin büyük bir çoğunluğunun nanoteknolojiye yönelik olumlu tutuma sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kadınların erkeklere göre daha fazla olumlu tutuma sahip olduğu görülürken, öğretmenlik yapan, 20-35 yaş aralığında olan, yüksek lisans derecesine sahip ve 1-3 yıl iş tecrübesine sahip olan sosyal bilimcilerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarının daha olumlu olduğu tespit edilmiştir. Bunların yanında Pakistan’lı sosyal bilimcilerin yarıdan fazlasının nanoteknolojinin toplum ve insanlık için faydalı olduğuna inandıkları ve yaklaşık yarısının ise nanoteknoloji alanına sosyo-bilimsel destek verilmesi gerektiği görüşünde oldukları belirlenmiştir.

Enil ve Köseoğlu (2016), yaptıkları çalışmada Fen Bilimleri alanında pedagojik formasyon eğitimi alan öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalık düzeyleri, ilgi ve tutumlarını araştırmışlardır. Öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalıkları incelendiğinde cinsiyete göre bir farklılık bulunamamışken, okudukları bölümlere oluşan farklılıkta kimya bölümünde okuyanların farkındalık düzeyleri düşük çıkmıştır.

Much vd. (2019), yaptıkları çalışmada İsrail'deki Arap topluluklarındaki öğretmenler ve öğrenciler arasında nanoteknolojiye yönelik farkındalık ve tutumlarını cinsiyet, okul türü (devlet ya da özel), öğrenci notu, öğretmenlerin eğitim düzeyi ve öğretmenler için deneyim süreleri değişkenleri açısından farklılık olup olmadığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin temel düzeyde nanoteknoloji bilgisine sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca öğretmenlerin ve öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik tutumları arasında bir benzerlik olduğu görülmüştür. Hem öğretmenler hem de öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarında cinsiyete ve okul türüne göre anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoteknolojiye yönelik tutumda öğretmenlerin eğitim derecelerinin ve öğrencilerin sınıf düzeylerinin nanoteknolojiye yönelik tutuma herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak öğretmen ve öğrencilerin nanoteknoloji hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Bu durumların nanoteknolojinin okullarda öğretim müfredatı içerisinde bir ders olarak yer almamasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Şenel Zor vd. (2019), yaptıkları çalışmada bir devlet üniversitesindeki fen bilimleri alanında öğrenim gören 350 öğretmen adayının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirleyerek cinsiyet, bölüm, sınıf düzeyi ve akademik başarı değişkenlerine göre incelemiştir. Öğretmen adaylarının ölçeğin toplam tutum puanlarının ortalamasının $\bar{X}=3,74$ olarak bulunmuştur. Ayrıca öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarında cinsiyet, sınıf düzeyi ve bölümleri arasında anlamlı farklılık bulunamamışken, akademik başarı değişkeninde yüksek akademik başarıya sahip olan öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmuştur.

Bu çalışmaların ortak sonuçları; katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili duyularının en fazla TV, internet ve haber gibi medya aracılığıyla olduğu (Ekli, 2010; Kim vd., 2011; Kim ve Hong, 2010; Winkelmann, 2016), nanobilim ve nanoteknoloji bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu (Ekli ve Şahin, 2010; Much vd., 2019; Zhang vd., 2015), nanobilim ve nanoteknolojinin fayda ve risklerini algılamaya yönelik olduğu (Chen vd., 2013; Ekli, 2010; Fischer vd., 2012; Kahan vd., 2007; Kim vd., 2011; Kim ve Hong, 2010; Nerlich vd., 2007), nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumlarının olduğu (Ekli, 2010; Kim vd., 2011; Kim ve Hong, 2010; Macoubrie, 2006; Şenel Zor vd., 2019) şeklinde değerlendirilebilir.

BÖLÜM 3

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan araştırma yöntemi, çalışma grubu, veri toplama araçları ve veri toplama süreci ile verilerin analiz edilmesinde kullanılan teknikler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden biri olan tarama araştırmalarından “kesitsel tarama” yöntemi kullanılmıştır. Tarama araştırması; bir olaya ya da konuya ilişkin katılımcıların görüşlerinin ya da ilgi, tutum, beceri, yetenek gibi özelliklerinin belirlendiği ve diğer araştırmalara göre daha büyük örneklem üzerinde araştırma yapma imkanı sunan bir araştırma yöntemidir. Kesitsel tarama araştırmaları betimlenecek değişkenlerin tek seferde ölçüldüğü, örneklemin büyük olduğu ve birçok farklı özellikteki topluluğu içeren araştırmalardır (Büyüköztürk vd., 2018). Kesitsel araştırmada, önceden belirlenmiş bir kitleden alınan bir numuneden bilgi toplanır. Ayrıca, tüm verilerin toplanması için geçen süre bir günden birkaç haftaya veya daha uzun süreye kadar sürebilmesine rağmen, bilgi tek seferde de toplanır (Fraenkel ve Wallen, 2009). Bu araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik var olan tutumlarını belirlemek için “Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği” kullanılarak nicel veriler analiz edilmiştir.

3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Bu araştırmanın evrenini Türkiye’de Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalında öğrenim görmekte olan öğretmen adayları oluşturmaktadır. Evrenin çok geniş bir coğrafyada olmasından dolayı örneklemin belirlenmesinde öğretmen adaylarına daha kolay ulaşılması ve zaman etkili olmuştur. Bu araştırmada seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örneklem kullanılmıştır. Uygun örneklem bir araştırma için uygun olan bir grup bireyin seçilmesidir (Fraenkel ve Wallen, 2009). Bu doğrultuda araştırmanın örneklemini 2019-2020 eğitim öğretim yılı bahar dönemi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalında öğrenim görmekte olan öğretmen adayları oluşturmaktadır. Böylece veri analiz sürecine dahil edilen 4. sınıflardan 57, 3. sınıflardan 71, 2. sınıflardan 47, 1. sınıflardan ise 24 öğretmen adayı olmak üzere toplamda 199 öğretmen adayı (170 kız, 29 erkek) araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Tablo 3.1’de araştırmanın örneklemini oluşturan öğretmen adaylarının demografik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3. 1. Araştırmanın çalışma grubunu oluşturan öğretmen adaylarının demografik özellikleri.

Sınıf Düzeyi	Öğrenci Sayısı		Cinsiyet			
	f	%	Kız		Erkek	
			f	%	f	%
1. Sınıf	24	12,1	21	87,5	3	12,5
2. Sınıf	47	23,6	40	85,1	7	14,9
3. Sınıf	71	35,7	60	84,5	11	15,5
4. Sınıf	57	28,6	49	86,0	8	14,0
Toplam	199	100	170	85,4	29	14,6

3.3. Veri Toplama Araçları

Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının çeşitli değişkenlere göre incelenmek amacıyla yapılan bu çalışmada verilerin toplanması için çalışmanın amacına uygun olarak “Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği” (NTY-TÖ) kullanılmıştır. Şenel Zor ve Kan (2018, 2021) tarafından geliştirilerek geçerlilik güvenilirlik analizleri yapılan ölçek, 1 (kesinlikle katılmıyorum), 2 (katılmıyorum), 3 (kararsızım), 4 (katılıyorum), 5 (kesinlikle katılıyorum) olmak üzere beşli derecelendirme ölçeğinde hazırlanmış toplam 24 maddeden oluşmaktadır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 120, en düşük puan ise 24’tür. Ölçekten alınan puan arttıkça nanoteknolojiye yönelik tutumun arttığı söylenebilir. Ölçek; pozitif bileşen (5, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24. maddeler), fayda bileşeni (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18. maddeler) ve negatif bileşen (3, 7, 9, 11, 13, 21. maddeler) olmak üzere üç faktörlü bir yapıya sahiptir. Ölçek 6 tane ters maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin güvenilirliğini kanıtlamak için yapılan güvenilirlik analizi sonucunda ölçeğin Cronbach alfa ($Cr-\alpha$) güvenilirlik katsayısı 0,926 olarak bulunurken, her faktör için ($Cr-\alpha$) güvenilirlik katsayısı sırasıyla 0,889; 0,892 ve 0,813 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda ise fen bilimleri öğretmen adayları üzerinde güvenilirlik çalışması sonucu Cronbach alfa ($Cr-\alpha$) güvenilirlik katsayısı 0,90 olarak belirlenirken, her faktör için ($Cr-\alpha$) güvenilirlik katsayısı sırasıyla 0,859; 0,883 ve 0,789 olarak belirlenmiştir.

3.4. Verilerin Toplanması

Araştırma kapsamında veriler 2019-2020 eğitim öğretim yılı bahar dönemi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalında öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarından 10 Mart 2020 tarihinde gönüllülük esasına dayalı bir şekilde araştırmacı tarafından NTY-TÖ kullanılarak toplanılmıştır.

3.5. Verilerin Analizi

Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek için NTY-TÖ kullanılarak elde edilen veriler SPSS 21 programı aracılığıyla betimsel ve çıkarımsal istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Betimsel analiz ile ortalama ve standart sapma puanlarına bakılırken, çıkarımsal analizde ise varsayımların sağlanma durumuna göre parametrik (Bağımsız t-testi ve Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) testleri kullanılmıştır.

