

T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İLKÖĞRETİM ANABİLİM DALI  
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

ETKİNLİK TEMELLİ NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ EĞİTİMİNİN FEN BİLİMLERİ  
ÖĞRETMEN ADAYLARININ NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ FARKINDALIKLARINA  
VE KAVRAMSAL ANLAYIŞLARINA ETKİSİ

Tuba ŞENEL ZOR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman  
Doç. Dr. Oktay ASLAN

KONYA-2017



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İLKÖĞRETİM ANABİLİM DALI  
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

ETKİNLİK TEMELLİ NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ EĞİTİMİNİN FEN BİLİMLERİ  
ÖĞRETMEN ADAYLARININ NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ FARKINDALIKLARINA  
VE KAVRAMSAL ANLAYIŞLARINA ETKİSİ

Tuba ŞENEL ZOR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman

Doç. Dr. Oktay ASLAN

Bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 151310005 nolu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

KONYA-2017



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



**BİLİMSEL ETİK SAYFASI**

Öğrencinin	Adı Soyadı	Tuba ŞENEL ZOR
	Numarası	138302061002
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İlköğretim Anabilim Dalı / Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Tezin Adı	Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarına ve Kavramsal Anlayışlarına Etkisi

Bu tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Tuba ŞENEL ZOR



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



### YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL FORMU

Öğrencinin	Adı Soyadı	Tuba ŞENEL ZOR
	Numarası	138302061002
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İlköğretim Anabilim Dalı/ Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Tez Danışmanı	Doç. Dr. Oktay ASLAN
	Tezin Adı	Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarına ve Kavramsal Anlayışlarına Etkisi

Yukarıda adı geçen öğrenci tarafından hazırlanan “Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarına ve Kavramsal Anlayışlarına Etkisi” başlıklı bu çalışma ..11.../..05.../2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunarak, jürimiz tarafından yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı

Danışman ve Üyeler

İmza

Doç. Dr. Oktay ASLAN

Danışman

Prof. Dr. Mahmut SELVİ

Üye

Doç. Dr. Haluk BİNGÖL

Üye

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenen, bu tez çalışmasının seçiminde ve hazırlanmasında her türlü bilgi, öneri ve deneyimiyle bana yol gösteren, ihtiyaç duyduğum her konuda yardımlarını esirgemeyen ve tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Sayın Doç. Dr. Oktay ASLAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez konusunun ortaya çıkışında ve seçiminde büyük payı olan, ihtiyaç duyduğum alan bilgilerinde yardımlarını esirgemeyen, öneri ve deneyimleriyle bana yön veren Sayın Doç.Dr. Haluk BİNGÖL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hayatım boyunca destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, her zaman bana inanan ve beni cesaretlendiren sevgili aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olan, yardım, destek ve anlayışını eksik etmeyen ve önerileriyle beni yönlendiren ve cesaretlendiren sevgili eşim Arş. Gör. Dr. Erhan ZOR'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezim için sağladığı proje desteğinden dolayı Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (151310005) teşekkür ederim.

Tuba ŞENEL ZOR  
KONYA-2017

Öğrencinin	Adı Soyadı	Tuba ŞENEL ZOR
	Numarası	138302061002
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İlköğretim Anabilim Dalı / Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Tez Danışmanı	Doç. Dr. Oktay ASLAN
Tezin Adı	Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarına ve Kavramsal Anlayışlarına Etkisi	

## ÖZET

Bu çalışmada etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin (ETNBTE) fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışlarına etkisini incelemek amaçlandı. Bu amaç doğrultusunda araştırma, nicel ve nitel yöntemlerin beraber kullanıldığı karma araştırma yöntemine göre yürütüldü. Araştırmanın çalışma grubunu amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılarak belirlenen 32 fen bilimleri öğretmen adayı oluşturdu.

ETNBTE Fizikte Özel Konular dersi kapsamında, haftada iki saat olmak üzere yedi haftada gerçekleştirildi. Bu süreç ön testlerin uygulanması, etkinliklerin yapılması ve son testlerin uygulanması olmak üzere üç aşamada tamamlandı. ETNBTE'nin tasarlanmasında ve uygulanmasında literatürde bulunan ve nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi için önerilen temel konuları içeren “Büyük Fikirler”den yararlanıldı. Eğitim programında “Büyük Fikirler”den beş tanesine yer verildi ve bunlar eğitim programı boyunca odaklanılan boyutları oluşturdu. ETNBTE boyunca uygulanan tüm etkinlikler literatürden seçildi.

Araştırmada veri toplama aracı olarak “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi”, “Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi”, “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kelime İlişkilendirme Testi” ve “Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu” kullanıldı.

Veri toplama araçlarından elde edilen bulgular literatür kapsamında tartışılarak ETNBTE sonrasında fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarının, kavramsal anlayışlarının ve bilişsel düzeylerinin geliştiği sonucuna ulaşıldı. Araştırmanın sonuçlarına göre öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışlarını ve farkındalıklarını arttırmak üzere çeşitli önerilere yer verildi.



Öğrencinin	Adı Soyadı	Tuba ŞENEL ZOR
	Numarası	138302061002
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İlköğretim Anabilim Dalı / Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
	Programı	Tezli Yüksek Lisans
	Tez Danışmanı	Doç. Dr. Oktay ASLAN
	Tezin İngilizce Adı	The Effect of Activity Based Nanoscience and Nanotechnology Education on Preservice Science Teachers' Awareness and Conceptual Understanding of Nanoscience and Nanotechnology

## SUMMARY

In this study, it was aimed to examine the effect of activity based nanoscience and nanotechnology education (ABNSTE) on preservice science teachers' awareness and conceptual understanding of nanoscience and nanotechnology. Within this context, the study was conducted according to mixed methods research in which both quantitative and qualitative methods were used together. The study group consisted of 32 preservice science teachers who were determined by using criterion sampling that is one of purposive sampling method.

ABNSTE was carried out during seven weeks as two hours per week in special issues at physics lesson. This process was completed in three steps: the application of pre-tests, the making of activities and the application of post-tests. Designing and implementing of ABNSTE were utilized from "Big Ideas" which is found in literature and suggested for teaching nanoscience and nanotechnology. Five of big ideas were included in education program and these consisted of dimensions that focused in education program. All activities implemented during ABNSTE were selected from literature.

"Nanoscience and Nanotechnology Concept Test", "Nanoscience and Nanotechnology Awareness Questionnaire", "Nanoscience and Nanotechnology Word Association Test" and "Activity Based Nanoscience and Nanotechnology Education Assessment Form" were used as data collection tools in research.

Findings obtained from data collection tools were discussed with coverage of literature, and it was reached that preservice science teachers' conceptual understanding, awareness and cognitive level of nanoscience and nanotechnology developed after ABNSTE. Various suggestions for increasing preservice science teacher' conceptual understanding and awareness of nanoscience and nanotechnology were given according to the results of the research.



## İÇİNDEKİLER

<b>BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....</b>	<b>i</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR .....</b>	<b>x</b>
<b>TABLOLAR LİSTESİ .....</b>	<b>xi</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ .....</b>	<b>xiv</b>

### BÖLÜM I

<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Araştırmanın Amacı.....	3
1.2. Araştırmanın Önemi.....	4
1.3. Varsayımlar.....	4
1.4. Sınırlılıklar .....	5
1.5. Tanımlar.....	5

### BÖLÜM II

<b>2. TEORİK ÇERÇEVE .....</b>	<b>6</b>
2.1. Nano Nedir?.....	6
2.2. Nanoboyutun Özellikleri ve Önemi .....	7
2.3. Nanobilim ve Nanoteknoloji.....	8
2.3.1. Nanobilim ve nanoteknolojinin tarihçesi .....	9
2.3.2. Nanoteknolojinin amaçları.....	13
2.3.3. Nanoteknolojinin uygulama alanları.....	14
2.3.3.1 . Tıp .....	14
2.3.3.2 . Gıda .....	14
2.3.3.3 . Malzeme .....	15
2.3.3.4 . Çevre ve enerji.....	16
2.3.3.5 . Savunma .....	17
2.3.3.6 . Kozmetik .....	17

2.3.3.7 . Havacılık ve uzay .....	17
2.3.4. Ülkemizde ve dünyada nanoteknoloji.....	18
2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar .....	20
2.4.1. Geçirimli elektron mikroskobu.....	20
2.4.2. Taramalı elektron mikroskobu.....	22
2.4.3. Taramalı tünelleme mikroskobu .....	23
2.4.4. Atomik kuvvet mikroskobu .....	24
2.4.5. Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskop.....	25
2.5. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi.....	25
2.6. Fen Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Önemi .....	27
2.7. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin FeTeMM İçindeki Yeri .....	28
2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Öğretimsel Boyutu .....	30
2.8.1. Nanobilim ve nanoteknoloji öğretim yöntemleri.....	30
2.8.2. Etkinlik temelli eğitim .....	32
2.8.3. Nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde temel konular .....	33
2.8.3.1. Boyut ve ölçek .....	34
2.8.3.2 . Yüzey-hacim ilişkisi.....	34
2.8.3.3 . Yüzey baskın davranışlar .....	34
2.8.3.4 . Self-assembly .....	35
2.8.3.5 . Kuantum mekanikleri .....	35
2.8.3.6 . Boyuta bağlı özellikler .....	35
2.8.3.7 . Araçlar ve teknikler .....	35
2.8.3.8 . Modeller ve simülasyonlar .....	36
2.8.3.9 . Sosyal etkiler .....	36
2.9. Dünyada ve Ülkemizde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi .....	36
2.10.Nanobilim ve Nanoteknolojinin Sosyal Yönü .....	39
2.11.Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminde Öğretmen Rolü .....	41
2.12.Nanobilim ve Nanoteknoloji Öğretimi Üzerine Çalışmalar .....	44
2.12.1. Öğretimsel uygulamalar.....	44

2.12.2. Değerlendirme çalışmaları .....	49
---	----

### BÖLÜM III

<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>55</b>
3.1. Araştırma Modeli .....	55
3.2. Çalışma Grubu .....	56
3.3. Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi.....	57
3.4. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları .....	59
3.4.1. Nanobilim ve nanoteknoloji kavram testi.....	59
3.4.2. Nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık anketi .....	63
3.4.3. Nanobilim ve nanoteknoloji kelime ilişkilendirme testi.....	65
3.4.4. Etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi değerlendirme formu .....	67

### BÖLÜM IV

<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>68</b>
4.1. NBT-KT'nden Elde Edilen Bulgular .....	68
4.1.1. NBT-KT'nin 1. sorusundan elde edilen bulgular .....	68
4.1.2. NBT-KT'nin 2. sorusundan elde edilen bulgular .....	70
4.1.3. NBT-KT'nin 3. sorusundan elde edilen bulgular .....	72
4.1.4. NBT-KT'nin 4. sorusundan elde edilen bulgular .....	74
4.1.5. NBT-KT'nin 5. sorusundan elde edilen bulgular .....	75
4.1.6. NBT-KT'nin 6. sorusundan elde edilen bulgular .....	76
4.1.7. NBT-KT'nin 7. sorusundan elde edilen bulgular .....	77
4.1.8. NBT-KT'nin 8. sorusundan elde edilen bulgular .....	79
4.1.9. NBT-KT'nin 9. sorusundan elde edilen bulgular .....	80
4.1.10. NBT-KT'nin 10. sorusundan elde edilen bulgular.....	82
4.1.11. NBT-KT'nin 11. sorusundan elde edilen bulgular .....	83
4.1.12. NBT-KT'nin 12. sorusundan elde edilen bulgular .....	84

4.1.13. NBT-KT'nin 13. sorusundan elde edilen bulgular.....	85
4.1.14. NBT-KT'nin 14. sorusundan elde edilen bulgular .....	86
4.1.15. NBT-KT'nin 15. sorusundan elde edilen bulgular .....	90
4.2. NBT-FA'nden Elde Edilen Bulgular .....	91
4.3. NBT-KİT'nden Elde Edilen Bulgular.....	93
4.4. ETNBTE-DF'ndan Elde Edilen Bulgular .....	98
<b>BÖLÜM V</b>	
<b>5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>102</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>116</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>137</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>145</b>

## KISALTMALAR

**Nm:** Nanometre

**PCAST:** The President's Council of Advisors on Science and Technology

**NNI:** National Nanotechnology Initiative

**UNAM:** Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi

**SUNUM:** Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi

**TEM:** Transmission Electron Microscope

**SEM:** Scanning Electron Microscope

**STM:** Scanning Tunneling Microscope

**AFM:** Atomic Force Microscope

**MEB:** Milli Eğitim Bakanlığı

**FeTeMM:** Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik

**STEM:** Science-Technology-Engineering-Mathematics

**STEAM:** Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics

**NSF:** National Science Foundation

**NCLT:** National Centre of Learning and Teaching at Nanoscale Science and Engineering

**NanoEIS:** Nanotechnology Education for Industry and Society

**NBT-KT:** Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi

**NBT-FA:** Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi

**NBT-KİT:** Nanobilim ve Nanoteknoloji Kelime İlişkilendirme Testi

**ETNBTE-DF:** Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu

**ETNBTE:** Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

**ABNSTE:** Activity Based Nanoscience and Nanotechnology Education

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo-1: Tane büyüklüğü 10 $\mu\text{m}$ 'den 10 nm'ye küçültüldüğü zaman nikelin özelliklerinde meydana gelen değişimler .....	7
Tablo-2: Nanoparçacıklar ve potansiyel tekstil uygulamaları .....	16
Tablo-3: Farklı sınıf düzeyleri için belirlenen temel konular .....	34
Tablo-4: ETNBTE ile ilgili program detayları .....	58
Tablo-5: NBT-KT'nin içerdiği boyutlar ve boyutlara göre soru sayısı .....	60
Tablo-6: Analizlerde kullanılan örnek kategorileştirme sistemi.....	62
Tablo-7: Elde edilen $\kappa$ değerlerinin yorumlaması .....	63
Tablo-8: ETNBTE öncesi ve sonrası öğretmen adaylarının NBT-FA puanlarına ait normallik testi sonuçları.....	64
Tablo-9: “Nanobilim terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	68
Tablo-10: Öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik duyularının zamanı ve kaynağı.....	69
Tablo-11: Öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	69
Tablo-12: “Nanoteknoloji terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	70
Tablo-13: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik duyularının zamanı ve kaynağı .....	71
Tablo-14: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	71
Tablo-15: “Nanobilim ve nanoteknoloji arasında fark var mıdır?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları.....	73
Tablo-16: Öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji terimlerinin farklılığına yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	73
Tablo-17: Öğretmen adaylarının “Nanoboyutu nasıl tanımlarsınız?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	74