Maddelerin aritmetik ortalamaları aralık katsayısından yararlanılarak yorumlanmıştır. Aralık katsayısı, en yüksek ve en düşük ölçümlerin arasındaki farkın araştırmacı tarafından belirlenen grup sayısına bölünerek hesaplanabilir (Büyüköztürk vd., 2012). Kullanılan ölçek 5'li derecelendirme ölçeği türünde olduğundan dolayı grup sayısı 5 olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmadaki aralık katsayısı; $\alpha=(5-1)/5 = 0,80$ olarak belirlenmiştir. Bu aralık katsayısına göre yapılan gruplandırmada; 1,00-1,80 arasındaki ortalama değerler “Kesinlikle Katılmıyorum”, 1,81-2,60 arasındaki ortalama değerler “Katılmıyorum”, 2,61-3,40 arasındaki ortalama değerlerin “Kararsızım”, 3,41-4,20 arasındaki ortalama değerlerin “Katılıyorum” ve 4,21-5,00 arasındaki ortalama değerlerin ise “Kesinlikle Katılıyorum” derecesinde değere sahip olduğu kabul edilmiştir.

Tutum ölçeğinden elde edilen toplam puanların ve ölçeğin alt boyutlarından alınan puanların cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyine göre farklılaşma gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla verilerin çıkarımsal analizleri yapılmadan önce puanların normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlayamadıkları incelenmiştir. Puanların normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlayamadığı belirlenirken basıklık ve çarpıklık katsayıları incelenmiştir. Puanların normal dağılım sağlaması için kabul gören değer çarpıklık (skewness) katsayısı 3'ten küçük olmalı ve basıklık (kurtosis) katsayısı ise 10'dan küçük olması gerekmektedir (Kline, 2005). Araştırmada değişkenlerin çarpıklık katsayıları (-2,137 ile ,345) arasında değişirken, basıklık katsayılarının ise (-,051 ile 7,983) arasında değiştiği görülmüştür. Bu ölçümlerde dağılımların homojen olduğu durumlarda parametrik testlerden bağımsız t-testi ve Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ölçümlerinden yararlanılarak analiz edilmiş ve analiz sonucu $p=0,05$ anlamlılık seviyesine göre yorumlanmıştır.

BÖLÜM 4

4. BULGULAR

Bu bölümde fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının cinsiyete, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelemek amacıyla NTY-TÖ aracılığıyla elde edilen veriler ve bu verilerin analizleri sonucunda ulaşılan bulgular verilmiştir.

4.1. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanoteknolojiye Yönelik Tutumlarına İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla uygulanan NTY-TÖ'nden elde edilen betimsel istatistik sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4. 1. Öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumları betimsel istatistik sonuçları.

Madde No	\bar{X}	s	Madde No	\bar{X}	s
1	4,31	0,68	13	4,38	0,79
2	4,29	0,74	14	3,27	0,98
3	3,75	0,95	15	4,31	0,75
4	4,11	0,84	16	3,56	0,83
5	3,26	0,99	17	3,09	1,00
6	3,99	0,88	18	3,91	0,78
7	4,02	0,89	19	3,62	0,86
8	4,05	0,78	20	3,02	0,99
9	3,54	1,03	21	4,42	0,80
10	4,24	0,73	22	3,09	0,97
11	4,17	0,85	23	3,35	0,98
12	4,25	0,81	24	3,80	0,95
Genel Toplam				3,78	0,45

*Ters maddeler çevrilerek tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.1'e göre öğretmen adayları 20. madde ile ($\bar{X}=3,02$) en düşük, 21. madde ile ($\bar{X}=4,42$) en yüksek ortalama tutum puanına sahiptirler. Ölçeğin tamamında ise ($\bar{X}=3,78$) tutum ortalama puanı ile "Katılıyorum" derecesinde tutuma sahiptirler. Ayrıca ölçeğin tamamında 6 madde ile (5., 14., 17., 20., 22. ve 23. maddeler) ile "Kararsızım" derecesinde, 11 madde ile (3., 4., 6., 7., 8., 9., 11., 16., 18., 19. ve 24. maddeler) "Katılıyorum" derecesinde, 7 madde ile (1., 2., 10., 12., 13., 15., 21.) "Kesinlikle Katılıyorum" derecesinde ortalama tutum puanına sahiptirler. Bunun yanında "Kesinlikle Katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" derecesinde ortalama puana sahip herhangi bir madde yer almamaktadır.

NTY-TÖ'nden alınan puanlar arttıkça öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik puanları artmaktadır. Bu ölçekten alınan puanlar 24-120 arasında değişmektedir. Bu aralık üç eş parçaya bölünerek 24-55 arası puan alan kişilerin “düşük”, 56-87 arası puan alan kişilerin “orta” ve 88-120 arası puan alan kişilerin “yüksek” düzeyde tutuma sahip olanlar şeklinde üç gruba ayrılmıştır. Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarından aldıkları toplam puanlara göre tutum düzeyleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 2. Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının toplam tutum puanlarının dağılım düzeyi.

Tutum Düzeyi	f	%
Düşük (24-55)	1	0,50
Orta (56-87)	74	37,19
Yüksek (88-120)	124	62,31
Toplam	199	100

Tablo 4.2’ye göre fen bilimleri öğretmen adaylarının %62,31’inin (f=124) nanoteknolojiye yönelik tutumlarının “yüksek” düzeyde olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının %37,19’unun (f=74) “orta” düzeyde tutum gösterdiği ve %0,50’sinin (f=1) “düşük” düzeyde tutum gösterdiği tespit edilmiştir.

4.2. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Cinsiyet Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının cinsiyetlerine göre nanoteknolojiye yönelik tutum düzeylerine ilişkin betimsel istatistik sonuçları Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4. 3. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ’nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanlarının cinsiyet değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.

Alt Boyutlar	Cinsiyet	N	\bar{X}	s
Pozitif	Kız	170	29,67	5,81
	Erkek	29	32,31	5,83
Fayda	Kız	170	37,41	4,93
	Erkek	29	37,79	5,70
Negatif	Kız	170	24,21	3,54
	Erkek	29	24,59	4,79
Toplam	Kız	170	90,23	10,77
	Erkek	29	93,51	11,12

Tablo 4.3'te görüldüğü gibi kız öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutlarından pozitif alt boyutundan ($\bar{X}=29,67$), fayda alt boyutundan ($\bar{X}=37,41$) ve negatif alt boyutundan ($\bar{X}=24,21$) aldıkları ortalama puanların, erkek öğretmen adaylarının ölçeğin pozitif alt boyutundan ($\bar{X}=32,31$), fayda alt boyutundan ($\bar{X}=37,79$) ve negatif alt boyutundan ($\bar{X}=24,59$) aldıkları puanlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun yanında toplam tutum puanları incelendiğinde kız öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanların ($\bar{X}=90,23$), erkek öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanlardan ($\bar{X}=93,51$) daha düşük olduğu görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nden aldıkları ortalama puanların cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları arasında anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla parametrik olan testlerden bağımsız t-testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4. 4. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarının cinsiyet değişkenine göre t-testi sonuçları.

Alt Boyutlar	Cinsiyet	N	\bar{X}	s	sd	t	p
Pozitif	Kız	170	29,67	5,81	197	-2,256	,025
	Erkek	29	32,31	5,83			
Fayda	Kız	170	37,41	4,93	197	-,382	,703
	Erkek	29	37,79	5,70			
Negatif	Kız	170	24,21	3,54	197	-,498	,619
	Erkek	29	24,59	4,79			
Toplam	Kız	170	91,21	11,63	197	-1,510	,133
	Erkek	29	94,76	12,02			

Tablo 4.4'e göre NTY-TÖ'nin pozitif alt boyutunda öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre kız öğretmen adayları ($\bar{X}=29,67$; $s=5,81$) ile erkek öğretmen adaylarının ($\bar{X}=32,31$; $s=5,83$) aldıkları ortalama tutum puanları arasında erkek öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır [$t(197):-2,256$, $p < 0,05$]. Buna karşılık NTY-TÖ'nin fayda alt boyutunda kız öğretmen adayları ($\bar{X}=37,41$; $s=4,93$) ile erkek öğretmen adaylarının ($\bar{X}=37,79$; $s=5,70$) aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır [$t(197):-,382$, $p > 0,05$]. NTY-TÖ'nin negatif alt boyutunda kız öğretmen adayları ($\bar{X}=24,21$; $s=3,54$) ile erkek öğretmen adaylarının ($\bar{X}=24,59$; $s=4,79$) aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır [$t(197):-,498$, $p > 0,05$]. NTY-TÖ'nden alınan toplam tutum puanlarına göre ise kız öğretmen adayları ($\bar{X}=91,21$; $s=11,63$) ile erkek öğretmen

adaylarının ($\bar{X}=94,76$; $s=12,02$) aldıkları ortalama puanlar arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır [$t(197):-1,510$, $p>0,05$].

4.3. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Sınıf Düzeyi Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının sınıf düzeylerine göre nanoteknolojiye yönelik tutum düzeylerine ilişkin betimsel istatistik sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4. 5. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanların sınıf düzeyi değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.

Alt Boyut	Sınıf Düzeyi	N	\bar{X}	s
Pozitif	1. Sınıf	24	29,41	5,65
	2. Sınıf	47	28,51	6,13
	3. Sınıf	71	31,70	5,25
	4. Sınıf	57	29,56	6,12
Fayda	1. Sınıf	24	38,17	4,32
	2. Sınıf	47	36,74	4,41
	3. Sınıf	71	37,51	6,45
	4. Sınıf	57	37,70	3,66
Negatif	1. Sınıf	24	23,46	4,02
	2. Sınıf	47	24,28	2,71
	3. Sınıf	71	24,45	4,60
	4. Sınıf	57	24,37	3,14
Toplam	1. Sınıf	24	90,63	9,79
	2. Sınıf	47	89,02	9,17
	3. Sınıf	71	92,20	12,71
	4. Sınıf	57	90,30	10,05

Tablo 4.5'te görüldüğü gibi öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nden aldıkları ortalama puanlar birbirinden farklıdır. Tutum ölçeğinin alt boyutları incelendiğinde pozitif alt boyutunda 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=31,70$) ortalama ile en yüksek ortalama puana sahipken, 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=28,51$) ortalama ile en düşük ortalama puana sahiptirler. Fayda alt boyutunda, 1. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=38,17$) ortalama ile en yüksek ortalama puana sahipken, 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=36,74$) ortalama ile en düşük ortalama puana sahiptirler. Negatif alt boyutunda, 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları

($\bar{X}=24,45$) ortalama ile en yüksek ortalama puana sahipken, 1. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=23,46$) ortalama ile en düşük ortalama puana sahiptirler. Tutum ölçeğinden alınan toplam puanların ortalaması incelendiğinde ise 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=92,20$) ortalama ile en yüksek ortalama puana sahipken, 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adayları ($\bar{X}=89,02$) ortalama ile en düşük ortalama puana sahiptirler.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutlarından aldıkları ortalama puanlar ile toplam tutum puanların sınıf düzeyi değişkenine göre anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla parametrik testlerden Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4. 6. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanlarından aldıkları ortalama puanların sınıf düzeyi değişkenine göre Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) testi sonuçları.

Alt Boyutlar	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Sd	F	p	η^2	Anlamlı Fark
Pozitif	Gruplar Arası	328,875	109,625	3	3,293	,022	,048	2-3
	Gruplar İçi	6492,402	33,294	195				
	Toplam	6821,276		198				
Fayda	Gruplar Arası	39,522	13,174	3	,516	,672	,008	
	Gruplar İçi	4979,946	25,538	195				
	Toplam	5019,467		198				
Negatif	Gruplar Arası	18,681	6,227	3	,442	,723	,007	
	Gruplar İçi	2746,203	14,083	195				
	Toplam	2764,884		198				
Toplam	Gruplar Arası	300,900	100,300	3	,849	,469	,013	
	Gruplar İçi	23035,773	118,132	195				
	Toplam	23336,673		198				

Tablo 4.6'ya göre NTY-TÖ'nin pozitif alt boyutunda öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır ($F=3,293$; $p<0,05$). Gruplar arasındaki anlamlı farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla post hoc test karşılaştırmalarından Tukey sonuçlarına göre, 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının ($\bar{X}=31,70$; $s=5,25$), 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarına ($\bar{X}=28,51$; $s=6,13$) göre nanoteknolojiye yönelik daha yüksek tutuma

sahip olduğu belirlenmiştir. NTY-TÖ'nin fayda alt boyutunda öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($F=,516$; $p>0,05$). NTY-TÖ'nin negatif alt alt boyutunda öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($F=,442$; $p>0,05$). Bunun yanında NTY-TÖ'nden alınan toplam tutum puanlarına göre öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($F=,849$; $p>0,05$).

4.4. Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Akademik Başarı Düzeyi Değişkenine Göre Nanoteknolojiye Yönelik Tutumuna İlişkin Bulgular

Öğretmen adaylarının akademik başarı düzeylerine göre nanoteknolojiye yönelik tutum düzeylerine ilişkin betimsel istatistik sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4. 7. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutları ile toplam tutum puanından aldıkları ortalama puanların akademik başarı düzeyi değişkenine göre betimsel istatistik sonuçları.

Alt Boyutlar	Başarı Düzeyi	N	\bar{X}	s
Pozitif	Yüksek	98	30,32	5,79
	Düşük	101	29,81	5,97
Fayda	Yüksek	98	38,10	4,41
	Düşük	101	36,84	5,52
Negatif	Yüksek	98	24,89	3,62
	Düşük	101	23,66	3,76
Toplam	Yüksek	98	91,73	10,94
	Düşük	101	89,72	10,72

Tablo 4.7'de görüldüğü gibi yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutlarından pozitif alt boyutundan ($\bar{X}=30,32$), fayda alt boyutundan ($\bar{X}=38,10$) ve negatif alt boyutundan ($\bar{X}=24,89$) aldıkları ortalama puanların, düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının ölçeğin pozitif alt boyutundan ($\bar{X}=29,81$), fayda alt boyutundan ($\bar{X}=36,84$) ve negatif alt boyutundan ($\bar{X}=23,66$) aldıkları puanlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunların yanında toplam puanlar incelendiğinde yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanların ($\bar{X}=91,73$), düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanlardan ($\bar{X}=89,72$) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nin alt boyutlarından aldıkları ortalama puanlar ile toplam tutum puanların akademik başarı düzeyi değişkenine göre anlamlı farklılık

olup olmadığını belirlemek amacıyla parametrik testlerden bağımsız t-testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4. 8. Öğretmen adaylarının NTY-TÖ’nin alt boyutları ile toplam tutum puanının akademik başarı düzeyi değişkenine göre t-testi sonuçları.

Alt Boyutlar	Başarı Düzeyi	N	\bar{X}	s	sd	t	p
Pozitif	Yüksek	98	30,32	5,79	197	-,605	,546
	Düşük	101	29,81	5,97			
Fayda	Yüksek	98	38,10	4,41	197	-1,775	,077
	Düşük	101	36,84	5,52			
Negatif	Yüksek	98	24,89	3,62	197	-2,337	,020
	Düşük	101	23,66	3,76			
Toplam	Yüksek	98	91,73	10,94	197	-1,309	,192
	Düşük	101	89,72	10,72			

Tablo 4.8’e göre NTY-TÖ’nin negatif alt boyutunda öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyi değişkenine yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adayları (\bar{X} =24,89; s =3,62) ile düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının (\bar{X} =23,66; s =3,76) aldıkları ortalama tutum puanlarına arasında yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır [t(197):-2,337, p <0,05]. Buna karşılık NTY-TÖ’nin pozitif alt boyutunda yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adayları (\bar{X} =30,32; s =5,79) ile düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının (\bar{X} =29,81; s =5,97) aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır [t(197):-,605, p >0,05]. NTY-TÖ’nin fayda alt boyutunda yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adayları (\bar{X} =38,10; s =4,41) ile düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının (\bar{X} =36,84; s =5,52) aldıkları ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır [t(197):-1,775, p >0,05]. Ayrıca NTY-TÖ’nden alınan toplam tutum puanlarına göre yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adayları (\bar{X} =91,73; s =10,94) ile düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının (\bar{X} =89,72; s =10,72) aldıkları toplam tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır [t(197):-1,309, p >0,05].

BÖLÜM 5

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuç

Bu bölümde fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek ve bunları cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelemek amacıyla yapılan bu çalışmanın bulguları aşağıda ilgili literatür kapsamında maddeler halinde tartışılmış ve yorumlanarak sonuçlara ulaşılmıştır.

5.1.1. Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar

NTY-TÖ kullanılarak fen bilimleri öğretmen adaylarının tüm boyutlarda nanoteknolojiye yönelik tutum ortalama puanları $\bar{X}=3,78$ olarak bulunmuştur. Ayrıca fen bilimleri öğretmen adaylarının çoğunluğunun nanoteknolojiye yönelik tutumlarının “Katılıyorum” derecesinde/yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Khalid vd., 2016; Kim vd., 2011; Kim ve Hong, 2010; Macoubrie, 2006; Şenel Zor vd., 2019). Ayrıca literatürdeki çalışmalar incelendiğinde nanoteknolojiye yönelik tutum, nano kavramları ile ilgili algı, bilgi, karşılaşma ve nanoteknolojinin yararları ve risklerini algılama ile ilişkilendirilmiştir. Ghattas (2015) nanoteknolojinin fen sınıflarında uygulanmasına yönelik fen bilimleri öğretmenlerinin tutumlarının bilgi, özgüven eksikliği, sosyal etkiler, okul ve öğrenci türü, kişisel bakış açısı, zaman ve kaynak kısıtlılığı gibi çeşitli etkenlerden de etkilendiğini belirtmiştir. Chen vd. (2013) nanoteknoloji bilgisi, nanoteknolojik uygulamaların faydaları ve riskleri halkın nanoteknolojiye yönelik tutumlarını etkilediği sonucuna varmışlardır. Pillai ve Bezbaruah (2017) nanoteknolojiye yönelik algı-tutum arasında bir ilişki olduğunu ve nanoteknoloji ile ilgili algılanan faydaların ve risklerin tutumu belirlediği sonucuna varmıştır. Kim ve Hong (2010), fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye yönelik tutumlarını araştırdıkları çalışmada, fen bilimleri öğretmenlerinin olumlu tutumlarının olduğunu ve nanoteknolojik uygulamalara göre nanoteknolojinin faydalarına ve risklerine karşı farklı tutumlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Kim vd. (2011) yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin nanoteknolojiye yönelik tutumlarının incelendiği çalışmada fen lisesi öğrencilerinin genel lise öğrencilerine göre tutumlarının ve bilgi düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Khalid vd. (2016) Pakistan’da sosyal bilimcilerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarını inceledikleri çalışmada öğretmenlik yapan, yüksek lisans derecesine sahip olan ve iş deneyimine sahip olan