Tablo-18: Öğretmen adaylarının nanoboyut için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı .....	75
Tablo-19: Öğretmen adaylarının “Nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	76
Tablo-20: “Self-assembly” terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	77
Tablo-21: Öğretmen adaylarının self-assembly terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	78
Tablo-22: “Lotus etkisi terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	79
Tablo-23: Öğretmen adaylarının lotus etkisi terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	79
Tablo-24: “Ferrofluid terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	80
Tablo-25: Öğretmen adaylarının ferrofluid terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	81
Tablo-26: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı.....	82
Tablo-27: Öğretmen adaylarının gelecekte yapılabilecek nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı .....	83
Tablo-28: Öğretmen adaylarının “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	84
Tablo-29: Öğretmen adaylarının “Atomik Kuvvet Mikroskobu’nun çalışma prensibi nedir?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı .....	85
Tablo-30: “Nanoteknolojinin gelecekte ne tür etkileri olacağını düşünüyorsunuz?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları .....	86
Tablo-31: Nanoteknolojinin avantaj ve dezavantajlarının kategorileştirilmiş dağılımı .....	87
Tablo-32: “Nanoteknoloji toplumu nasıl etkiler?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları.....	89
Tablo-33: Gelecekte nanoteknoloji alanında yer alabilecek kariyer imkanları için verilen örneklerin kategorileştirilmiş dağılımı .....	90

Tablo-34: Öğretmen adaylarının NBT-FA ön test uygulaması betimsel istatistik sonuçları.....	91
Tablo-35: Öğretmen adaylarının NBT-FA son test uygulaması betimsel istatistik sonuçları.....	92
Tablo-36: ETNBTE öncesi ve sonrası öğretmen adaylarının NBT-FA puanlarına göre Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları .....	93
Tablo-37: ETNBTE öncesi ve sonrası KİT'nden elde edilen verilerin karşılaştırılması .....	93
Tablo-38: ETNBTE-DF'nun 1., 2., 3., ve 4. sorularından elde edilen verilerin kategorileştirilmiş dağılımı .....	98
Tablo-39: Öğretmen adaylarının ETNBTE-DF'nun 5. sorusuna yönelik görüşleri ..	99
Tablo-40: ETNBTE-DF'nun 6. sorusuna yönelik öğretmen görüşleri .....	100



## ŞEKİLLER LİSTESİ

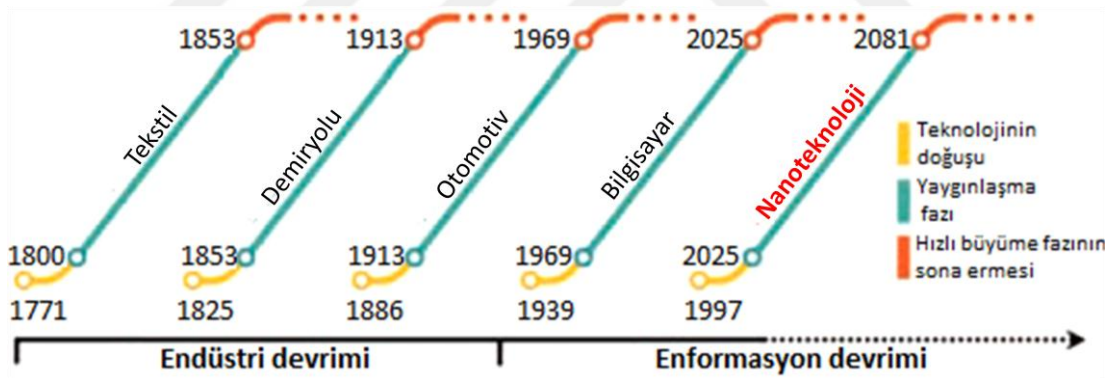
Şekil-1: Teknolojik gelişmelerin tarihsel süreci .....	1
Şekil-2: Makro boyuttan nano boyuta fiziksel bir karşılaştırma.....	6
Şekil-3: Kral Lycurgus Kupası .....	11
Şekil-4: Birçok teknolojik gelişmeye ilham kaynağı olan ve doğada var olan bazı nanoteknolojik örnekler .....	12
Şekil-5: Nanoteknoloji ile tekstil ürünlerine kazandırılacak bazı özellikler.....	15
Şekil-6: TEM'in çalışma prensibi ve TEM ile elde edilmiş örnek görüntüler .....	21
Şekil-7: SEM'in çalışma prensibi ve SEM ile elde edilmiş örnek görüntüler.....	22
Şekil-8: TEM ve SEM için çalışma prensibinin karşılaştırılması.....	23
Şekil-9: STM'in çalışma prensibi ve STM ile elde edilmiş örnek görüntüler.....	23
Şekil-10: AFM'in çalışma prensibi ve AFM ile elde edilmiş örnek görüntüler.....	24
Şekil-11: Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskobun çalışma prensibi .....	25
Şekil-12: Ön-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 7 ve Üzeri)	94
Şekil-13: Son-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 7 ve Üzeri)	94
Şekil-14: Ön-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 4-6).....	95
Şekil-15: Son-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 4-6) .....	95
Şekil-16: Ön-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 1-3).....	96
Şekil-17: Son-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 1-3) .....	97
Şekil-18: “Lotus Etkisini Keşfedelim” etkinliği için hazırlanan sunum.....	138
Şekil-19: “Lotus Etkisini Keşfedelim!” etkinliğini yapan öğretmen adayları .....	142

## BÖLÜM I

### 1. GİRİŞ

Bilim tarihi detaylı olarak araştırıldığında, bilim ve teknolojideki gelişmelerin yüzyılda iki kez gerçekleştiği ve bu gelişmeler sonucunda toplumların refah seviyesinin yükseldiği sonucuna ulaşılmaktadır. Buna göre 1700'lerde başlayan tekstil endüstrisindeki gelişmeleri, demiryolları, otomobil endüstrisi ve bilgisayar teknolojisi izlemiştir. 1900'lerin sonlarına gelindiğinde ise günümüzde halen başlangıç döneminde sayılan nanobilim ve nanoteknoloji karşımıza çıkmaktadır (Erkoç, 2007). Çevremizi ve insan hayatını doğrudan etkileyen bu teknolojik gelişmelerin tarihsel sürecini ünlü ekonomist Norman P. Poire 2011 yılında yazdığı "The Great Transformation of 2021" adlı kitabında şematik olarak Şekil-1'deki gibi özetlemiştir.

Şekil-1: Teknolojik gelişmelerin tarihsel süreci



Kaynak: Poire, 2011; Aktaran: Çıracı, 2006.

Poire (2011), bütün teknolojik gelişmelerin üç ana dönemden oluştuğunu belirtmiştir. Buna göre, teknolojik gelişmeler; başlangıç ve buluş dönemi (yaklaşık 28 yıl), gelişme dönemi (yaklaşık 56 yıl) ve olgunlaşma dönemi (yaklaşık 28 yıl) şeklinde gerçekleşmektedir. Bu durumda 2017 yılı itibariyle bilgisayar teknolojisi gelişme döneminde iken, nanobilim ve nanoteknolojinin henüz başlangıç döneminde olduğunu söylemek mümkündür.

Dünya çapındaki internet ağında nanobilim ve nanoteknoloji kavramları genel olarak birbirinin yerine kullanılıyor olmasına rağmen, aslında bu iki kavram arasında

belirgin bir fark olduğu bilinmektedir (Ng, 2009). Nanobilim kavramı “Atomik, moleküler ve makro moleküler boyutlarda, daha büyük boyutlarda olduğundan önemli derecede farklı özellikler sergileyen materyallerin, sergiledikleri olay ve davranışların incelendiği çalışma alanı” şeklinde tanımlanırken, nanoteknoloji kavramı “Yapı, cihaz ve sistemlerin nanometre (nm) ölçeğinde şekil ve boyutunu kontrol ederek, karakterizasyon, üretim, uygulama ve tasarımlarıdır” şeklinde tanımlanmaktadır (Dowling vd., 2004). Bu kavramlar arasındaki farklılığı bir örnekle açıklamak mümkündür. Büyük partikül boyutlarında çinko oksit veya titanyum dioksit içeren güneş kremleri cilde uygulandığı zaman beyaz renkte görünmektedir. Çünkü bu tanecikler zararlı ultraviyole ışınları absorblarken, görünür ışığın tüm renklerini yansıtmaktadırlar. Daha küçük boyutlardaki, örneğin yaklaşık olarak 20 nm civarındaki çinko oksit veya titanyum dioksit nanotaneciklerinin elde edilmesi ile özellikleri değiştirilebilir ve bu taneciklere görünür bölge ışınlarının tanecikler arasından kayıp geçerken, zararlı ultraviyole ışınları absorblama özelliği kazandırılabilir (Erkoç, 2007). Bu örneklere baktığımız zaman nanoboyuttaki bu değişiklikleri inceleyen çalışma alanı “Nanobilim”, bu nanotanecikler kullanılarak bir ürün elde etme işlemi ise “Nanoteknoloji” olarak tanımlanabilir.

Günümüzde nanobilim ve nanoteknolojinin hızlı gelişimi (Jones vd., 2013a) ve bu alanların artan toplumsal rolü nedeniyle, giderek daha önemli olan toplumsal ve ekonomik beklentiler, ortaya çıkan bu yeni alanlarla ilişkilendirilmekte (Laherto, 2011) ve bu durumun doğal bir sonucu olarak, nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi de önem kazanmaktadır (Laherto, 2010a). Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi henüz başlangıç evresinde kabul edilmekte ve fen eğitiminin diğer alanlarının aksine, bu alanlarla ilgili temel konuların nasıl öğretilbileceği üzerine araştırmalar halen devam etmektedir (Greenberg, 2009). Bu amaçla bugün tüm dünyada çeşitli kurumlar; okullar ve toplum için sergiler sunmakta ya da eğitim kurumlarına ziyaret organizasyonları düzenlemektedir. Ayrıca araştırmacılar için bilgi ve oyunlar sağlayan, çalıştaylar, seminerler, interaktif dersler ve birçok online kaynak bulunmaktadır (Laherto, 2010a). Bu konunun formal eğitim sistemine katılmasına ek olarak, nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi için dünya çapında üretilen farklı sosyal proje talepleri vardır. Bu girişimler, müze ve bilim merkezlerindeki sergilerin

yanısıra kamuya yönelik eğitsel web tabanlı materyaller içermektedir (Ban ve Kocijancic, 2011).

Nanobilim ve nanoteknoloji için en büyük zorluklardan biri bu alanların geliştirilmesi ve uygulanması için bir engel olarak ortaya çıkan eğitim sorunudur (Roco, 2003). Bu zorluklar içinde ise nitelikli öğretmen eksikliği öne çıkmaktadır (Murday, 2009). Geçmiş yıllarda öğretmen yetiştiren kurumların eğitim programlarında nanobilim ve nanoteknoloji konularının yer almaması (Bamberger ve Krajic, 2012) ya da diğer disiplinler içinde ele alınması (Jones vd., 2013a) nedeniyle, yıllar önce eğitim alan hizmet içi öğretmenler bu konularda eksik bilgiye sahiptir. Dolayısıyla öğretmenlerin bu konuları öğrenmekte ve bu konularla ilgilenmekte tereddütler yaşadığı bilinmektedir (Bamberger ve Krajic, 2012). Bu nedenle, yeni gelişen bu alanlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak için öğretmenlerin mesleki gelişimine ihtiyaç duyulmaktadır (Jones vd., 2013a).

Literatürde de görüldüğü gibi, öğretmenlerin sahip olduğu yeterlikler geleceğin nitelikli ve istendik bireylerinin yetiştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Geleceğin öğretmenleri olan fen bilimleri öğretmen adaylarının da bu yeterlikleri kazanarak mezun olması, hazırlanan öğretim programlarının, amaçlandığı şekilde daha nitelikli ve etkili uygulanabilmesi için bir ön koşul olarak düşünülmektedir. Bu sebeple fen bilimleri öğretmen adaylarına nanobilim ve nanoteknoloji konularında farkındalık ve bilgi sağlanması bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

### **1.1. Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin (ETNBTE) fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışlarına etkisini incelemektir. Belirtilen genel amaç kapsamında araştırmada şu sorulara cevap aranmıştır:

1. ETNBTE öncesinde fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışları nasıldır?
2. ETNBTE öncesinde fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıkları nasıldır?
3. ETNBTE sonrasında fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışları nasıldır?

4. ETNBTE sonrasında fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıkları nasıldır?
5. ETNBTE öncesi ve sonrası fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıkları arasında anlamlı fark var mıdır?
6. Fen bilimleri öğretmen adaylarının ETNBTE'ne yönelik görüşleri nelerdir?