sosyal bilimcilerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ekli (2010) ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji hakkında bilgi düzeyi arttıkça nanoteknolojiye olan güvenin artacağına belirtmiştir. Lee vd. (2005) nanoteknolojiye yönelik tutumun bilgiyle bir etkileşim halinde olduğunu belirterek, insanların nanoteknolojiye yönelik tutumlarının bilim insanlarına karşı duyulan güvenle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca nanoteknolojiye yönelik bilgi düzeyinin artması ile nanoteknolojik uygulamaların faydaları ve riskleri de daha bilinçli bir şekilde algılanacağı için nanoteknolojiye yönelik tutumun daha yüksek düzeye gelebileceği düşünülebilir. Much vd. (2019) öğretmen ve öğrencilerin nanoteknoloji hakkında yeterli bilgiye sahip olmamalarını, nanoteknolojinin okullarda öğretim müfredatı içerisinde bir ders olarak yer almamasından kaynaklandığı şeklinde ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda nanoteknolojinin fen müfredatlarına dahil edilerek fen bilimleri öğretmen adaylarının bilgi düzeyinin artırılmasının nanoteknolojiye yönelik tutumu artmasına neden olabileceği söylenebilir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde nanoteknolojiye yönelik tutumun duyuma ilişkilendirildiği görülmektedir. Kim ve Hong (2010) fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknolojiye daha fazla TV, internet gibi kaynaklar aracılığıyla karşılaştığını belirtmişlerdir. Ekli (2010) ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji ile ilgili bilgilerinin ve duyularının yetersiz olduğu ve duyularının daha çok TV, internet, radyo, gazete gibi kaynaklardan edinildiği sonucuna varmıştır. Kim vd. (2011) lise öğrencilerin nanoteknolojiye en fazla TV ve internet gibi ağlardan bilgi edindikleri ancak fen bilimleri öğretmenlerine ve nanoteknoloji araştırmacılara daha fazla güven duydukları belirtilmiştir. Bu doğrultuda nanoteknolojiye yönelik tutumun en fazla TV ve internet gibi sosyal ağlardan olmasına rağmen öğrenciler fen bilimleri dersine ve fen bilimleri öğretmenlerine daha fazla güven duydukları da düşünüldüğünde nanoteknolojinin daha iyi anlaşılabilmesi için nanoteknolojinin fen bilimleri dersine entegre edilmesi, üniversitelerin fen alanlarına nanoteknoloji ile ilgili zorunlu ya da seçmeli derslerin eklenmesi, bu alanda çeşitli kursların açılması ve öğretmenler için hizmet içi eğitimlerin verilmesiyle ilişkilendirilebilir.

NTY-TÖ'nde fen bilimleri öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun nanoteknoloji ile TV, haber ya da reklam vb. aracılığıyla karşılaştıklarını ve sahip oldukları tutumlarının yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Ülkemizde nanobilim ve nanoteknolojinin Türkiye'de yayınlanan ulusal gazetelerde işleniş ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Çalık vd., 2021; Kamanlıoğlu ve Güzeloğlu, 2010; Şenocak, 2017). Türkiye'deki ulusal gazetelerin Şenocak

(2017), 1991-2015 yılları arasında, Kamanlıoğlu ve Güzeloğlu (2010), 2005-2009 yılları arasında, Çalık vd. (2021) ise 2011-2018 yılları arasında incelendiği çalışmalarda nano içerikli haberlerde yıllara göre genel bir artış gözleendiği, haberlerin içeriklerinin daha çok nanoteknolojinin bilimsel keşiflerine ve ticari uygulamalarına yönelik olduğu ve haberlerin içeriklerinde olumlu bir yaklaşımın bulunduğu sonucuna varılmıştır. Çalık Bostancı vd. (2021), nanobilim ve nanoteknolojinin ölkemizde yayınlanan TÜBİTAK popüler bilim dergilerine yansımalarının incelenmesinin amaçlandığı çalışmalarında “nano” içerikli makalelerin sayılarında yıllara göre genel bir artış olduğu, makalelerin içeriklerinde nanobilim ve nanoteknolojinin bilimsel araştırma ve keşifleri ile geleceğe yönelik beklentilerinin baskın olduğu, makalelerin içeriklerindeki yaklaşımın olumlu yönde olduğu ve gençlere yönelik hazırlanan Bilim ve Teknik dergisinde makalelerin sayılarının daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda ölkemizde nanobilim ve nanoteknolojinin gazete haberlerinde ve popüler bilim dergilerinde yer alan makalelerde yıllara göre sayılarındaki artışların fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji ile daha fazla karşılaşmalarına ve böylece nanoteknolojiye yönelik tutumlarının artmış olabileceği ile ilişkilendirilebilir.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının NTY-TÖ’nde nanoteknolojinin günlük yaşama ve topluma yönelik faydalarını içeren fayda alt boyutundan aldıkları ortalama puanların ($\bar{X}=4,16$), ölçekten alınan toplam puanların ortalamasından ($\bar{X}=3,78$) yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Nanoteknolojinin faydaları ve riskleri hakkında nesnel gerçekleri bilim insanları ve mühendisler ortaya koymaya çalışırken, halkın fayda ve riskleri nasıl algıladığının araştırılması da önem taşımaktadır (Currall vd., 2006). Nanoteknolojiye yönelik tutumların nanoteknolojinin fayda ve risklerini algılamaya çalışmakla arasında bir bağ olduğu görölmektedir (Chen vd., 2013; Ekli, 2010; Fischer vd., 2012; Kahan vd., 2007; Kim vd., 2011; Kim ve Hong, 2010; Nerlich vd., 2007). Ekli (2010) çalışmasında ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin büyük çoğunluğunun nanoteknolojinin faydalarının fazla olduğunu belirttikleri ve öğrencilerin nanoteknolojinin riskleri hakkında çok az bilgiye sahip oldukları sonucuna ulaşmıştır. Kim ve Hong (2010), fen bilimleri öğretmenlerinin, nanoteknolojinin faydaları kadar nanoteknolojinin risklerini de algıladıkları sonucuna ulaşmışlardır. Fischer vd. (2013) nanoteknoloji uygulamalarının fayda ve riskleri hakkındaki bilgilerinin nanoteknolojiye yönelik tutumları nasıl etkilediğini araştırdıkları çalışmalarında risk ve fayda bilgisinin ortalama tutumu etkilemediğini, ancak nanoteknoloji hakkında bir kutuplaşma oluşturduğunu belirtmişlerdir. Chen vd. (2013) çalışmalarında nanoteknoloji uygulamalarına yönelik halkın tutumlarının, nanoteknoloji uygulamalarının algılanan yararları ve riskleri tarafından belirlendiğini sonucuna

varılmıştır. Kim vd. (2011) çalışmalarında lise öğrencileri nanoteknoloji uygulamalarına karşı olumlu tutumlar sergilerken, kişisel bilgi çiplerine ve nano-tat artırıcılara karşı olumsuz tutumlar göstermektedirler. Ayrıca nanoteknoloji ile en çok TV, haber ya da reklam gibi medya aracılığıyla karşılaşıldığı düşünüldüğünde, medyada nanoteknolojinin yararlarına ve risklerine ne kadar değinildiği önem taşımaktadır. Ülkemizde yayınlanan gazete haberlerinin içeriklerinde nanoteknolojinin olumlu yönlerine daha fazla odaklanılırken risklerine çok az değinildiği görülmektedir (Çalık vd., 2021; Kamanlıoğlu ve Güzeloğlu, 2010; Şenocak, 2017). Bunlara ek olarak TÜBİTAK popüler bilim dergilerinden Bilim Çocuk ve Bilim ve Teknik dergilerinde yer alan makalelerde nanoteknolojinin olumlu yönlerine değinilirken, risklerine çok az yer verildiği tespit edilmiştir (Çalık Bostancı vd., 2021). Mevcut çalışmadaki fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojinin faydalı yönlerine odaklanmalarının, medyada nanoteknolojinin yararları ile daha çok karşılaşırken riskleri ile çok nadir karşılaşmaları ile ilişkilendirilebilir.

5.1.2. Fen bilimleri öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar

Fen bilimleri öğretmen adaylarının cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, erkek öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nden aldıkları ortalama puanlarının, kız öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanlardan yüksek olmasına rağmen, cinsiyet ile nanoteknolojiye yönelik tutum arasında ölçeğin negatif ve fayda alt boyutları ile toplam tutum puanlarında anlamlı fark bulunmamaktadır. Bunlara karşılık NTY-TÖ pozitif alt boyutuna göre erkek öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalar incelendiğinde Senocak (2014) nanoteknolojiye yönelik aşinalık ile cinsiyet arasında erkekler lehine anlamlı fark bulunduğu sonucuna varmıştır. Benzer şekilde Ekli (2010) ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin cinsiyete göre nanoteknolojiye yönelik temel bilgi ve görüşleri arasında erkekler lehine anlamlı farklılık tespit ederken, öğrencilerin teknolojiye yönelik tutumlarında da erkek öğrenciler lehine anlamlı farklılaşma bulunmuştur. Bunlara karşılık Şenel Zor vd. (2019) fizik, kimya, biyoloji ve fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını çeşitli değişkenlere göre incelemeyi amaçladıkları çalışmada öğretmen adaylarının ortalama tutum puanları arasında cinsiyete göre anlamlı fark bulunmadığı belirlenmiştir. Much vd. (2019) İsrail'deki Arap topluluklarındaki öğretmenler ve öğrenciler arasında nanoteknolojiye yönelik tutumlarını ve farkındalıklarını incelemeyi amaçladıkları çalışmada hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin tutumlarında cinsiyete göre farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Khalid vd. (2016) tarafından Pakistan'da sosyal

bilimcilerin nanoteknolojiye yönelik genel tutumlarının incelendiği çalışmada kadın sosyal bilimcilerin, erkek sosyal bilimcilere göre daha fazla olumlu tutuma sahip olduğu görülmektedir.