### **1.2. Araştırmanın Önemi**

Son yıllarda nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik farkındalık (Ahmed vd., 2015; Aslan vd., 2014; Aslan ve Şenel, 2015; Farshchi vd., 2011; Peter D. Hart Research Associates, 2008; Retzbach vd., 2011; Senocak, 2014; Sheetz vd., 2005; Şenel ve Aslan, 2014; Zhang vd., 2015), anlayış (Waldron vd., 2006), bilgi (Ekli, 2010; Jones vd., 2008; Jones vd., 2013b; Kumar, 2007), tutum (Bainbridge, 2002; Lee vd., 2005; Nerlich vd., 2007) görüş (J. C. Besley vd., 2008; Ekli, 2010) ve algı (Cobb ve Macoubrie, 2004; Kahan vd., 2007; S.-F. Lin vd., 2015; Macoubrie, 2006; Retzbach vd., 2011) belirleme üzerine yapılan çalışmaların sayısında bir artış olduğu gözlenmektedir. Ancak bu konulara yönelik öğretimsel uygulamaların yapıldığı ve yapılan uygulamanın etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar (Albe, 2012; S. Y. Lin vd., 2015; Ng, 2009; Sagun-Gököz, 2012; Senocak, 2015; A. Şenel, 2009) nispeten daha sınırlı kalmaktadır.

Fen bilimleri öğretmen adaylarının mevcut nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık ve kavramsal anlayışlarını belirlemesi ve öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarında ve kavramsal anlayışlarında meydana gelen değişimi nitel ve nicel verilerle desteklenmiş deneysel metotla ortaya çıkarması bu çalışmanın önemli bir boyutunu oluşturmaktadır. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde yararlanılabilecek bir eğitim programı sunması ve daha önce ülkemizde fen bilimleri öğretmen adaylarıyla benzer bir çalışmanın gerçekleştirilmemiş olması nedeniyle literatüre katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

### **1.3. Varsayımlar**

Bu çalışmada;

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

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

#### 1.4. Sınırlılıklar

Bu araştırma;

1. 2015-2016 eğitim öğretim yılı güz dönemi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda öğrenim görmekte olan öğretmen adayları, Fizikte Özel Konular dersi ile sınırlıdır.
2. “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi”, “Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi”, “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kelime İlişkilendirme Testi” ve “Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu” veri toplama araçları ile sınırlıdır.
3. Araştırmanın deneysel boyutu gerekçesi yöntem bölümümde açıklanmış olan tek grup ön test-son test yarı deneysel desen ile sınırlıdır.
4. Deneysel çalışmanın süresi 5 hafta ile sınırlıdır.

#### 1.5. Tanımlar

**Nano:** Nano kelimesi Yunanca “Nanos” kelimesinden gelmekte ve kelime anlamı bir ölçütün milyarda birini ifade etmektedir (Uldrich ve Newberry, 2005).

**Nanometre:** Nanometre metrenin milyarda biri olarak tanımlanmaktadır (Uldrich ve Newberry, 2005).

**Nanobilim:** Atomik, moleküler ve makro moleküler boyutlarda, daha büyük boyutlarda olduğundan önemli derecede farklı özellikler sergileyen materyallerin sergiledikleri olayların ve davranışların incelendiği çalışma alanıdır (Dowling vd., 2004).

**Nanoteknoloji:** Yapı, cihaz ve sistemlerin nm ölçeğinde şekil ve boyutunu kontrol ederek, karakterizasyon, üretim, uygulama ve tasarımlarıdır (Dowling vd., 2004).

**Etkinlik temelli eğitim:** Etkinlik temelli eğitim, yaparak-yaşayarak öğrenmeye vurgu yaparak, öğrenme ve anlama becerilerini geliştiren öğretim yöntemlerine yönelik herhangi bir etkinlik olarak tanımlanabilir (Geller ve Dios, 1998).

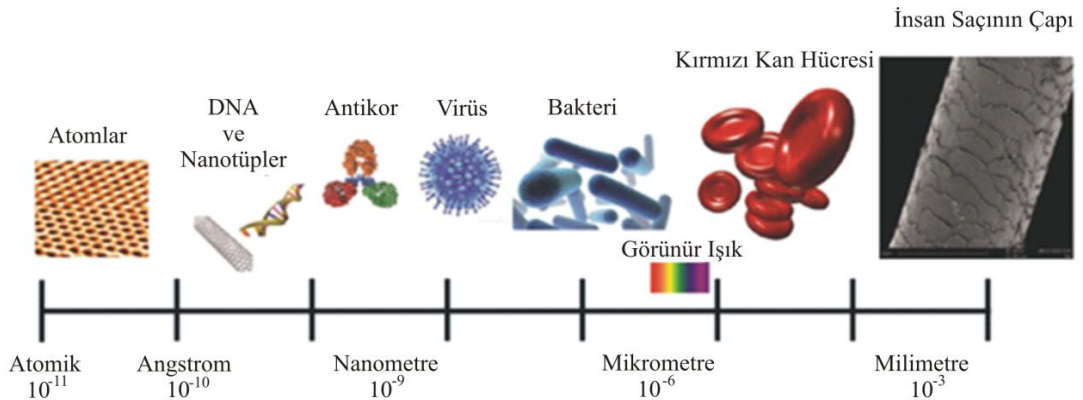
## BÖLÜM II

### 2. TEORİK ÇERÇEVE

#### 2.1. Nano Nedir?

Nano kelimesi Yunanca “cüce” anlamına gelen “Nannos” kelimesinden gelmekte ve kelime anlamı herhangi bir ölçütün milyarda biri olarak ifade edilmektedir (Uldrich ve Newberry, 2005). Uluslararası Birim Sistemi’ne (Système international d’unités) göre nano kelimesi “çok küçük” olarak tanımlanmaktadır ve bir atom boyutundan birkaç kat daha büyük olan metrenin milyarda biri ( $10^{-9}$  m) bir nanometre (nm) olarak ifade edilmektedir (Ramsden, 2011). Nesnelerin boyutları üzerine bir karşılaştırma yapılacak olursa, Şekil-2’de görüldüğü gibi, tek bir insan saçı yaklaşık 80.000 nm ve bir kırmızı kan hücresi yaklaşık 7000 nm çapa sahipken, bir su molekülü neredeyse 0.3 nm çapa sahiptir (Ban ve Kocijancic, 2011). Kullanıma elverişli nano yapıların büyüklüğü ise 1-100 nm aralığında kabul edilmektedir (Erkoç, 2007). Yani nano, bu aralıktaki yapı ve partiküllerin boyut ve ölçülerini ifade etmek için kullanılan bir ön ektir ve bu ön ek tıptan mühendisliğe, kimyadan biyolojiye ve diğer birçok bilim dalı arasında bir bağ kurabilme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle nanoboyutla ilgili çalışmalar yapan bireylerin, farklı disiplinler üzerine kapsamlı bilgi sahibi olması beklenmektedir (Bach ve Waitz, 2015).

Şekil-2: Makro boyuttan nano boyuta fiziksel bir karşılaştırma



Kaynak: Ferris, 2014.

## 2.2. Nanoboyutun Özellikleri ve Önemi

Son yıllarda birçok bilim insanının nano boyuttaki maddelerle ilgilenmesinin temel sebebi; nano boyutta maddelerin sahip oldukları özelliklerin, makro boyutlarda sahip oldukları özelliklerden tamamen farklı olması ve nano boyuta yaklaştıkça birçok farklı ve yararlı özelliklerle karşılaşılmasıdır (Ban ve Kocijancic, 2011; Bhushan, 2010; Çıracı vd., 2004). Büyük boyutlu bir maddenin boyutu küçültüldüğünde başlangıçta özellikleri aynı kalmakta, küçültme işlemi devam ettikçe küçük değişimler meydana gelmektedir. Ancak maddenin boyutu 100 nm'nin altına düştüğü zaman maddenin sahip olduğu özelliklerde büyük değişiklikler görülebilmektedir (Bhushan, 2010). Manyetik, mekanik, elektronik, optik, termodinamik ve termal özellikler, boyuta bağlı olarak değişen özelliklerden bazılarıdır (Brune vd., 2006). Bu özelliklerin değişmesi ile ilgili olarak; momentum, enerji ve kütle gibi iletim özelliklerinin sürekli yerine kesikli olarak tarif edilmesi, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışların klasik yerine kuantum olarak tanımlanması örnek gösterilebilir (Çıracı vd., 2004). Nanoboyutta değişen özellikler ile ilgili daha detaylı bir örnek nikel elementi için Tablo-1'de verilmiştir.

**Tablo-1: Tane büyüklüğü 10 µm'den 10 nm'ye küçültüldüğü zaman nikelin özelliklerinde meydana gelen değişimler**

Özellik	Özellikteki değişim
Sertlik	5 kat artar
Kuvvet/dayanma gücü/sağlamlık	3-10 kat artar
Aşınmaya karşı direnç	170 kat artar
Sürtünme katsayısı	Yarıya düşer
Korozyon direnci	Azalar ya da bölgesel korozyon durur
Manyetik özellikler	Daha düşük artık mıknatıslanım, doygunluk mıknatıslanması %5 düzeyine düşer
Elektriksel özellikler	Direnç 3 kat artar
Hidrojen difüzyonu	Artar
Elektrokatalitik özellikler	Hidrojen üretimi için gelişmiş elektrokatalitik aktiviteler

Kaynak: Murty vd., 2013.

Nanoboyuttaki materyal, süreç ve olayların keşfedilmesi; araştırmalar için deneysel ve teorik tekniklerin geliştirilmesi, yeni nanosistemler ve nano yapıları materyallerin elde edilmesine olanak tanır (Bhushan, 2010). Nanomateryaller en az bir boyutu nm ölçeğinde (1-100 nm) olan nesnelere dir. Bu materyaller bir boyutlu



(çok ince yüzey kaplamaları, filmler, tabakalar), iki boyutlu (nanoteller, nanotüpler, lifler) ya da üç boyutlu (nanopartiküller, kuantum noktalar, nanokabuklar, nanohalkalar) olabilir (Nanoyou, 2011; Aktaran: Ban ve Kocijancic, 2011). Nanomateryaller, nanobilim ve nanoteknolojinin temelini oluşturur (Carlos, Sá Ferreira ve Zea Bermudez, 2009) ve sahip oldukları özellikler ile yeni ortaya çıkan teknolojik uygulamalara yön verir (Bhushan, 2010; Carlos vd., 2009; Laherto, 2010a). Örneğin, yaşlanma etkilerini geciktiren çeşitli kozmetik ürünleri, buzdolaplarındaki antibakteriyel kaplamalar, leke tutmayan tekstil ürünleri ve mobilyalar yapmak için kullanılan çeşitli kaplama türleri nanoteknolojinin ürünleridir (Planinšič ve Kovač, 2008). Böylece üretilen nanoteknolojik ürünler sayesinde nanobilim ve nanoteknolojinin, her geçen gün yaşamımızın daha büyük bir parçası haline geldiği ve insan yaşamını kolaylaştıran avantajlar sunduğu görülmektedir.

### 2.3. Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nanobilim ve nanoteknoloji kavramları için yapılan tanımlar bilgi kaynaklarına ya da yazarlara göre değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte dünya çapındaki internet ağında nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının genel olarak birbirinin yerine kullanılması yaygın olarak karşılaşılan bir durumdur. Ancak bu iki kavram arasında belirgin farklar olduğu bilinmektedir (Ng, 2009). Dowling vd. (2004) tarafından nanobilim kavramı “Atomik, moleküler ve makro moleküler boyutlarda, daha büyük boyutlarda olduğundan önemli derecede farklı özellikler sergileyen materyallerin sergiledikleri olayların ve davranışların incelendiği çalışma (bilim) alanı” şeklinde tanımlanırken, nanoteknoloji kavramı “Yapı, cihaz ve sistemlerin nm ölçeğinde şekil ve boyutunu kontrol ederek, karakterizasyon, üretim, uygulama ve tasarımlarıdır” olarak tanımlanmıştır. Başka bir tanıma göre nanobilim; en az bir boyutu 1-100 nm aralığında olan cihaz ve yapıların temel özelliklerinin çalışılmasıdır. Nanoteknoloji ise; işlevsel materyaller tasarlamak ve yeni ve optimize edilmiş yapı ve özelliklere sahip kompleks yapılar yaratmak için, atomik boyuttaki olay ve işlevlerin uygulama ve anlayışını ifade etmektedir (Deppert, Kullberg ve Samuelson, 2008).

Bhushan (2010) tarafından yapılan farklı bir tanıma göre, nanoteknoloji kelime anlamı olarak gerçek dünyada uygulamaları mevcut olan, nano ölçekteki herhangi bir teknolojiyi ifade etmektedir. Nanoteknoloji ortaya çıkan nanoyapıların daha büyük sistemlere entegrasyonunun yanı sıra bireysel atom ya da moleküllerden mikronaltı boyutlara değişen ölçeklerde, fiziksel, biyolojik ve kimyasal sistemlerin üretimini ve uygulamalarını kapsar.

Amerika Bilim ve Teknoloji Danışmanları Başkanlık Konseyinin (The President's Council of Advisors on Science and Technology-PCAST) hazırlanmış olduğu rapora göre nanoteknoloji; benzersiz bazı özelliklerin yeni uygulamalar için olanak tanıdığı boyutlardaki, yani yaklaşık olarak 1-100 nm uzunluğundaki, maddeleri anlama, kontrol etme ve kullanmayı kapsamaktadır (PCAST, 2008). Tessman (2009)'a göre nanoteknoloji; fizik, kimya, biyoloji ve mühendisliğin bazı yönlerini birleştiren, büyük ölçüde disiplinlerarası bir alandır.

Nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik farklı kişiler ya da kurumlar tarafından farklı tanımlar yapılmış olsa da, her bir kavram için yapılan tanımlar incelendiği zaman bu tanımların ortak unsurlar içerdikleri görülmektedir. Bu ortak unsurlar nanobilim kavramı için; nanoboyuttaki maddeler ve bu maddelerin özelliklerinin incelenmesi, nanoteknoloji kavramı için; nanoboyuttaki maddelerin özellikleri ve bu özelliklerin yeni üretilmeye uyarlanması şeklinde özetlenebilir. Bu durumda nanobilim kavramı; maddelerin nanoboyutlarda sahip oldukları özellikleri inceleyen bilim alanı, nanoteknoloji kavramı ise maddelerin nanoboyutlarda sahip oldukları özelliklerden faydalanarak yeni ürünler üretmeyi ya da varolan ürünlere yeni özellikler kazandırmayı amaçlayan bilim alanı olarak tanımlanabilir. Tanımlara göre nanobilim nanoboyuttaki maddelerle ilgili teorik bilgilere odaklanırken, nanoteknoloji bu maddelerle ilgili uygulamalara odaklanmaktadır. Bu durum da nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki temel fark olarak düşünülebilir.

### **2.3.1. Nanobilim ve nanoteknolojinin tarihçesi**

Nanobilim ve nanoteknolojinin tarihi 29 Aralık 1959 tarihinde Amerikan Fizik Derneği (American Physical Society) tarafından düzenlenen bir konferansta, fizikçi Richard P. Feynman'ın yaptığı "Aşağıda Daha Çok Yer Var" (There is Plenty of Room at the Bottom) isimli ünlü konuşmasına dayanmaktadır. Bu konuşmada

Feynman “Neden 24 ciltlik Britanica ansiklopedisini bir toplu iğne başına yazamayalım?”, “Atomları istediğimiz şekilde, tek tek düzenleyebilirsek ne olacak?” gibi çarpıcı ifadelerle maddelerin boyutu küçüldüğünde de üretim ve kontrolünün mümkün olabileceği düşüncesini dile getirmiştir (Feynman, 1960). Böylece atom ve moleküllerin yeniden düzenlenmesi fikri, teknolojinin tamamıyla yeni ve giderek daha çok gelişen bir alanını ortaya çıkarmıştır. Nanobilim ve nanoteknoloji, bilim ve teknolojinin gelişiminde anahtar bir rol üstlenmiştir (Deppert vd., 2008). Feynman’ın nanobilim ve nanoteknolojinin temelini attığı konuşmasının ardından, Japon bilim adamı Norio Taniguchi, “Nanoteknolojinin Temel Konsepti Üzerine (On the Basic Concept of Nanotechnology)” adlı makalesinde “Nanoteknoloji” kavramını ilk defa kullanmıştır (Sandhu, 2006; Taniguchi, 1974). Bu gelişmelerden sonra, IBM’in Zürih laboratuvarında çalışmakta olan Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından 1981 yılında bireysel olarak atomları görüntüleyebilme yeteneğine sahip olan taramalı tünelleme mikroskopunun keşfedilmesi, nanobilim ve nanoteknolojinin ilerleyişine hız kazandırmıştır (Sanal, t.y.-a; Uldrich and Newberry, 2005). Feynman’ın öngörülerini içeren bazı hipotezleri K. Eric Drexler’in 1986’da yayımlanan “Motorların Yaratılışı: Nanoteknolojinin Yaklaşan Çağı” (Engines of Creation: The coming Era of Nanotechnology) isimli kitabında daha iyi anlaşılmaya başlamıştır (Hunt ve Mehta, 2005). Drexler, Feynman’ın çalışmalarına dayalı olarak; atomlarla, canlı hücrelerden çok daha küçük, mevcut makinalardan çok daha güçlü, hafif ve kendi kendini kopyalayabilen nanoölçekte makinalar üretilbileceğini iddia etmiştir (Drexler,1986).

Modern nanobilim ve nanoteknoloji hayatımızda oldukça yeni olmasına rağmen, nano malzemeler yüzyıllardır kullanılmaktadır. Örneğin, alternatif ölçekli altın ve gümüş parçacıkları yüzlerce yıl önce Ortaçağ kiliselerinde vitray pencerelere renk katmıştır (Ban ve Kocijancic, 2011). Şekil-3’de gösterilen ve antik dönem cam ustaları tarafından yapılan “Kral Lycurgus Kupası” (Lycurgus cup) içeriğindeki nanopartiküller sayesinde ışığı yansıtma ve geçirme durumuna göre farklı renkler alabilmektedir (Benli, 2008; Crerar, 2014).

**Şekil-3: Kral Lycurgus Kupası**

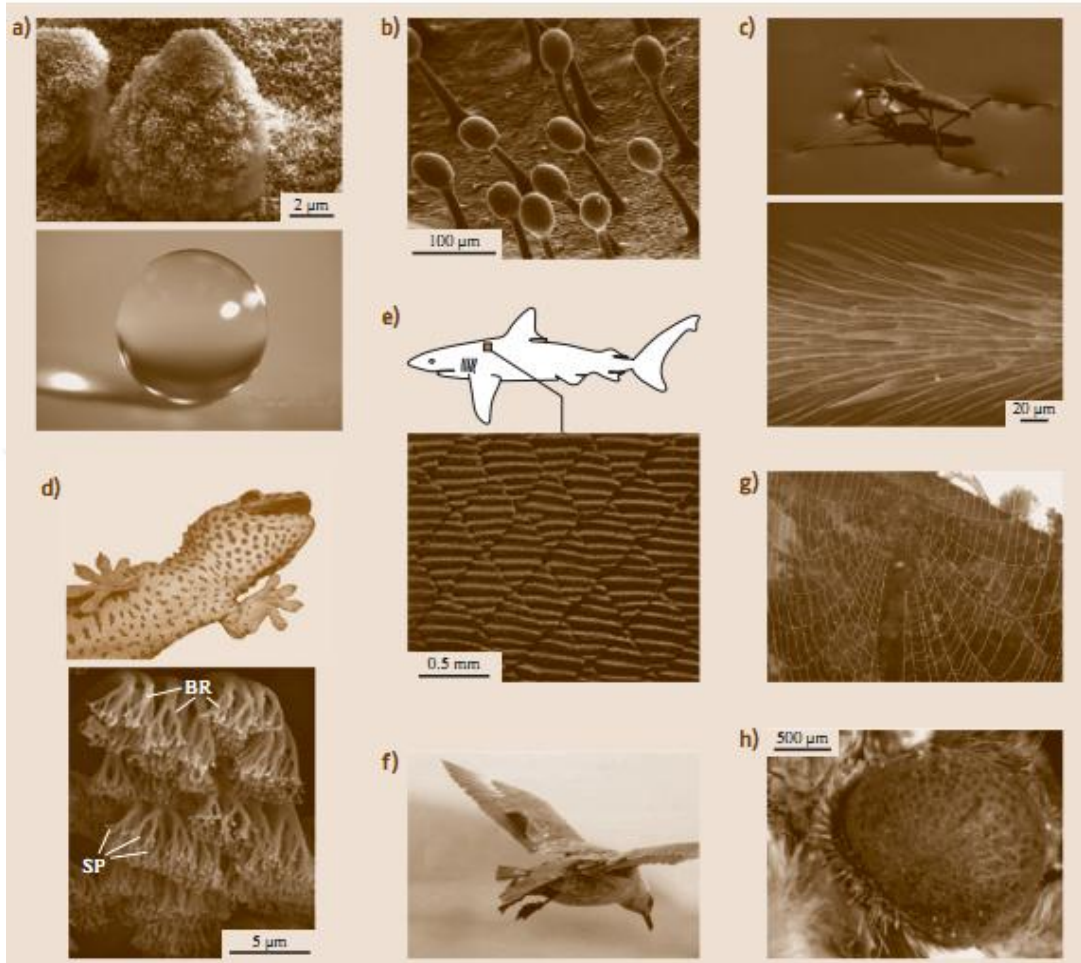


Kral Lycurgus Kupası ışığı geçirdiğin zaman kırmızı, ışığı yansıttığı zaman ise yeşil renkli görünmektedir (Crerar, 2014).

Nanobilim ve nanoteknoloji nispeten yeni kavramlar olmasına rağmen tümüyle yeni ortaya çıkmış alanlar değildir. Doğa, yeryüzünde yaşamın oluşumu için yaklaşık 3,8 milyar yıllık bir evrim geçirmiştir ve makro boyuttan nanoboyuta kadar çeşitli boyutlara ve işlevlere sahip olan çok sayıda materyal, nesne ve süreç içermektedir (Amato, 2000; Aktaran: Bhushan, 2010). Bu materyal, nesne ve süreçlerin işleyiş mekanizmalarını öğrenmek, araştırmacıların doğada var olan bu uygulamaları kullanarak yeni nanomateryaller, nano cihazlar ve yeni süreçler üretmeleri için bir rehberlik sağlar. Biyolojik olarak ilham alınan doğadaki bu tasarım, adaptasyon ya da kaynaklar “biomimetics” olarak ifade edilir. Bu sözcük doğayı ya da biyolojiyi taklit etme anlamına gelmektedir. Şekil-4 çeşitli nanoteknolojik gelişmeler için ilham kaynağı olan ve doğada bulunan moleküler cihazlara güzel bir örnek sunmaktadır (Bhushan, 2009).

Lotus (beyaz nilüfer) bitkisi, köpek balığı derisi ve Geko kertenkelesi günümüzdeki nanoteknoloji uygulamalarının görüldüğü doğal örneklerden sadece birkaçıdır (Bhushan, 2009, 2010; Özer, 2008).

**Şekil-4: Birçok teknolojik gelişmeye 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 (Bhushan, 2009, 2010).

Doğadan endüstriyel üretilere yansıyan nanoteknoloji uygulamalarından biri “Lotus Etkisi” dir. Lotus bitkisinin yaprakları, yaklaşık 1 nm boyutunda hidrofobik mum kristalleri ile örtülü, çok ince ve uzantılı (pürüzlü) bir yapıya sahiptir. Mum kristallerinin oluşturduğu uzantılar bir mikroskop yardımıyla gözlenebilir. Lotus bitkisinde bulunan bu uzantılar taramalı elektron mikroskobu ile incelendiğinde, her uzantının kendisine ait daha küçük uzantılara sahip olduğu görülebilir. Böylece lotus yaprakları süperhidrofobik (suyu sevmeyen) bir yapı kazanır. Yani yaprak yüzeyine damlayan su damlacıkları, yüzeye tutunamayarak aşağı doğru kayarlar. Ayrıca su

damlacıkları kayarken yaprak yüzeyinde bulunan küçük kir parçacıklarını da beraberinde götürürler. Sonuç olarak yaprak yüzeyi sağanak yağmur altında dahi daima kuru ve temiz kalır (Cullinane vd., 2013). Endüstriyel uygulamalarda lotus etkisinin su geçirmez ürünler üretmek için kullanıldığı bilinmekte ve belki de gelecekte kendi kendini temizleyebilen ürünler için kullanılabileceği düşünülmektedir (Evans, 2008).

Köpek balıklarının derisinde bulunan ve deri-dişcik olarak adlandırılan, dişe benzeyen çok küçük pullar su içerisinde boylamsal dalgalar yaratarak balığın daha hızlı bir şekilde ve savrulmadan yüzmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte aynı özellik sayesinde denizlerde yaşayan çeşitli organizmaların köpek balığının vücuduna tutunması da zorlaşmaktadır. Bazı firmalar bu özellikten yararlanarak tüm vücut mayo üretimi yapmıştır. Ayrıca çok sayıda bot, gemi ve uçak üreticisi, yüzeysel sürtünme kuvvetini ve organizmaların ürünlerin yüzeyine tutunmalarını azaltmak için bu özelliği ürettikleri araçlara uygulamaya çalışmaktadırlar (Bhushan, 2010).

Geko kertenkelesi, duvarlara tırmanabilen ve tavanda yürüeyebilen hayvanlar alemindeki nadir türlerden biridir. Bir Geko kertenkelesinin ayak parmaklarının tabanında, hem uzunluk hem de genişlik olarak yaklaşık 200 nm boyutlarında, milyonlarca küçük ve yapışkan tüyler bulunur. Bu tüyler sayesinde, Geko yüzey ile doğrudan fiziksel temas halindedir. Tüylerin ucu spatula şeklinde olup yüzeye oldukça güçlü bir yapışma (adezyon) sağlar (Autumn ve Gravish, 2008). Geko'nun sahip olduğu bu özellik günlük hayatta kullandığımız bantlarda ve tutkallarda iki yüzeyi birbirine yapıştıran sıvı yapışkanlardan farklı olarak kuru yapıştırıcılar için süper adhezif polimer yapışkanlara model olmuştur (Bhushan, 2010; Zor, 2016).

### **2.3.2. Nanoteknolojinin amaçları**

Nanobilim ve nanoteknolojinin; doğa ile ilgili daha doğru anlayışlar, temel araştırma ve eğitimlerde ilerlemeler, endüstriyel üretim, ekonomi, sağlık, çevre yönetimi ve sürdürülebilirlikte önemli gelişmeler sağlaması beklenmektedir (Roco ve Bainbridge, 2001). Bu noktada nanoteknolojinin temel amacı moleküler tıptaki gelişmeler, artan çalışma verimliliği, sürdürülebilir gelişimin sınırlarının genişlemesi ve artan insan potansiyelidir (Roco, 2003).