Nanoteknolojiye yönelik tutum cinsiyet açısından incelendiğinde, erkek öğretmen adaylarının kız öğretmen adaylarına göre nanoteknolojiye yönelik tutumlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Chang vd. (2009) öğrencilerin teknolojiye karşı tutumlarını inceledikleri çalışmalarında cinsiyet ile teknolojiye yönelik tutumlar arasındaki farklılıkları psikolojik ve kimlik faktörlerine, sosyal faktörlere, müfredat, pedagoji ve okul faktörlerine ve kariyer faktörlerine bağlamışlardır. Bu bağlamda kız ve erkek öğrencilerin teknoloji hakkında sahip oldukları bilgi seviyelerinin farklı olmasından ve erkeklerin yeni teknolojik konulara kızlardan daha çok ilgi göstermesinden dolayı teknolojiye yönelik tutumda cinsiyete göre farklılıklar oluşabilmektedir (Fang vd., 2007). Ekli (2010) çalışmasında erkek öğrencilerin günlük yaşamda teknolojiye ilgi duydukları, teknolojiyi daha çekici ve ilginç buldukları ve bu alanda kariyer yapma istekleri olduğu sonucuna ulaşılırken, kız öğrencilerin ise teknoloji alanında kariyer yapma isteklerinin çok olmadığı tespit edilmiştir. Bunun nedeninin ise kız ve erkek öğrencilerin teknoloji bilgilerinin ve teknoloji kullanım seviyelerinin arasındaki farklılık olabileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada da erkek öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının daha yüksek olması, günümüz teknolojilerinden biri olan nanoteknolojiye yönelik ilginin ve eğilimin erkek öğretmen adaylarında daha fazla olması ile ilişkilendirilebilir.

5.1.3. Fen bilimleri öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar

Fen bilimleri öğretmen adaylarının sınıf düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının NTY-TÖ'nden aldıkları toplam puanların en yüksek ortalama puana sahip olduğu görülürken, 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının ise en düşük ortalama puana sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sınıf düzeyi ile nanoteknolojiye yönelik tutum arasında NTY-TÖ negatif ve fayda alt boyutları ile toplam tutum puanlarında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Buna karşılık NTY-TÖ pozitif alt boyutunda 3. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının 2. sınıfta öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarına göre nanoteknolojiye yönelik daha yüksek tutuma sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu farklılığın öğretmen adaylarının öğrenim gördükleri sınıf düzeyinde tercih ettikleri seçmeli derslerin içeriğinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği

bölümünde 3. sınıfta okutulan alan eğitimi seçmeli derslerinden biri olan “Bilimin Teknolojideki Uygulamaları” dersinde yarı iletken teknolojileri, nanoteknoloji ve değişik fiziksel sensörler gibi konuların işlenmesinin 3. Sınıfta öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik daha yüksek tutuma sahip olmaları ile ilişkilendirilebilir. Buna karşılık literatürde Şenel Zor vd. (2019) fen bilimleri, fizik, kimya ve biyoloji alanındaki öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını inceledikleri çalışmada, sınıf düzeyi değişkeni ile öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik ortalama tutum puanları arasında anlamlı farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir.

5.1.4. Fen bilimleri öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumuna ilişkin tartışma ve sonuçlar

Fen bilimleri öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyi değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelendiğinde, yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının NTY-TÖ’nden aldıkları toplam puanların, düşük başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının aldıkları ortalama puanlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca akademik başarı düzeyi ile nanoteknolojiye yönelik tutum arasında NTY-TÖ pozitif ve fayda alt boyutları ile toplam tutum puanlarında anlamlı fark bulunmamaktadır. Bunlara karşılık NTY-TÖ negatif alt boyutunda yüksek başarı düzeyine sahip öğretmen adaylarının lehine anlamlı farklılık bulunmaktadır. Literatürde benzer olarak Şenel Zor vd. (2019) fen alanındaki öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyine göre nanoteknolojiye yönelik tutumlarına etkisini araştırmışlar ve anlamlı farklılık elde edildiğini belirtmişlerdir. Yüksek akademik başarı düzeylerine sahip öğretmen adaylarının, orta düzey akademik başarıya sahip öğretmen adaylarına göre nanoteknolojiye yönelik tutum ölçeğinden aldıkları ortalama puanlar arasında yüksek akademik başarı düzeylerine sahip öğretmen adayları lehine anlamlı farklılık görülmektedir. Ekli (2010) öğrencilerin fen derslerindeki başarı notunun nanoteknolojiye yönelik görüşlere etkisini araştırdığı çalışmasında fen derslerindeki başarı notu arttıkça nanoteknolojiye yönelik olumlu görüşlerin de arttığı sonucuna ulaşmıştır. Kim vd. (2011) lise öğrencilerinin nanoteknolojiye yönelik algılarını ve tutumlarını incelemeyi amaçladıkları çalışmada, fen lisesi öğrencilerinin genel lise öğrencilerine göre nanoteknolojiye karşı daha fazla olumlu tutuma sahip oldukları tespit edilmiştir. Emrahoğlu ve Öztürk (2010) fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarının bilişsel farkındalıklarına etkisini inceledikleri çalışmada, öğretmen adaylarının akademik başarı düzeyleri ile bilişsel farkındalık beceri düzeyleri arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu bağlamda akademik başarının nanoteknolojiye yönelik farkındalıkları olumlu yönde etkileyeceği

söylenbilir. Nanoteknolojiye yönelik farkındalıkların artırılmasının ise nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumların geliştirilmesinde etkisi olduğu düşünülmektedir. Ahmed vd. (2015) nanoteknoloji yönelik farkındalık düzeyinin eğitim süresi arttıkça önemli ölçüde arttığı ve nanoteknoloji ve uygulamaları hakkında daha yüksek bir farkındalık seviyesinin ve daha yüksek bir eğitim seviyesinin, katılımcıların nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Bunun yanında Şenel Zor (2017) çalışmasında etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarında olumlu bir artış olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda akademik başarısı yüksek öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik görüş ve farkındalıklarının yüksek olması ve buna bağlı olarakta nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumlar geliştirmeleri arasında bir bağ bulunduğu görülmektedir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, sonuçlardan muhtemel etkilenebilecek ve sonuçların fayda sağlayabileceği gruplar olarak; benzer bir konuda çalışmak isteyen araştırmacılara ve bu alandaki eğitimcilere öneriler sunulmuştur.

Bu çalışmada sadece fen bilimleri öğretmen adaylarının cinsiyet, sınıf düzeyi ve akademik başarı düzeyi gibi değişkenlere göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelenmiştir. Gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalarda başka alanlardaki öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutum düzeyleri araştırılarak fen alanlarındaki öğretmen adayları ile çeşitli alanlardaki öğretmen adaylarının tutum düzeyleri karşılaştırılabilir.

Ayrıca ülkemizde öğrencilerin ve öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarını inceleyen çalışmalar bulunurken, öğretmenlerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarını inceleyen çalışma bulunmamaktadır. Öğretmenlerin branş, eğitim durumu, yaş, cinsiyet ve çalıştıkları kurum (devlet ya da özel) gibi değişkenlere göre nanoteknolojiye yönelik tutumları incelenerek karşılaştırılabilir.

Geleceğin nanoteknoloji uzmanlarını yetiştirecek olan fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik fayda ve risk algılarının geliştirilmesiyle birlikte nanoteknolojiye yönelik tutumlarının da artacağı düşünülmektedir. Bu noktada nanoteknoloji duyum kaynaklarından biri olan medyada nanoteknolojinin faydalarına olduğu gibi risklerine de daha fazla yer verilebilir.

Nanoteknoloji alanındaki bilgi düzeyi ile nanoteknolojiye yönelik tutum arasında bir etkileşim bulunmaktadır. Nanoteknolojiye yönelik olumlu tutumların geliştirilebilmesi için nanoteknoloji alanındaki bilgi eksiklikleri giderilmeli ve bilgi düzeyini arttıracak ulusal ve uluslararası planlamalar yapılabilir. Ayrıca nanoteknoloji alanındaki bilgi düzeylerinin daha küçük yaşlarda artırılması amacıyla nanoteknolojinin ilkökul, ortaokul ve lise düzeylerinde eğitim programlarına alınarak fen bilimleri dersi müfredatlarına dahil edilebilir ve bu alanda çeşitli kurslar açılabilir. Bunlara ek olarak üniversitelerde seçmeli ders olarak okutulabilir ve mevcut okullardaki öğretmenler için hizmet içi eğitimler verilebilir.

Kız öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik tutumlarını arttırmak için, etkinlik temelli eğitimler ve işbirlikçi çalışma ile nanoteknolojik uygulamalara daha ilgili ve istekli hale getirilerek bu alanda merak oluşturulabilir.

Çeşitli teknolojik materyallerin kullanılmasının teknolojiye yönelik olumlu tutumları artırması (Ekli, 2010) dikkate alınarak, okullarda ve çeşitli kurslarda nanoteknolojik materyaller temin edilmelidir. Ayrıca üniversitelerin araştırma merkezlerinde nano boyutta görüntü alınabilen ve nanoteknoloji alanındaki uygulama yapabilen cihazlar kullanılarak etkinlik temelli nanoteknoloji eğitimi verilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, T., Imdad, S., Yaldram, K., & Raza, S. M. (2015). Awareness and attitude about nanotechnology in Pakistan. *Journal of Nano Education*, 7, 44–51. <https://doi.org/10.1166/jne.2015.1074>
- Akdeniz, N. (2017). *Fen bilimleri öğretmen adaylarına yönelik nanobilim kavramsal anlama testinin geliştirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- Anjum, S., Ishaque, S., Fatima, H., Farooq, W., Hano, C., Abbasi, B. H., & Anjum, I. (2021). Emerging applications of nanotechnology in healthcare systems: Grand challenges and perspectives. *Pharmaceuticals*, 14(8), 707. <https://doi.org/10.3390/ph14080707>
- Asif, A. K. M. A., & Hasan, M. Z. (2018). Application of nanotechnology in modern textiles: A review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8(2), 227–231.
- Aznar, M. F. (2011). Teaching nanotechnology. In J. L. Feather, & M. F. Aznar (Eds.), *Nanoscience education, workforce training, and K-12 resources*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Baalousha, M., How, W., Valsami-Jones, E., & Lead, J. R. (2014). Overview of environmental nanoscience. In E. Valsami-Jones, & J. R. Lead (Eds.), *Frontiers of nanoscience* (pp. 1–54). Elsevier.
- Bach, A. M., & Waitz, T. (2015). International activities in nanoscale science and engineering education. *International Conference New Perspectives In Science Education, Florence, Italy*.
- Balaban, M. (2018). Nanometrology. İçinde M. Ersöz, I. Arzum, ve M. Balaban (Eds.), *Nanotechnology 1 fundamentals of nanotechnology* (s. 47–57). Bilal Ofset.
- Ban, K., & Kocijancic, S. (2011). Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula. *2nd World Conference on Technology and Engineering Education. Slovenia*, 78-83.
- Barozzi, M. (2018). SEM analizi. İçinde M. Ersöz, M. Sulak, M. Bersani, A. Işıtan, M. Balaban, Z. Yakar, C. G. Ünlü, ve V. Onar (Eds.), *Nanoteknoloji 2-karakterizasyon ve uygulamalar* (1. Baskı., s.21-33). Bilal Ofset.
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2020). The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical–physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25, 112. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: Lessons from nature – an overview. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 367, 1445–1486. <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0011>
- Bhushan, B. (2010). Introduction to nanotechnology. In B. Bhushan (Ed.), *Springer handbook of nanotechnology* (3rd ed., pp. 1–13). Springer-Verlag.