### **2.3.3. Nanoteknolojinin uygulama alanları**

İçinde bulunduğumuz yüzyılda nanobilim ve nanoteknolojinin toplumlar ve ekonomiler üzerinde, yarı iletken teknolojisi, bilişim teknolojisi veya hücresel ve moleküler biyoloji ile karşılaştırılabilir düzeyde büyük bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Nanoteknoloji üzerine yapılan araştırmalar, malzeme ve üretim, elektronik, tıp ve sağlık hizmetleri, enerji, biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve ulusal güvenlik gibi çeşitli alanlarda devrim niteliğinde gelişmeler olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle nanoteknolojiden, yaygın bir şekilde geleceğin sanayi devrimi olarak bahsedilmektedir (Aktürk, 2013; Bhushan, 2010).

Nanoteknolojinin uygulama alanlarından bazıları aşağıda açıklanmıştır.

#### **2.3.3.1 Tıp**

Nanobilim ve nanoteknolojinin tıp alanındaki uygulamaları nanotıp olarak adlandırılmaktadır (Kawasaki ve Player, 2005; L. Zhang vd., 2008; L. Zhang vd., 2010). Son yıllarda birçok medikal alanda, özellikle de ilaç salınımı üzerine nanotıp uygulamaları keşfedilmiştir (L. Zhang vd., 2010). Bunlardan bazıları kanser, diyabet, ağrı, astım, alerji ve enfeksiyon gibi çeşitli hastalıklar için geliştirilen nanopartikül tabanlı teşhis ve tedavi yöntemleridir (Kawasaki ve Player, 2005; L. Zhang vd., 2008). Nanopartiküller, tedavi sürecinde, ilaçların hedeflenen şekilde teslim edilmesi ve kontrollü olarak salınması için imkan sağlar. Ayrıca nanopartiküller geleneksel yöntemlerle teşhis edilemeyen virüs parçalarının, kansere dönüşebilecek hücrelerin ve bazı hastalık yapıcı unsurların teşhis edilmesine olanak tanır (L. Zhang vd., 2008).

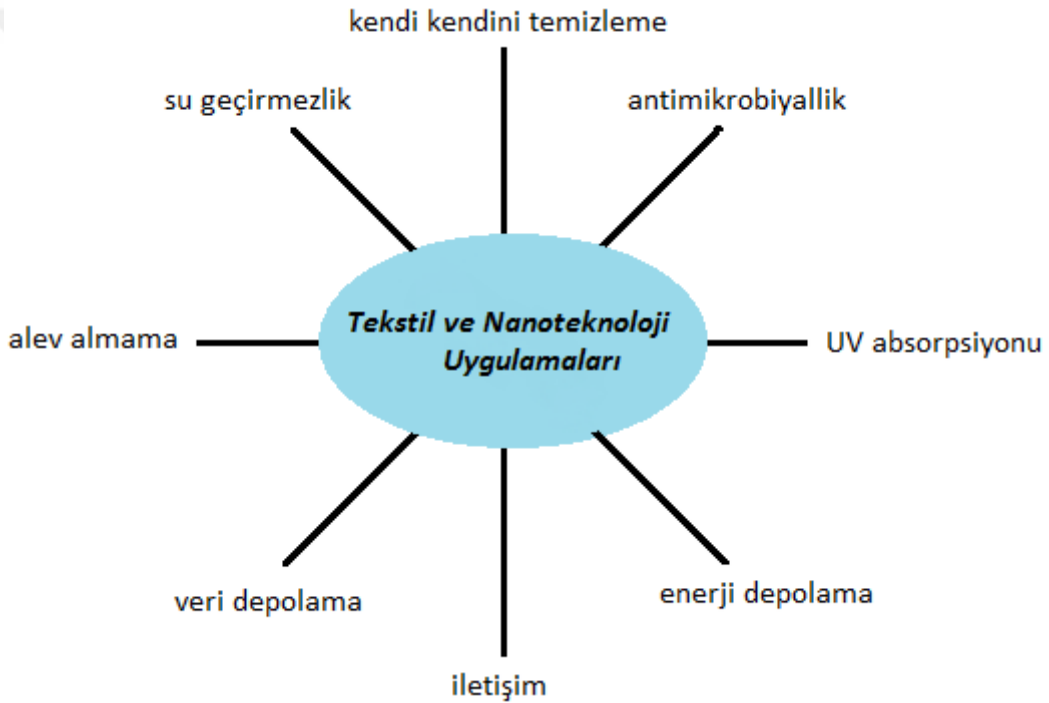
#### **2.3.3.2 Gıda**

Gıda paketlenme, kaplanan nanokompozit filmin üzerine doğrudan antimikrobiyal maddeler yerleştirilerek geliştirilebilir. Polimerin yapısına nanoölçekli kil parçacıkları eklenerek oksijen ve su geçirgenliği azaltılabilir. Böylece geridönüşüm özelliği de arttırılmış olur. Bu işlem besinleri kurumaktan ve bozulmaktan da korur. Yüzyıllardır antimikrobiyal madde olarak kullanılan gümüş, son zamanlarda besinlerin tazeliğini daha uzun süre koruyabilmek için nanoölçekli gümüş olarak antimikrobiyal ambalajlara eklenir (Murty vd., 2013).

### 2.3.3.3 Malzeme

Nanoteknolojinin tekstil ürünlerindeki uygulamaları sonucu ortaya çıkan ürünlere nano-tekstil adı verilebilir. Nano-tekstiller, nanoteknoloji uygulamaları sonucu elde edilen tüm tekstil ürünlerini kapsamaktadır (Celep ve Koç, 2008). Tekstil ürünlerini nano materyaller ile işleyerek, bu ürünlerin özelliklerini geliştirmek ve onları daha uzun ömürlü hale getirmek mümkündür (Heeren, 2006). Bu ürünlere nanoteknoloji uygulamaları ile kazandırılacak yeni özelliklerden bazıları Şekil-5'te gösterilmiştir.

**Şekil-5: Nanoteknoloji ile tekstil ürünlerine kazandırılacak bazı özellikler**



Kaynak: Heeren, 2006.

Şekil-5'e göre nanoteknoloji uygulamaları ile tekstil ürünlerine kazandırılacak özelliklerden bazıları; kendi kendini temizleme, su geçirmezlik, alev almama, veri depolama, enerji depolama, iletişim, UV absorpsiyonu ve antimikrobiyalıktır. Ticari uygulaması olan nano-parçacıklar ve potansiyel tekstil uygulamalarına ait örnekler Tablo-2'de verilmiştir.



**Tablo-2: Nanoparçacıklar ve potansiyel tekstil uygulamaları**

<b>Nano-parçacık</b>	<b>Tekstil uygulamaları</b>
Görünür ışığın dalga boyu aralığındaki boyutlarda Core-shell (öz-kabuk) parçacıklar	Kelebek kanadına benzer karışım renkleri
Seramik nano parçacıklar	Aşınma dayanımında artış
Görünür ışığın dalga boyu aralığındaki boyutlarda kristalize olmuş nano-dispersiyonlar	Optik özelliklerin değiştirilmesi ve karışım renklerin eldesi
PP veya PE kaplamalı SiO <sub>2</sub> veya Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nano parçacıklar	Üstün su iticilik apresi
İndiyum-kalay-oksit nano parçacıklar	EM/IR koruyucu giysi
Nano gözenekli köpükler	Köpüklerin ısı yalıtım ve mukavemet özelliklerinde artış
TiO <sub>2</sub> ve ZnO parçacıklar	UV koruması, lif koruması, oksidatif kataliz
Fe-nano parçacıklar	İletimli manyetik özellikler, “uzaktan ısıtma”

Kaynak: Beringer ve Hofer, 2004; Akt: Güneşoğlu, 2009.

Nanoteknoloji kolay temizlenen, çizilmeye karşı dirençli vb. yeni işlevlere sahip ürünler sağlayarak, tüketicileri ilgilendiren çok sayıda alanı etkilemektedir. Nanoteknolojinin evlerdeki en bilinen uygulamalarından biri de kendi kendini temizleyen ya da kolay temizlenen seramik ya da cam yüzeylerdir. Nano-seramik partikülleri ütü ve tavalar gibi yaygın olarak kullanılan ev eşyalarının ısı direncini ve pürüzsüzlüğünü de geliştirmektedir (Murty vd., 2013).

#### **2.3.3.4 Çevre ve enerji**

Çeşitli nanomalzeme ve nanokompozitler aracılığıyla fosil yakıt endüstrisindeki verimlilik artırılabilir. Böylece hem daha yüksek verimlilikte motorlar hem de çevre dostu sistemler elde edilebilir (Akbaş ve Özarlan, 2007). Ayrıca tüm dünyada günümüzün en büyük sorunlarından biri giderek artan enerji-yakıt tüketimidir. Bu soruna en kısa sürede çözüm bulunamazsa, insanoğlu yaklaşık 50 yıl içerisinde doğal kaynakların tükenmesi riski ile karşı karşıyadır. Üstelik bu yakıtların çevreye verdiği zararlar da büyük ölçüde artmıştır. Bu soruna alternatif bir çözüm yolu olarak hidrojen enerjisi karşımıza çıkmaktadır. Hidrojen enerjisi, hidrojenin yüksek yoğunlukta ve güvenli bir şekilde depolanmasıdır. Bu depolama işleminde de nanomalzemelerden faydalanılmaktadır (Akdoğan Eker, 2008).

### 2.3.3.5 *Savunma*

Nanoteknolojinin askeri alandaki en önemli uygulamalarından biri akıllı üniformalardır. Akıllı üniformalarla birlikte askerin taşıması gereken yük miktarı büyük ölçüde azalacaktır. Ayrıca gören, duyan, hisseden bu üniformalar sayesinde, askerin sağlık durumu ile ilgili bilgiler anında sağlanacaktır (Akdoğan Eker, 2008). Akıllı üniformalardan başka nanoteknolojinin ulusal savunma ve güvenlik için belirlenen uygulama alanlarından bazıları; sensörler, yüksek hızlı işlemci ve iletişim araçları, askeri eğitimler için sanal sistemler, insansız kara/deniz/hava araçları, geliştirilmiş kimyasal, biyolojik ve nükleer algılama sistemleri ve bakım araçları, askeri platformlarda yüksek performans ve insan gücü performansının geliştirilmesidir (Özer, 2008).

### 2.3.3.6 *Kozmetik*

Nanoteknolojinin kozmetik alanındaki uygulamaları arasında ilk akla gelen nanokapsüller içeren kırışıklık önleyici kremlerdir. Kremlerin içeriğindeki nanokapsüller aktif maddelerin cildin alt katmanlarına kadar iletilmesine yardımcı olmaktadır (Murty vd., 2013). Kozmetik alanındaki diğer nanoteknoloji uygulamalarından biri de güneş kremlerinde görülmektedir. Büyük partikül boyutlarında çinko oksit veya titanyum dioksit içeren güneş kremleri cilde uygulandığı zaman beyaz renkte görünmektedir. Çünkü bu tanecikler zararlı ultraviyole ışınları absorblarken, görünür ışığın tüm renklerini yansıtırlar. Bu partiküllerin boyutu küçültüldüğü zaman, yaklaşık olarak 20 nm civarındaki çinko oksit veya titanyum dioksit nano taneciklerinin elde edilmesi ile özellikleri değiştirilebilir ve bu taneciklere görünür bölge ışınları tanecikler arasından kayıp geçerken, zararlı ultraviyole ışınları absorblama özelliği kazandırılabilir (Erkoç, 2007).

### 2.3.3.7 *Havacılık ve uzay*

Havacılık ve uzay araçları oldukça yüksek maliyetlere sahip teknolojilerdir. Bu araçların imalatı sırasında kullanılan malzemelerin ağırlığının fazla olması da maliyetlerin yüksekliğinde belirleyici bir faktördür (Karanfil, t.y.). Havacılık ve uzay alanında kullanılan araçların, daha hafif ve dayanıklı malzemelerle üretilmesi sayesinde maliyetlerinin düşürülmesi sağlanabilir. Bu sayede azaltılan ağırlığın

yerine yakıt konularak daha uzun mesafe yolculuklar gerçekleştirilebilir (Yardımcı, 2012).

Nanoteknoloji ile yapılan üretimler hem ucuz hem de temiz olmakla birlikte elde edilen ürünlerin finansal karşılığı da oldukça yüksektir (Celep ve Koç, 2008). Bunun farkına varan birçok firma bu teknolojiyi bünyelerine dahil etme ve nanoteknolojik ürünler üretme çabasıdadır. Ülkemizde de boya ve kaplama, tekstil, kimya, otomotiv, yapı-inşaat, malzeme, polimer ve kompozit sektörlerinde yer alan birçok firma bu teknolojiden yararlanmaktadır (Özgüz, t.y.). Üretim ve sanayi alanlarında nanobilim ve nanoteknolojinin potansiyeli anlaşılmış olsa da bu konulara yönelik farkındalığının düşük düzeyde kaldığı bilinmektedir (Castellini vd., 2007; Elmarzugi vd., 2014; Retzbach vd., 2011). Bu durum da dikkatleri nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine çekmektedir.

#### **2.3.4. Ülkemizde ve dünyada nanoteknoloji**

Nano-ürünler, medyada, mağazalarda ve hatta evlerimizde bile bulunmaktadır. Böcek ilaçları, güneş kremi, kozmetik ürünleri, leke tutmaz giysiler, boyalar, spor malzemeleri ve dijital kameralar gibi 500'den fazla nano ürün süpermarket ve eczane raflarında yer almaktadır (Environmental Law Institute, 2005; Aktaran: Bowman ve Hodge, 2007). Nano-ürünler aracılığıyla günlük yaşamımızın büyük bir parçası haline gelen nanobilim ve nanoteknoloji araştırmaları için, tüm dünyada büyük bütçeler ayrılmakta (PCAST, 2008; Roco, 2011) ve bu konuda araştırmalar yapan kurumların sayısı giderek artmaktadır. Amerika Ulusal Nanoteknoloji Girişimi (National Nanotechnology Initiative-NNI) (2000) bunlardan ilki ve belki de en önemlisi olmakla birlikte, Japonya (2001), Kore (2001), Avrupa Birliği (2002), Almanya (2002), Çin (2002) ve Tayvan (2002) gibi birçok ülke ulusal düzeyde nanobilim ve nanoteknoloji araştırma ve geliştirme çalışmalarına yönelik çeşitli programlar oluşturmuşlardır (Roco, 2011).

Ülkelerin nanobilim ve nanoteknoloji araştırma ve geliştirme çalışmaları için ayırdıkları bütçeler ülkelere ve yıllara göre değişiklik göstermektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nin nanobilim ve nanoteknoloji için ayırdığı bütçe 2001 yılında 497 milyon dolar iken, 2005-2009 yılları arasında bu rakam 3.7 milyar dolara ulaşmıştır (Bhushan, 2010). Avrupa Birliğinin bütçesi 2001 yılından 2004 yılına, 400

milyon dolardan yaklaşık 950 milyon dolara kadar artmıştır. Güney Kore 2003 yılında 2 milyar dolar halk desteği ile 10 yıllık programa başlamıştır ve Tayvan 6 yıl boyunca halk desteğinin yaklaşık 600 milyon dolarını nanoteknolojiye adanmıştır. Singapur ve Çin’de büyük ölçekte araştırmalar yapılırken Rusya da büyük yatırımlar yapmıştır (Bhushan, 2010). Geçen zamanla birlikte hem bu alanlarda araştırmalar yapan ülkelerin sayısı hem de bu ülkelerin nanobilim ve nanoteknoloji araştırmaları için ayırdıkları bütçeler artmaya devam etmiştir. Sonuç olarak 60’dan fazla ülkenin ulusal alanda çalışmalarını sürdürdüğü (Roco, 2011) ve 2012 yılından itibaren Amerika Birleşik Devletleri (2,1 milyar dolar), Japonya (1,3 milyar dolar), Rusya (974 milyon dolar) ve Almanya’nın (617 milyon dolar) en fazla yatırım yapan ülkeler oldukları bilinmektedir (PCAST, 2014).

Nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında yaşanan hızlı gelişmeler karşısında ülkemizde de Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Bilkent Üniversitesi’nden sunulan Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) projesi aracılığı ile ulusal nitelikte bir nanoteknoloji merkezi kurulması için büyük bir destek sağlamıştır (Çıracı, 2007). UNAM’ın 2006 yılı ortalarında başlayan ve 1,5 yılda bitirilen birinci fazı planlan tarihten yaklaşık bir yıl önce tamamlanmıştır. Bu faz döneminde binalar ve araştırma ekipmanlarının sağlanması için 28 milyon TL yatırım yapılmıştır (Vikipedi, t.y.-a). İlerleyen fazlarda merkezin gelişmesiyle birlikte yatırımın 100 milyon dolara ulaşması planlanmıştır (Çıracı, 2007).

Ülkemizde yapılan bir diğer yatırım da Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM)’dir. SUNUM Devlet Planlama Teşkilatı ve Sabancı Vakfı’nın katkılarıyla kurulmuştur. Merkezin kuruluşunda yaklaşık 25 milyon Euro yatırım yapılmış ve merkez Haziran 2011’de faaliyete başlamıştır (Sanal, t.y.-b).

Ayrıca Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı, Bilkent Ulusal Nanoteknoloji Merkezi, Bilkent Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, Koç Üniversitesi Yüzey Teknolojileri Araştırma Merkezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, Anadolu Üniversitesi Seramik Araştırma Merkezi (A.Ş.), Gazi Üniversitesi Nanotıp ve İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi, Hacettepe Üniversitesi Nanotıp Bilim Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Nanobilim ve Nanoteknoloji İleri Araştırmalar Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi Nano-Mikro

Elektro Mekanik Sistemler Laboratuvarı, TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, Marmara Üniversitesi Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Araştırma Merkezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Nanobilim ve Teknoloji Araştırma Merkezi, Erciyes Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Teknoloji Araştırma Merkezi, Atatürk Üniversitesi Nanobilim Uygulama ve Araştırma Merkezi de ülkemizde bulunan nanoteknoloji araştırma kuruluşlarından (Özgüz, t.y.).

#### **2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar**

Nanoölçekli partiküllerin binlerce yıldır çevremizde var olduğu bilinmektedir. Bu duruma örnek olarak okyanuslardan havaya karışan tuz kristalleri ya da kurumda bulunan karbon atomları örnek verilebilir (Planinšič ve Kovač, 2008). Ancak nanoölçekli partiküllerin bilinçli ve istemli bir şekilde üretimi ve bu partiküllerin özelliklerinin keşfedilmesi, bu partikülleri görmeye, sentezlemeye, karakterize etmeye ve işlemeye olanak tanıyan özel araç ve yöntemlerin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur (Çıracı vd., 2004; Hingant ve Albe, 2010; Ng, 2009; Planinšič ve Kovač, 2008). Ayrıca bu araç ve yöntemler, yüzey üzerinde bulunan atomları iterek birbirlerinden uzaklaştırmaya ve farklı şekillerde dizmeye de olanak tanımıştır (Çıracı vd., 2004).

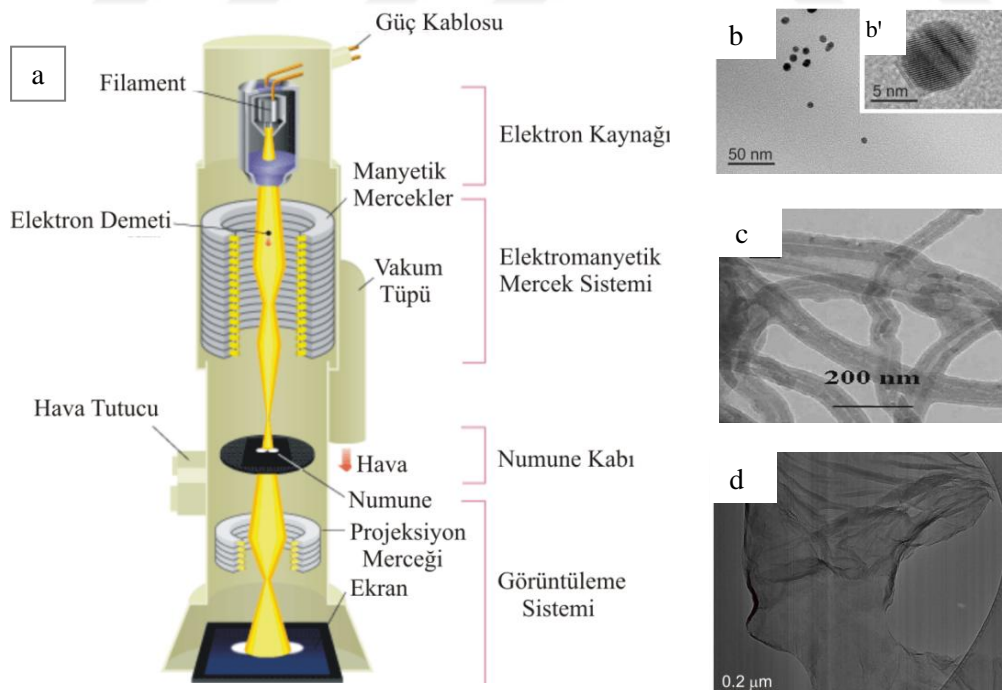
Nano boyutta maddeleri gözlemlemek elektronlar, fotonlar, tarama uçları, iyonlar, atomlar vb. kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yapılan nano ölçümler bu araçlar ile gerçeklik kazanmış olur. Bireysel nano malzemelerin özellikleri hassas bir şekilde çalışılabilir ve bunların bazı örnekleri gösterilebilir (Pradeep, 2007). Sonuç olarak nano ölçekte ölçme ve incelemeler yapabilen cihazların gelişimi ve bu boyutlarda işlem yapmaya izin veren yöntemler, nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmesinde en önemli unsurlardandır (Murday, 2010).

##### **2.4.1. Geçirimli elektron mikroskobu**

Max Knoll ve Ernst Ruska tarafından 1930'larda yapılan çalışmaların bir ürünü olarak ortaya çıkan geçirimli elektron mikroskobu (Transmission Electron Microscope/TEM), optik mikroskoba kıyasla çok daha küçük ayrıntıları görmeye olanak tanır (Zinin, t.y.). TEM mikro ve nanoyapıların içyapısını incelemek için kullanılır. Atom düzeyinde görüntü elde edebilen oldukça hassas bir cihazdır. Işık

mikroskobunun çalışma prensibine benzer bir prensipte çalışır ancak ışık yerine elektronları kullanır (Dowling vd., 2004). Kaynaktan yayılan elektron demeti mercekler aracılığı ile numuneye odaklanır. Numuneye gelen elektron demeti malzemenin içinden geçerek, gözlem ekranının üzerine düşer ve böylece görüntü elde edilir (Sanal, t.y.-c). Bu nedenle TEM için kullanılan örnekler çok ince olmalıdır (genellikle 100 nm'den daha kısa), böylece elektronların çoğu numune boyunca iletilebilmektedir. Elektronların dalga boyunun ışığın dalga boyundan daha kısa olması nedeniyle, TEM ile ışık mikroskobuna göre daha yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilebilmektedir. TEM bazı durumlarda bireysel atomların içyapısının detaylarını en iyi şekilde ortaya çıkarabilir (Dowling vd., 2004). Bu tür mikroskoplarda, X ışınlarıyla olduğu gibi, ışınlar şeffaf örnek ile etkileşir ve bir kırılma şekli ya da hologram yaratır. Kırılma şeklinin analizi, incelenen örneğin atomik yapısının anlaşılmasını sağlar (Nouailhat, 2010). TEM'in çalışma prensibi (a) ve TEM aracılığıyla elde edilmiş altın nanopartikül (b), karbon nanotüp (c) ve grafen oksit (d) görüntüleri Şekil-6'da verilmiştir.

**Şekil-6: TEM'in çalışma prensibi ve TEM ile elde edilmiş örnek görüntüler**

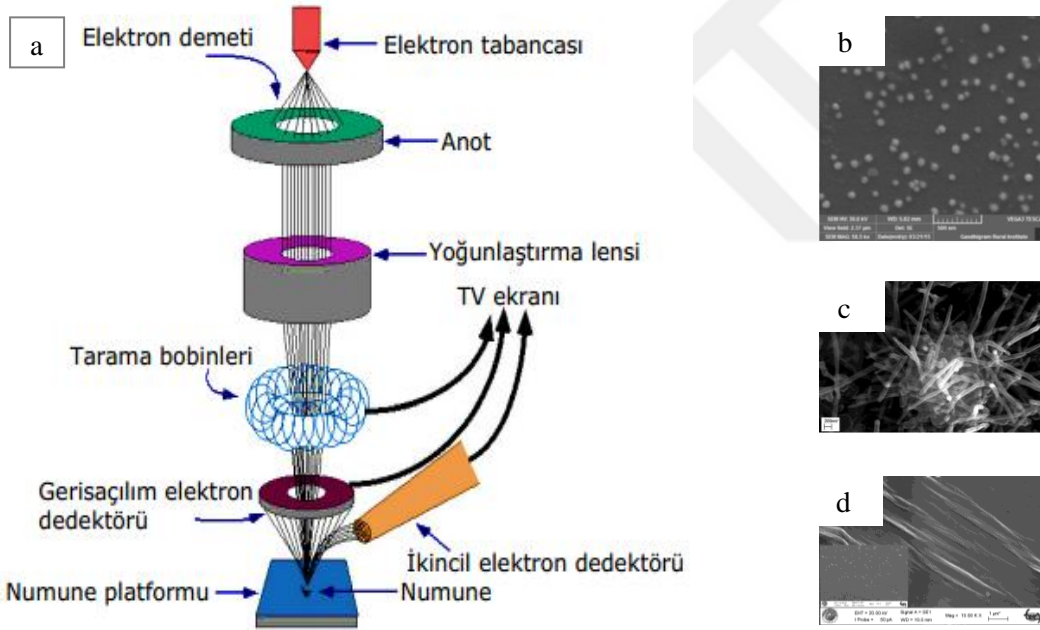


Kaynak: Sanal, t.y.-c (a), Zor ve Bekar, 2017a (b), Jeykumari ve Narayanan, 2009 (c), Zor vd., 2017b (d).

### 2.4.2. Taramalı elektron mikroskobu

Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope/SEM) Manfred von Ardenne öncülüğünde 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir. SEM'in çalışma prensibi çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması işlemine dayanmaktadır (Vikipedi, t.y.-b). Bu işlem sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda ortaya çıkan etkilerin, uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla görüntü elde edilmiş olur (Bowen ve Hilal, 2009). Şekil-7'de SEM'in çalışma prensibi (a) ve SEM aracılığıyla elde edilmiş altın nanopartikül (b), karbon nanotüp (c) ve grafen (d) görüntüleri verilmiştir.

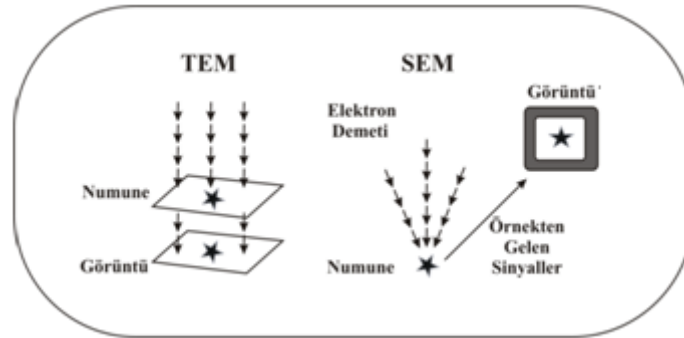
**Şekil-7: SEM'in çalışma prensibi ve SEM ile elde edilmiş örnek görüntüler**



Kaynak: Sanal, t.y.-d (a), Gowthaman vd., 2016 (b), Zor vd., 2014a (c), Zor vd., 2014b (d).