- Bhushan, B. (2015). Governance, policy, and legislation of nanotechnology: A perspective. *Microsystem Technologies*, 21, 1137–1155. <https://doi.org/10.1007/s00542-015-2511-x>
- Bhushan, B. (2017). Introduction of nanotechnology. In B. Bhushan (Ed.), *Springer handbook of nanotechnology* (4th ed., pp.1-19). Springer Verlag.
- Bhushan, B., & Jung, Y. C. (2008). Wetting, adhesion and friction of superhydrophobic and hydrophilic leaves and fabricated micro/nanopatterned surfaces. *Journal Of Physics: Condensed Matter* 20, 225010. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/20/22/225010>
- Boca, G. D. (2018). Impact of nanotechnology. In M. Ersöz, A. Işitan, ve M. Balaban (Eds.), *Nanotechnology 1 fundamentals of nanotechnology* (1nd ed., pp. 58-70). Bilal Ofset.
- Braman, D., Kahan, D. M., Slovic, P., Gastil, J., & Cohen, G. L., "Affect, values, and nanotechnology risk perceptions: an experimental investigation" (2007). GW Law Faculty Publications & Other Works. 207. https://scholarship.law.gwu.edu/faculty_publications/207
- Bryan, L. A., Magana, A. J., & Sederberg, D. (2015). Published research on pre-college students' and teachers' nanoscale science, engineering, and technology learning. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 7–32. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0029>
- Burri, R. V., & Bellucci, S. (2008). Public perception of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 387–391. <https://doi.org/10.1007/s11051-007-9286-7>
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö., ve Köklü, N. (2012). *Sosyal bilimler için istatistik*. Pegem Akademi Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2018). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (24. Baskı). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Chang, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nanotoday*, 1(2), 6–7.
- Chang, S.-N., Yeung, Y.-Y., & Cheng, M. H. (2009). Ninth graders' learning interests, life experiences and attitudes towards science & technology. *Journal of Science Education and Technology*, 18(5), 447–457. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9162-6>
- Chen, M.-F., Lin, Y.-P., & Cheng, T.-J. (2013). Public attitudes toward nanotechnology applications in Taiwan. *Technovation*, 33(2–3), 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.11.008>
- Chien-Yun, D., Wan-Fei, C., Yu-Hsi, Y., & Chia-Hung, Y. (2012). A study on modification of knowledge, attitude and practice on vocational high school electronics courses integrated with nanotechnology concept. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*, 4(1), 73–79. <https://doi.org/10.5383/ijtee.04.01.011>
- Currall, S. C., King, E. B., Lane, N., Madera, J., & Turner, S. (2006). What drives public acceptance of nanotechnology? *Nature Nanotechnology*, 1(3), 153–155. <https://doi.org/10.1038/nnano.2006.155>

- Çalık Bostancı, Ş., Boyraz, A., Şenel Zor, T., Zor, E., ve Aslan, O. (2021). Nanobilim ve nanoteknolojinin TÜBİTAK popüler bilim dergilerine yansımaları. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(17), 90–113. <https://doi.org/10.46778/goputeb.941447>
- Çalık, Ş., Koç, A., Şenel Zor, T., Zor, E., & Aslan, O. (2021). Content analysis of nano-news published between 2011 and 2018 in Turkish newspapers. *Nanoethics*, 15, 117–132. <https://doi.org/10.1007/s11569-021-00391-x>
- Çıracı, S. (2007). *UNAM-Malzeme bilimi ve nanoteknoloji enstitüsü: Nanobilim ve nanoteknolojide Türkiye'nin bir mükemmeliyet merkezi*. <https://www.mfa.gov.tr/unam-malzeme-bilimi-ve-nanoteknoloji-enstitusu-nanobilim-ve-nanoteknolojide-turkiye-nin-bir-mukemmeliyet-merkezi-tr.mfa>
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2006). *Dokuzuncu kalkınma planı*. <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/12/Dokuzuncu-Kalkınma-Plani-2007-2013.pdf>
- Drexler, K. (1986). *Engines of creation: The coming era of nanotechnology*. Anchor Press/Doubleday.
- Drexler, K., Peterson, C., & Pergamit, G. (1991). *Unbounding the future: The nanotechnology revolution*. William Morrow and Company.
- Eaton, P., & West, P. (2010). *Atomic force microscopy*. Oxford University Press.
- 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.
- Ekli, E., & Şahin, N. (2010). Science teachers and teacher candidates' basic knowledge, opinions and risk perceptions about nanotechnology. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 2667–2670. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.392>
- Emrahoğlu, N., ve Öztürk, A. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarına bilişsel farkındalığın etkisi: Bir nedensel karşılaştırma araştırması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 18–30.
- Encyclopædia Britannica. (2012). *Scanning electron microscope*. <https://www.britannica.com/technology/scanning-electron-microscope>
- Enil, G., ve Köseoğlu, Y. (2016). Fen bilimleri (Fizik, kimya ve biyoloji) öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalık düzeyleri, ilgileri ve tutumlarının araştırılması. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 2(1), 50–63.
- Erkoç, Ş. (2012). *Nanobilim ve nanoteknoloji* (6. Baskı). ODTÜ Yayıncılık.
- Faber, B. (2006). Popularizing nanoscience: The public rhetoric of nanotechnology. *Technical Communication Quarterly*, 15(2), 141–169. https://doi.org/10.1207/s15427625tcq1502_2
- Fang, R., Teng, C., & Chen, C. (2007). How Taiwanese and Americans think about technology. *Journal of Technology Education*, 18(2), 7–23.

- Ferris, P. (2014, January 9). *Process engineering of nanotechnology*. Emerson. <https://www.emersonprocessxperts.com/2014/01/process-engineering-of-nanotechnology/>
- Feynman, R. F. (1959). Plenty of room at the bottom, *Engineering and Science*, 23(5), 22-36.
- Feynman, R. F. (1992). There's plenty of room at the bottom. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 1(1), 60-66.
- Filipponi, L., & Sutherland, D. (2012). *Nanotechnologies: Principles, applications, implications and hands-on activities*. European Union. https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf
- Fischer, A. R. H., Dijk, H. van, Jonge, J. de, & Rowe, G. (2012). Attitudes and attitudinal ambivalence change towards nanotechnology applied to food production. *Public Understanding of Science*, 22(7), 817-831. <https://doi.org/10.1177/0963662512440220>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7nd ed.). McGraw-Hill.
- Freestone, I., Meeks, N., Sax, M., & Higgit, C. (2007). The lycurgus cup-A roman nanotechnology. *Gold Bull*, 40, 270-277. <https://doi.org/10.1007/BF03215599>
- Gardner, G., Jonesa, G., Taylorb, A., Forrestera, J., & Robertsona, L. (2010). Students' risk perceptions of nanotechnology applications: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1951-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690903331035>
- Ghattas, N. I. (2015). *Middle and high school science teachers' attitudes toward nanotechnology and intention to implement it in science classrooms* [Unpublished graduate dissertation], West Virginia University.
- Güzeloğlu, E. (2015). Akıllı ürünleriyle nano yeniliği: Gençlerin nanoteknoloji farkındalığı, fayda/risk algıları. *International Journal of Human Sciences*, 12(1), 274-297. <https://doi.org/10.14687/ijhs.v12i1.2903>
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504543>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362. <https://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- Hulla, J., Sahu, S., & Hayes, A. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human and Experimental Toxicology*, 34(12), 1318-1321. <https://doi.org/10.1177/0960327115603588>
- İnceoğlu, M. (2010). *Tutum algı iletişim* (5. Baskı). Beykent Üniversitesi Yayınevi.