Verilen bilgiler doğrultusunda TEM ve SEM için bir karşılaştırma yapılacak olursa; SEM'de görüntü yansıyan elektron ışınlarından faydalanılarak elde edilirken, TEM'de cisimden geçen ışınlar görüntüyü meydana getirir; SEM ile yüzey morfolojisi incelenirken, TEM'de örnek derinlemesine incelenmektedir. Ayrıca SEM'in örnek şekli hacimli ve büyükken, TEM'inki ince film tabaka şeklindedir. TEM ve SEM'in çalışma prensibinin karşılaştırılması Şekil-8'de verilmiştir.

Şekil-8: TEM ve SEM için çalışma prensibinin karşılaştırılması

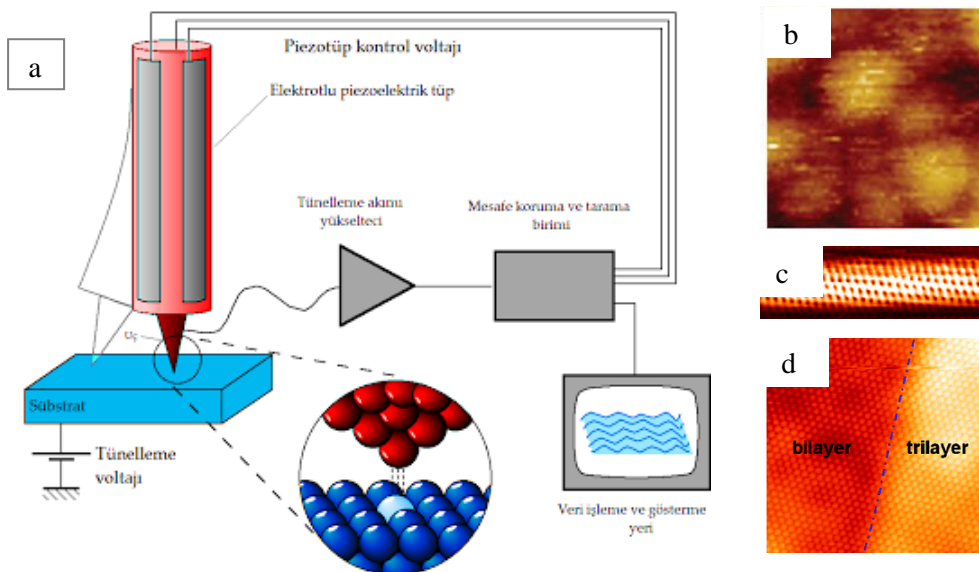


Kaynak: Sanal, t.y.-c.

### 2.4.3. Taramalı tünelleme mikroskobu

Taramalı tünelleme mikroskobunda (Scanning Tunneling Microscope/STM), bir yüzey ve tarama ucu arasında akan elektrik akımının miktarı ölçülür. Ölçümün yapılma şekline bağlı olarak ya yerel geometriyi test etmek ya da yerel elektrik iletken özelliklerini ölçmek için STM kullanılabilir. Geliştirilen taramalı araştırma yöntemlerinin ilki STM'dir (Ratner ve Ratner, 2002). STM'in tasarımcıları olarak Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer 1981'de geliştirdikleri bu mikroskop ile 1986 yılında fizik alanında Nobel Ödülü'nü paylaşmıştır (Ng, 2009; Ratner ve Ratner, 2002). Şekil-9'da STM'in çalışma prensibi (a) ve STM aracılığıyla elde edilmiş altın nanopartikül (b), karbon nanotüp (c) ve grafen (d) görüntüleri verilmiştir.

Şekil-9: STM'in çalışma prensibi ve STM ile elde edilmiş örnek görüntüler



Kaynak: Yükseltürk, 2008a (a), Liu vd., 2012 (b), Wikipedi, t.y.-c (c), Huang vd., 2008 (d).

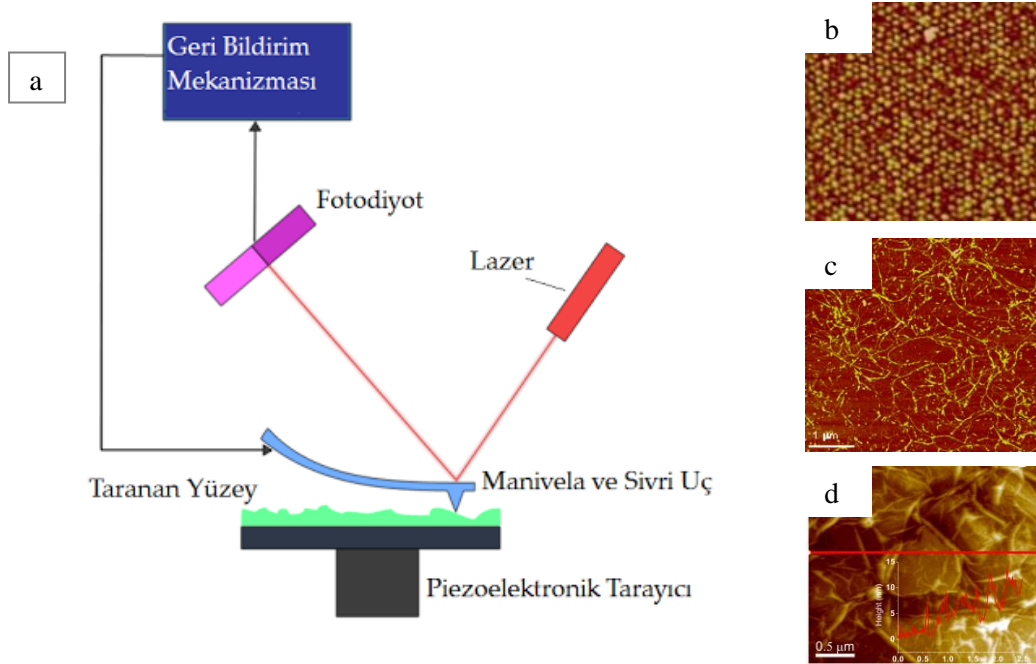


#### 2.4.4. Atomik kuvvet mikroskobu

Atomik kuvvet mikroskobu (Atomic Force Microscope/AFM) 1986 yılında Gerd Binnig, Calvin Quate ve Christoph Gerber tarafından geliştirilmiştir (Ng, 2009). Çalışma prensibi bir kolda sabitlenen ucun mekanik hareketine dayanmaktadır. Ucu sabitlendiği kol incelenecek yüzey üzerinde tarama şeklinde hareket ettirilerek koldaki sapmalar optik bir düzenele (genellikle lazer ışını kullanılmaktadır) tespit edilir. Böylece incelenen yüzeyin yapısıyla ilgili bilgi sağlanmaktadır (Erkoç, 2007).

AFM ile yüzey incelemesinde elektron taşınması olmadığı için hem yalıtkan maddeleri hem de biyolojik örnekleri incelemek mümkündür. AFM ile topografya, pürüzlülük, sürtünme, yapışma, elastik özellikler, uç ve örnek yüzeyi arasındaki etkileşim, elektrik alan dağılımları, manyetik alan, direnç, yüzey potansiyeli vb. bilgiler elde edilebilir. Ayrıca AFM'in ucu tarafından, akım ya da voltaj litografisi yoluyla, örnek yüzeyinin çalışılması gerçekleştirilebilir (Planinšič ve Kovač, 2008). Şekil-10'da AFM'in çalışma prensibi (a) ve AFM aracılığıyla elde edilmiş altın nanopartikül (b), karbon nanotüp (c) ve grafen oksit (d) görüntüleri verilmiştir.

**Şekil-10: AFM'in çalışma prensibi ve AFM ile elde edilmiş örnek görüntüler**

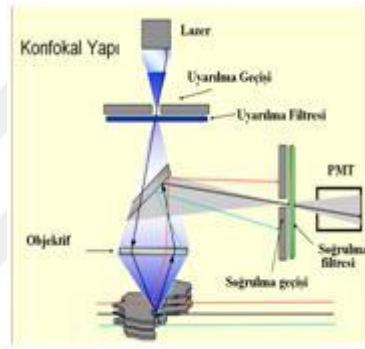


Kaynak: Vikipedi, t.y.-d (a) Rajab vd. 2015 (b), Zorbas, 2004 (c), Zor vd., 2017b (d).

#### 2.4.5. Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskop

Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskop (Three-Dimensional High-Resolution Optical Microscopy), milimetreden nanometreye nesnelerin yapısal boyutlarını belirlemek için 3D veriler ve numunenin iç özelliklerinin ayrıntılı kimyasal görüntülenmesini sağlar. İşlenmiş cihazlar ve çok hassas yüzey ölçümleri birçok sanayi için gereklidir. Üç boyutlu optik ölçümler yüksek teknoloji üretim, kalite kontrol ve arıza analizi için kullanılmaktadır (Sanal, t.y.-e). Şekil-11'de üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskopun çalışma prensibi verilmiştir.

**Şekil-11: Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskopun çalışma prensibi**



Kaynak: Sanal, t.y.-f.

#### 2.5. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Gelişmekte olan alanlar olarak nanobilim ve nanoteknoloji orta yaş öğrencilerinin somut, aynı zamanda yaratıcı yollarla ilgisini çekmek ve bilim alanının bütününe öğrenmelerini motive etmek için önemli bir potansiyele sahiptir (Chang, 2006; Ng, 2009).

Nano kavramların mikroskopik yaklaşımında olduğu gibi ilkokuldan üniversiteye kadar tüm eğitim düzeylerindeki öğretim programlarına dahil edilmesi önerilmektedir (Roco, 2003). Bu konuların öğretim programlarına dahil edilmesi, öğrencilerin gelişen bu alanlar üzerinde yerini alabilmesi için ön koşul niteliğindedir (Tessman, 2009). Ancak nanobilimde olaylar, nanobilimin doğası nedeniyle klasik bilimlerde olduğundan daha farklı şekilde gerçekleşmektedir (Gyalog, 2007). Nanoboyutta materyaller ve disiplinler arasındaki makroskopik ayrımlar giderek azalmaya başlar. Yani, bu boyutlarda biyoloji, fizik ve kimya gibi klasik disiplinler arasındaki sınırlar net olarak birbirinden ayıramamakta (Gyalog, 2007; Planinšič ve

Kovač, 2008) ve dolayısıyla bu disiplinlerin akademik olarak ayrımının nanoölçekte ne kadar anlamlı olduğu sorgulanmaya başlanmaktadır (Bhushan, 2010). Sonuç olarak, nanobilim ve nanoteknoloji ortak bir noktada birleşen farklı teknolojilere ve disiplinlere bir arada ihtiyaç duymaktadır (Planinšič ve Kovač, 2008). Daha açık ifade etmek gerekirse bu konuda yapılan disiplinlerarası çalışmaların, nanodünyayı yöneten yasaların keşfedilmesinde daha başarılı olduğu görülmüştür. Yani nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi için gerekli görülen başlangıç noktası disiplinlerarası bir anlayıştan geçmektedir (Gyalog, 2007; Jones vd, 2013a; Laherto, 2010b).

Nanobilim ve nanoteknolojinin öğretime dahil edilmesi eğitimde yeni yaklaşımlar gerektirir. Fen konuları piramit şeklinde bir yapıya sahip olduğu için, bazı eski konular öğretim programından kolayca kaldırılamaz ve bu konular yerine temel nanobilim ve nanoteknoloji konuları eklenemez (Planinšič ve Kovač, 2008). Bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi için bu konuların fenin tüm alanlarına dahil edilmesi gereklidir (Tessman, 2009).

Nanobilim ve nanoteknoloji için açığa çıkan eğitim ihtiyacının nedeni, günümüzde ve yakın gelecekte nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında her düzeyde yetişmiş insan gücüne duyulacak ihtiyaçtır. Öyle ki bu alanlarda 2020 yılında 6 milyon nitelikli çalışana ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür. Bu süreçte dünya çapında çalışan insanların ve üretilen ürünlerin sayısının, her üç yılda bir iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir (Roco vd., 2010).

Nano ile ilgili konuları çalışmak derinlemesine bir fen bilgisi gerektirdiğinden, bu konuları öğretmek için en uygun seviyenin üniversite ve üzerindeki eğitim düzeyleri olduğunu düşünen araştırmacılar vardır (Kulik ve Fidelus, 2007). Yüksekokul ve üniversitelerin araştırma fakülteleri yeni gelişen disiplinleri yakından takip etmekte ve öğrencilerin bu alanlarda başarılı olmak için neleri bilmeleri gerektiği üzerine çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca bu okullar öğrenme ve öğretmeyi milli eğitim standartları ile belirlenen çeşitli kriterlere göre ortak bir düzeyde tutma gerekliliği tarafından daha az sınırlandırılmaktadır. Böylece eğitim reformları için hem hızlandırıcı hem de hız belirleyici bir unsur olarak hizmet edebilirler. Bununla birlikte, araştırmacılar arasında ortaya çıkan bir başka görüş de nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin tüm eğitim düzeylerinde verilmesi gerektiğidir (Wansom vd., 2009). Çünkü lisans ve lisansüstü eğitim düzeylerinde nanoölçek bilim ve

mühendislik programlarının sayısının her geçen gün artması ile birlikte, hem öğrencilerin fen okuryazarlıklarını arttırmak hem de onları gelecek eğitim düzeylerine hazırlamak için ortaokul ve lise düzeyinde nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine de büyük ihtiyaç duyulmaktadır (Schank vd., 2007). Ayrıca nanobilim ve nanoteknolojinin potansiyel etkisi (Rubab, 2012) ve bu alanların günlük yaşantımızın büyük bir parçası haline gelmiş olması, nanobilim ve nanoteknolojinin yüksek öğretime geçmeden önce öğrencilere tanıtılması için güçlü bir sebep olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak nanobilim ve nanoteknoloji konularının 12-18 yaş aralığındaki öğrencilere etkili şekilde sunulabilir olduğu ve öğrencilerin bu konulara yönelik motivasyonlarının da yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi erken yaşlarda başlamalı ve her eğitim düzeyinde artarak devam etmelidir (Ban ve Kocijancic, 2011).