- İpek, Z., Atik, A. D., Tan, Ş., ve Erkoç, A. (2020). Opinions of biology teachers about nanoscience and nanotechnology education in Turkey. *International Journal of Progressive Education*, 16(1), 205–222. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.228.15>
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490–1512. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828>
- Jones, M. G., Gardner, G. E., Falvo, M., & Taylor, A. (2015). Precollege nanotechnology education: a different kind of thinking. *Nanotechnol Rev*, 4(1), 117–127. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0014>
- Kağıtçıbaşı, Ç., ve Cemalcılar, Z. (2014). *Dünden bugüne insan ve insanlar: Sosyal psikolojiye giriş* (16. Baskı). Evrim Yayınevi.
- Kahan, D. M., Slovic, P., Braman, D., Gastil, J., & Cohen, G. L. (2007). *Affect, values, and nanotechnology risk perceptions: An experimental investigation*. 2nd Annual Conference on Empirical Legal Studies Paper.
- Kalkınma Bakanlığı. (2013). *Onuncu kalkınma planı*. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/12/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf
- Kamanlıoğlu, E. B., & Güzeloğlu, C. (2010). Frames about nanotechnology agenda in Turkish media, 2005-2009. *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering*, 4(4), 59–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1060593>
- Karataş, F. Ö., ve Ülker, N. (2014). Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(3), 103–118.
- Khalid, S., Butt, N. M., & Ahmed, F. (2016). A mixed-method study of attitudes of social scientists toward nanotechnology in Pakistan. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 6(2), 84–95.
- Kharat, D. K., Muthurajan, H., & Praveenkumar, B. (2006). Present and futuristic military applications of nanodevices. synthesis and reactivity in inorganic, *Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry*, 36, 231–235. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/15533170500524801>
- Kılınç Alpat, S., Uyulgan, M. A., Şeker, S., Altaş, H. Ş., ve Gezer, E. (2017). Nanoteknoloji konusunda işbirlikli öğrenme yönteminin ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin akademik başarı ve görüşlerine etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 27–57.
- Kim, H.J., & Hong, H.G. (2010). Science teachers' perception and attitudes toward nanotechnology. *Journal of the Korean Chemical Society*, 54(5), 633–642. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2010.54.5.633>
- Kim, H.J., Hong, H.G., & Hong, J.H. (2011). High school students' perception and attitudes toward nanotechnology. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55(1), 104–111. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2011.55.1.104>
- Kline, R.B. (2005). *Principle and practice of structural equation modeling*. Guilford.

- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160–175.
- Lan, Y. L. (2012). Development of an attitude scale to assess K-12 teachers' attitudes toward nanotechnology. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1189–1210. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.651657>
- Lee, C. J., Scheufele, D. A., & Lewenstein, B. V. (2005). Public attitudes toward emerging technologies: Examining the interactive effects of cognitions and affect on public attitudes toward nanotechnology. *Science Communication*, 27(2), 240–267. <https://doi.org/10.1177/1075547005281474>
- Leonhardt, U. (2007). Invisibility cup. *Nature Photonics*, 1, 207–208.
- Macoubrie, J. (2006). Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government. *Public Understanding of Science*, 15(2), 221–241. <https://doi.org/10.1177/0963662506056993>
- Mamalis, A. G. (2007). Recent advances in nanotechnology. *Journal of Materials Processing Technology*, 181, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.052>
- Manjunatha, S. B., Biradar, D. P., & Aladakatti, Y. R. (2016). Nanotechnology and its applications in agriculture: A review. *J. Farm Sci*, 29(1), 1–13.
- Mansoori, G. A., Bastami, T. R., Ahmadpour, A., & Eshaghi, Z. (2008). Environmental application of nanotechnology. In G. Cao, & C. J. Brinker (Eds.), *Annual review of nano research* (2nd ed., pp. 439–493). World Scientific Publishing Company.
- Mi, Y., Shao, Z., Vang, J., Kaidar-Person, O., & Wang, A. Z. (2016). Application of nanotechnology to cancer radiotherapy. *Cancer Nanotechnology*, 7(11). <https://cancer-nano.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12645-016-0024-7>
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Millî Eğitim Bakanlığı Talim Ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Misra, R., Acharya, S., & Sahoo, S. K. (2010). Cancer nanotechnology: application of nanotechnology in cancer therapy. *Drug Discovery Today*, 15(19/20), 842–850.
- Mousavi, S. R., & Rezaei, M. (2011). Nanotechnology in agriculture and food production. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(10), 414–419.
- Much, R. A., Basheer, A., Zahaika, S., & Hugerat, M. (2019). Nanotechnology among teachers and students in the Arab sector in Israel: awareness and attitudes. *Creative Education*, 10, 1140–1154. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.106086>
- Murday, J. S. (2010). *Workshop report: International benchmark workshop on K-12 nanoscale science and engineering education (NSEE)*. National Science Foundation. https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nsee_international_benchmark_workshop_6_dec_2010.pdf

- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013). *Textbook of nanoscience and nanotechnology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nanotechnology Products Database. (2020). <https://product.statnano.com/>
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M., & Issaabadi, Z. (2019). Applications of nanotechnology in daily life. In M. Nasrollahzadeh, S.M. Sajadi, & M. Sajjadi (Eds.), *An introduction to green nanotechnology* (pp. 113–143). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00004-3>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2020a). *Educational resources*. <https://www.nano.gov/education-training>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2020b). *NNI Budget supplements and strategic plans*. <https://www.nano.gov/NNIBudgetSupplementsandStrategicPlans>
- Nerlich, B., Clarke, D. D., & Ulph, F. (2007). Risks and benefits of nanotechnology: How young adults perceive possible advances in nanomedicine compared with conventional treatments. *Health, Risk and Society*, 9(2), 159–171. <https://doi.org/10.1080/13698570701306856>
- Newberry, D. M. (2012). A modularized approach to nanotechnology education: Opportunities, challenges and requirements. *12th IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO)*. United Kingdom, 1-2. <http://doi.org/10.1109/NANO.2012.6322144>
- Ng, W. (2009). Nanoscience and nanotechnology for the middle years. *Teaching Science*, 55(2), 16–24.
- Ngô, C., & Voorde, M. Van de. (2014). *Nanotechnology in a nutshell: From simple to complex systems*. Atlantis Press.
- Nouailhat, A. (2010). The revolution in techniques used in observation and imagery. In A. Nouailhat (Ed.), *An introduction to nanoscience and nanotechnology* (pp.51-68). ISTE.
- Özer, Y. (2019). Nanoteknoloji'nin askeri uygulamaları üzerine bir değerlendirme. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, IDEF Özel Sayı, 33–52. <https://doi.org/10.28956/gbd.551739>
- Pathakoti, K., Manubolu, M., & Hwang, H.M. (2018). Nanotechnology applications for environmental industry. In C. M. Hussain (Ed.), *Handbook of nanomaterials for industrial applications* (pp. 894–907). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813351-4.00050-X>
- Patra, J. K., & Gouda, S. (2013). Application of nanotechnology in textile engineering: An overview. *Journal of Engineering and Technology Research*, 5(5), 104–111.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research and evaluation methods* (4nd ed.). Sage Publications, Thousand Oaks.
- Perker, Z. S. (2010). Nanoteknoloji ve Yapı Malzemesi Alanına Etkileri. *Engineering Science*, 5(4), 639–648.

- Pillai, R. G., & Bezbaruah, A. N. (2017). Perceptions and attitude effects on nanotechnology acceptance: an exploratory framework. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(41). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-016-3733-2>
- Planinšič, G., & Kovač, J. (2008). Nano goes to school: A teaching model of the atomic force microscope. *Physics Education*, 43(1), 37–45. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/43/01/002>
- Poteralska, B., & Mazurkiewicz, A. (2007). The development of education and training systems in the field of nanotechnology. *Journal of College Teaching & Learning*, 4(6), 7–16.
- Ramsden, J. J. (2009). What is nanotechnology. In J. J. Ramsden (Ed.), *Nanotechnology* (pp. 10-19). Ventus Publishing ApS.
- Ramsden, J. J. (2012). Nanotechnology for military applications. *Nanotechnology Perceptions*, 8(2), 99–131.
- Ramsden, J. J. (2014). Miscellaneous applications. In J. J. Ramsden (Ed.), *Applied nanotechnology: The conversion of research results to products* (2nd ed., pp. 61–81). William Andrew Publishing.
- Ramsden, J. J. (2016). Chapter-1 What is nanotechnology? In J. J. Ramsden (Ed.), *Nanotechnology an introduction* (2nd ed., pp. 1–18). William Andrew Publishing.
- Roco, M. C. (2002). Nanotechnology-A frontier for engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 18(5), 488–497.
- Roco, M. C. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*, 21(10), 1247–1249. <https://doi.org/10.1038/nbt1003-1247>
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: The national nanotechnology initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 427–445. <https://doi.org/10.1007/s11051-010-0192-z>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2001). *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*. National Science Foundation. <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2005). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: Maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11051-004-2336-5>
- Rubab, S. (2012). Introducing nano science education at pre-university level. *School Science*, 49(4), 24–28.
- RUSNANO. (2021, January 29). *About Rusnano Group*. <https://en.rusnano.com/about>
- Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM). (2016). *Centers and forums*. <https://www.sabanciuniv.edu/en/centers-and-forums>

- Sagun Gököz, B., ve Akaygün, S. (2014). Üniversiteden liseye uzanan köprü: Bir nanobilim atölye çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 49–72.
- Sandhu, A. (2006). Who invented nano? *Nanute Nanotechnology*, 1, 87.
- Scheufele, D. A., Corley, E. A., Shih, T. J., Dalrymple, K. E., & Ho, S. S. (2008). Religious beliefs and public attitudes toward nanotechnology in Europe and the United States. *Nature Nanotechnology*, 4(2), 91–94. <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.361>
- Sciau, P. (2016). Transmission electron microscopy emerging investigations for cultural heritage materials. In P. W. Hawkes (Ed.), *Advances in imaging and electron physics* (pp. 43–67). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.aiep.2016.09.002>
- Sebastian, V., & Gimenez, M. (2016). Teaching nanoscience and thinking nano at the macroscale: Nanocapsules of wisdom. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 228, 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.075>
- Senocak, E. (2014). A survey on nanotechnology in the view of the Turkish public. *Science, Technology and Society*, 19(1), 79–94. <https://doi.org/10.1177/0971721813514265>
- Sheetz, T., Vidal, J., Pearson, T. D., & Lozano, K. (2005). Nanotechnology: Awareness and societal concerns. *Technology in Society*, 27, 329–345. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.010>
- Simons, J., Zimmer, R., Vierboom, C., Härten, I., Hertel, R., & Böhl, G.-F. (2009). The slings and arrows of communication on nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(7), 1555–1571. <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9653-7>
- Simonson, M., & Maushak, N. (1996). Instructional Technology and Attitude Change. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (1st ed, pp. 984–1016). Macmillan Library Reference.
- Singh, N. A. (2017). Nanotechnology innovations, industrial applications and patents. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 185–191. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0612-8>
- Soltani, A. M., Tabatabaeian, S. H., Hanafizadeh, P., & Soofi, J. B. (2011). An evaluation scheme for nanotechnology policies. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 7303–7312. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0584-8>
- Stegmaier, T., Dauner, M., Vonarnim, V., Scherrieble, A., Dinkelmann, A., & Planch, H. (2007). Nanotechnologies for coating and structuring of textiles. In P. J. Brown, & K. Stevens (Eds.), *Nanofibers and nanotechnology in textiles* (1th ed., pp. 409–427). Woodhead Publishing Limited.
- Şenel Zor, T. (2017). *Etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.

- Şenel Zor, T., & Kan, A. (2018). *A study of developing an attitude scale towards nanotechnology for pre-service science fields teachers*. III. Ines International Education and Social Science Congress 2018 Abstracts Books. Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Şenel Zor, T., Aslan, O., & Selvi, M. (2019). *Investigation of preservice science fields teachers' attitudes to nanotechnology according to various variables*. EJERCongress 2019 Conference Proceeding, Anı Yayıncılık.
- Şenel Zor, T., & Aslan, O. (2018). The effect of activity-based nanoscience and nanotechnology education on pre-service science teachers' conceptual understanding. *Journal of Nanoparticle Research*, 20(75), <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-018-4182-x>
- Şenel Zor, T., & Kan, A. (2021). Nanotechnology attitude scale development study for pre-service science fields teachers. *Journal of Science Education*, 4(2), 123–133. <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i2.23753>
- Şenocak, E. (2017). A framing theory-based content analysis of a Turkish newspaper's coverage of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(255). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3955-y>
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB). (2017). *Türkiye nanoteknoloji stratejisi ve eylem planı (2017-2018)*. https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2017-2018_Nanoteknoloji-Stratejisi-ve-Eylem-Plani.pdf
- Taniguchi, N. (1974). *On the basic concept of "nano-technology"*. Proceedings of The International Conference On Production Engineering, Japan Society of Precision Engineering.
- Tarnag, W., Chang, C.H., Lin, C.M., Pei, J.H., & Lee, C.Y. (2011). Development and research of web-based virtual nanotechnology laboratory for learning the basic concepts of nanoscience. *International Journal of Research and Reviews in Computer Science*, 2(6), 1255.
- The Royal Society & The Royal Academy of Engineering. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.html>
- The Stained Glass Museum. (2020). *A brief history of stylistic development in english stained glass*. <https://thestainedglassmuseum.com/histsg.php>
- Tiwari, A. (2012). Military nanotechnology. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology*, 2(4), 825–830.
- Tolocko, N. K. (2009). History of nanotechnology. In Kharkin, V., Bai, C., Awadelkarim, O.O., & Kapitsa, S. (Eds.), *Nanoscience and Nanotechnology* (pp.). Encyclopaedia of life Support Systems (EOLSS). <https://www.eolss.net/sample-chapters/C05/E6-152-01.pdf>
- Tufan, E., & Güdek, B. (2008). Müzik öğretmenliği mesleğine yönelik tutum ölçeğinin geliştirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(1), 25–40.

- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK). (2004). *Ulusal bilim ve teknoloji politikaları 2003-2023 strateji belgesi*. https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)*. <http://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>
- Ul-Hamid, A. (2018). *A beginners' guide to scanning electron microscopy*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98482-7>
- Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM). (2020). *Unam*. <http://unam.bilkent.edu.tr/unam-by-numbers/>
- Voigtländer, B. (2015). *Scanning probe microscopy: atomic force microscopy and scanning tunneling microscopy*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45240-0>
- Wang, G. (2018). *Nanotechnology: The new features*. <https://arxiv.org/abs/1812.04939>
- Wickson, F. (2008). Narratives of nature and nanotechnology. *Nature Nanotechnology* 6(3), 313–315. <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.140>
- Wilson, R. A., & Bullen, H. A. (2006). *Introduction to scanning probe microscopy (spm): Basic theory atomic force microscopy (AFM)*. http://asdlib.org/onlineArticles/ecourseware/Bullen/SPMModule_BasicTheoryAFM.pdf
- Winkelmann, K. (2016). Get the word out. *Nature Nanotechnology*, 11, 396. <https://doi.org/10.1038/nnano.2016.51>
- Winkelmann, K., & Bhushan, B. (2017). Global perspectives of nanotechnology education. In B. Bhushan (Ed.), *Springer handbook of nanotechnology* (4th ed., pp.1603-1624). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Woodford, C. (2020). *Electron microscopes*. <https://www.explainthatstuff.com/electronmicroscopes.html>
- Yakar, Z. (2018). Development of nanotechnology. In M. Ersöz, A. Işıtan, ve M. Balaban (Eds.), *Nanotechnology 1 fundamentals of nanotechnology* (pp. 31–46). Bilal Ofset.
- Yawson, R. M. (2010). Skill needs and human resources development in the emerging field of nanotechnology. *Journal of Vocational Education and Training*, 62(3), 285–296. <https://doi.org/10.1080/13636820.2010.499474>
- Yawson, R. M. (2012). An epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 297–310. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9145-1>
- Yetisen, A. K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M. R., Hinestroza, J. P., Skorobogatiy, M., Khademhosseini, A., & Yun, S. H. (2016). Nanotechnology in textiles. *ACS Nano*, 10(3), 3042–3068. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176>

- Yükseltürk, A. (2008). *Taramalı tünelleme mikroskopu*.
<http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/04/nano-101-tarama-tnelleme-mikroskopu.html>
- Zhang, J., Wang, G., & Lin, D. (2015). High support for nanotechnology in China: A case study in dalian. *Science and Public Policy*, 43(1), 115–127.
<https://doi.org/10.1093/scipol/scv020>
- Zimbardo, P. G., & Leippe, M. R. (1991). *The psychology of attitude change and social influence* (1st ed.). McGraw-Hil.
- Zor, E. (2016). *Grafen tabanlı modifiye elektrotlarının kiral yapılarını ayırt etme özelliklerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Selçuk Üniversitesi.



EKLER

Ek-1: Nanoteknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği

Cinsiyet: K E

Sınıf düzeyi:

Akademik not ortalaması:

NANOTEKNOLOJİYE YÖNELİK TUTUM ÖLÇEĞİ

Değerli öğretmen adayları,

Bu ölçek nanoteknoloji ile ilgili tutumlarınızı ölçmek amacı ile hazırlanmıştır. Ölçekten elde edilecek sonuçlar, sadece bu konudaki tutumlarınızı belirlemek için kullanılacak, bilgileriniz hiçbir kişi, kurum ya da kuruluşla paylaşılmayacaktır. Bu nedenle ölçek üzerine isim-soyisim ya da kimlik bilgisi yazmayınız.

Ölçekte 24 madde ve bu maddeler için “Kesinlikle katılmıyorum”, “Katılmıyorum”, “Kararsızım”, “Katılıyorum” ve “Kesinlikle katılıyorum” şeklinde düzenlenmiş 5 adet tepki kategorisi bulunmaktadır. Ölçekte yer alan maddelerin doğru ya da yanlış cevabı bulunmamaktadır. Bu nedenle her bir maddeyi dikkatle okuduktan sonra size en çok uyan tepki kategorisini “X” ile işaretleyiniz ve işaretli madde bırakmayınız.

Zaman ayırdığınız ve katılımınız için teşekkür ederiz.

	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
1. Nanoteknoloji yaşam kalitesini artırır.					
2. Nanoteknoloji toplumsal gelişime katkıda bulunur.					
3. Nanoteknoloji ile ilgili haber, reklam vb. duyduğumda sıkılıyorum.					
4. Nanoteknoloji daha verimli ürünler elde edilmesini sağlar.					
5. Nanoteknoloji öğretim programı hazırlamak isterim.					
6. Nanoteknoloji ekonomik faaliyetleri olumlu etkiler.					
7. Televizyon izlerken nanoteknoloji ile ilgili bir haber ya da reklam çıktığında kanalı değiştiririm.					
8. Nanoteknoloji devrim niteliğinde bir gelişmedir.					
9. Nanoteknoloji konulu tartışma ya da konuşmalarda düşüncelerimi açıklamam.					
10. Nanoteknoloji araştırmalarını faydalı bulurum.					
11. Nanoteknolojik uygulamaların konuşulduğu bir ortamdan uzaklaşırım.					
12. Nanoteknoloji araştırmalarının gerekli olduğuna inanıyorum.					
13. Nanoteknoloji araştırmalarından rahatsızlık duyarım.					
14. Nanoteknoloji alanında kariyer yapmak isterim.					
15. Nanoteknolojinin hayatımızı kolaylaştıracağına inanıyorum.					
16. Nanoteknoloji üzerine konuşmaktan hoşlanırım.					
17. Nanoteknoloji konulu araştırmalar yaparım.					
18. Nanoteknoloji doğal dünyayı anlamamıza yardım eder.					
19. Nanoteknoloji konulu bir eğitimde/etkinlikte kendimi rahat hissederim.					
20. Nanoteknoloji ile ilgili yayınları takip ederim.					
21. Nanoteknoloji öğrenmeye değer değildir.					
22. Nanoteknolojiye yönelik web sitesi/blog oluşturmak isterim.					
23. Fırsatım olsa nanoteknoloji etkinlikleri düzenlerim.					
24. İmkanım olsa nanoteknolojinin bir ders olarak verilmesini sağlarım.					