## **2.6. Fen Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Önemi**

Nanobilim ve nanoteknolojinin formal eğitime dahil edilmesi için gösterilen çabanın altında iki önemli neden yatmaktadır. İlki, giderek artan ekonomik beklentileri karşılamak üzere geleceğin nano çalışanlarını yetiştirmektir. İkinci neden ise, ilerleyen yıllarda nanobilim ve nanoteknolojinin etkilerinin günlük yaşamımıza ve topluma daha fazla yansımaları durumunda, her bireyin bu konularla ilgili tartışmalarla karşı karşıya kalacak olmasıdır. Sonuç olarak okullar her bireyi bu konular üzerine yapılan tartışmaları anlamak ve bu tartışmalara katılmak üzere hazırlamalıdır. Bu hazırlık da bireylerin nano-okuryazarlığını sağlamakla mümkündür (Hingant ve Albe, 2010).

Nano-okuryazarlık fen okuryazarlığının, doğal dünyada ve toplumda nanoteknolojinin araştırma ve uygulamalarını vurgulayan, özel bir bileşeni olarak düşünülmektedir (Hingant ve Albe, 2010). Fen bilimleri dersi öğretim programının vizyonunun; bireysel farklılıkları ne olursa olsun, tüm öğrencilerin fen okuryazarı olarak yetiştirilmesi olduğu düşünüldüğünde (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013a), fen eğitimi ve nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi arasındaki bağ açıkça görülmektedir.

Nano-okuryazar bireylerin her türlü nanoteknoloji ürün ya da uygulaması, bunların nasıl çalıştığı, kullanımı ya da risk ve faydalarının neler olduğu bilgisine

sahip olması beklenmemektedir. Nano-okuryazar bireylerden, daha basit düzeyde, nano-ürünler ve bunların kullanımı sırasında doğal olarak ortaya çıkabilecek risk ve faydaların tespit edilmesi üzerine yeterli okuryazarlığa sahip olmaları beklenmektedir. Çünkü bireyler toplumda sadece tüketici rolleri ile bulunmamaktadır. Bireyler aynı zamanda siyasal yönetimin bir parçası, toplumun ve ailelerin bir üyesi ve bir çalışanı olarak farklı rol ve sorumluluklara sahiplerdir. Beklendiği üzere hayatın tüm bu alanlarında nanobilim ve nanoteknolojinin kullanımına yönelik kişisel kararlar vermek de bu rol ve sorumluluklara dahildir (Yawson, 2012). Bireylerin nano-okuryazarlıklarını sağlamak için takip edilmesi gereken yol “Büyük Fikirler (Big Ideas)”den geçmektedir (Hingant ve Albe, 2010). Bu konu ile ilgili detaylı bilgi “Nanobilim ve Nanoteknolojinin Öğretimsel Boyutu” bölümünde verilmiştir.

### **2.7. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin FeTeMM İçindeki Yeri**

Fen, matematik, mühendislik ve teknoloji insanlığın gelişimini ve toplumların ekonomik gücünü yansıtan kültürel başarılarıdır ve bir vatandaş, çalışan, tüketici ve aile olarak, farklı sosyal rollerle, yaşantımızın temel yönlerini oluşturur (National Research Council, 2011). Ancak son yıllarda tüm eğitim düzeylerinde bu alanlara yönelimin büyük ölçüde azaldığı bilinmektedir. Bu nedenle bu alanlara ilgiyi yeniden arttırmak için yeni standartlara ihtiyaç duyulmaktadır (Next Generation Science Standards Lead States, 2013). Böylece Fen (Science), Teknoloji (Technology), Mühendislik (Engineering) ve Matematik (Mathematics) disiplinlerinin birbirinden ayrı bir şekilde öğrenilmesi yerine (Baran vd., 2015) bu alanlarla ilgili beceri ve içerikleri birleştiren bir öğrenme ve öğretme yaklaşımı olarak “FeTeMM” (STEM) eğitimi ortaya çıkmıştır (Sanal, 2012). Yaklaşık olarak son otuz yıldır, özellikle K-12 düzeyinde, FeTeMM eğitimi için artan bir evrensel talep olduğu görülmektedir. (Bhushan, 2016). Özellikle Amerika’da FeTeMM eğitiminin, K-12 eğitiminde en büyük önceliğe sahip olduğu düşünülmektedir ve bu alanla ilgili mesleklerin gelecek 10-20 yıl içinde büyük ölçüde artması beklenmektedir (S.-F. Lin vd., 2015).

Nanoboyuttaki maddelerin davranışlarını yöneten ilkeleri anlamak ve gelecek nesillere gerekli öğrenme deneyimlerini sağlamak için evrensel düzeyde FeTeMM eğitimi için bir aciliyet söz konusu olmuştur (Bryan vd., 2015). Bu doğrultuda nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında heyecan uyandırmak ve yaratıcılığı teşvik

etmek için, K-12 eğitiminin ihtiyaç duyduğu disiplinler arası yaklaşımların FeTeMM eğitimi ile sağlanabileceği düşünülmektedir (Bhushan, 2016). FeTeMM eğitimi ciddi olarak modernize edebilmek ve disiplinlerarası ilişkileri kurabilmek için nanobilim ve nanoteknolojinin sunduğu avantajlardan faydalanmak gerekmektedir (Hingant ve Albe, 2010). Çünkü nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminde önemli zorluklar olmasına rağmen, biyoloji, kimya, fizik, matematik ve mühendislik gibi çeşitli alanların birbirine bağlı olan doğası, öğrencilerin bu alanlarla ilgili kavramlarını güçlendirebilecek ve tam anlamıyla disiplinlerarası bir bilim olarak nanoteknoloji anlayışı ile gelecek nesilleri hazırlayabilecek bir potansiyele sahiptir (Jones vd, 2013a). Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji hem içerik hem de pedagoji yönünden FeTeMM öğretim programlarının yeniden gözden geçirilmesi (Hingant ve Albe, 2010) ve en etkili öğretim programını geliştirerek geleceğin eğitsel reformlarına rehberlik etmek için bir fırsat olarak düşünülebilir (Foley ve Hersam, 2006).

FeTeMM eğitiminde bütünsel bir yaklaşım üzerine yapılan yeni vurgu ile birlikte nanobilim ve nanoteknolojinin K-12 okullarında fen öğretim programlarına dahil edilmesi ile ilgili tartışmalar için uygun bir zemin hazırlandığı (Jones vd, 2013a) ve nanoölçekteki fen, mühendislik ve teknolojinin, yüksek öğretim öncesindeki eğitim düzeylerinde FeTeMM eğitimi için önemli uygulamalara sahip, gelişmekte olan alanlar olduğu düşünülmektedir (Bryan vd., 2015). Birçok FeTeMM alanı için endişe verici bir durum olarak karşımıza çıkan, araştırmacı ve uzman kişilere duyulan ihtiyacın artması, hızla gelişmekte olan nanobilim ve nanoteknoloji alanları için de göze çarpmaktadır (Laherto, 2012). Nanobilim ve nanoteknolojinin, büyük bir FeTeMM alanı olarak, işgücü kaynakları için son derece gerekli olacağı düşünüldüğünde (S.-F. Lin vd., 2015) bu alanların K-12 FeTeMM eğitim programlarına dahil edilmesi gerekli görülmektedir (Yawson ve Greiman, 2016).

Son zamanlarda, K-12 eğitiminden farklı olarak, öğretmen eğitimlerinin de, büyük ölçüde FeTeMM alanlarına odaklandığı bilinmektedir. Genel olarak bu eğitimlerde özel bir nanobilim ve nanoteknoloji eğitime odaklanılmamakla birlikte, öğretmen eğitimlerine yönelik yeni girişimler söz konusudur. Örneğin, Georgia Teknoloji Enstitüsü (Georgia Institute of Technology) öğretmenlerin sadece genel FeTeMM alanlarında değil, özel anlamda nanobilim ve nanoteknolojide de

öğrencilerin farkındalık ve ilgisini arttırmak üzere gerekli araçları ve temel bilgileri öğrenmeleri için öğretmen seminerleri geliştirmiştir (Bhushan, 2016).

Ancak mevcut FeTeMM anlayışı ile eğitim alan bireylerin gerekli içerik bilgisine ve isteğe sahip olmalarına rağmen bilgiyi gerçek dünya durumlarına uygulamak için yeterli düzeyde yeteneğe ve yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerine sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Bu eksikliğin fark edilmesi üzerine sanatı FeTeMM eğitimine dahil etmek için yönelimler olmuştur, ki bu girişim “Science – Technology – Engineering – Arts – Mathematics” (STEAM) olarak adlandırılmıştır. Bu şekilde kazanılacak sanat tabanlı beceriler, bireylerin belirli bir içerik bilgisini geniş uygulamalara dönüştürebilmesi için gereklidir. Eğer STEAM eğitim yaklaşımı, nanobilim ve nanoteknolojiye uygulanabilirse, interdisiplinerliğin başlangıcı olan nano-eğitim için bir fırsat sağlanmış olur (Bhushan, 2016). Böylece ortaya çıkan Nano-STEAM eğitimi evrensel sorunlarla ilgilenecek ve böylece topluma yarar sağlayacak olan geleceğin nanoteknolojistleri için nanomateryallerin ve nanoskopik süreçlerin keşfi, anlaşılması, uygulaması ve entegrasyonunu teşvik eder. Nano-STEAM eğitimi yenilikleri ve iletişimi hızlandıran bir platform sağlar, nanoölçekteki uygulamalı bilimlerin (matematik, fizik, kimya, biyoloji, malzeme, bilgisayar bilimi ve mühendisliği vb.) bilimsel yakınlığını kolaylaştırır ve sosyoloji ve beşeri bilimler gibi diğer önemli disiplinlerle tartışmaları teşvik eder (Herr, 2016).

## **2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Öğretimsel Boyutu**

### **2.8.1. Nanobilim ve nanoteknoloji öğretim yöntemleri**

Nanobilim ve nanoteknoloji oldukça yeni alanlar olduğundan, bu alanlara yönelik yapılan araştırmaların çoğu etkili öğretim yöntemleri ve modelleri yönünden bazı eksikliklere sahiptir (Blonder, 2010). Bu duruma paralel olarak nanobilim ve nanoteknolojinin temel konularının nasıl öğretilebileceği üzerine yapılan araştırmalar halen devam etmektedir (Greenberg, 2009).

Nanobilim ve nanoteknolojide başarılı bir eğitim, mevcut eğitim uygulamalarının farklı öğretimsel yaklaşımlar ile desteklenmesini gerektirmektedir (Lakhtakia, 2006). İlgili literatürde nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi için; uygulamalı etkinlikler (Furlan, 2009; Jones vd., 2003; Mcfarland vd., 2004), modeller (Blonder ve Sakhnini, 2012; Blonder, 2010; Jones vd., 2003; Planinšič ve

Kovač, 2008), simülasyonlar (Coughlan vd., 2014), bağlam temelli eğitim (Sakhnini ve Blonder, 2016), öğrenci merkezli eğitim (Blonder ve Dinur, 2012), tematik öğrenme, okul dışı öğrenme (Lu, 2011), proje tabanlı öğrenme (Blonder ve Sakhnini, 2012; Lu, 2011), oyun tabanlı öğrenme, multimedya ve filmler aracılığıyla öğrenme, hikaye anlatma ve anlatılar aracılığıyla öğrenme (Blonder ve Sakhnini, 2012), gösteri, sözlü sunum, deney (Cheng vd., 2014), öğrenci merkezli ve etkinlik temelli öğretim (Asaduzzaman ve Asmatulu, 2016), aktif öğrenme (Tahan vd., 2006), görsel bir nanoteknoloji laboratuvarı ve geleneksel öğretim (Tarng vd., 2011) gibi farklı öğretim yöntem ve tekniklerinden yararlandığı ve bu tekniklerin her birinin nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi için moleküler görüntüleme yazılımlarının ve öğrenciler arasında işbirliğine olanak tanıyan yöntemlerin kullanılmasının yararlı olabileceği düşünülmekte (Ng, 2009) ve videolar da değerli bir öğretim aracı olarak görülmektedir (Sebastian ve Gimenez, 2016).

Nanobilimin soyut doğasından dolayı, nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde uygulamalı öğrenme oldukça önemli görülmektedir (Furlan, 2009). Nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi ile ilgili verilen literatürde özellikle uygulamalı etkinlikler üzerinde durulduğu ve bu amaca yönelik çok sayıda öğretim materyalinin geliştirildiği görülmektedir. Uygulamalı etkinlikler öğrencilerin, ilerleyen zamanlarda karşılaşacakları daha geniş konuları anlamaları için bir kaynak rolü üstlenen; deneyim, anlayış, beceri ve istek edinmelerine olanak tanır ve onlara keşfetme yeteneği kazandırır. Daha da önemlisi, etkinlikler aracılığıyla edinilen deneyimler nanobilim ve nanoteknoloji öğrenimini “gerçek” kılar (Furlan, 2009). Bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik öğretimin, öğretmen merkezli düz anlatımdan ve ezberci öğrenmeden mümkün olduğunca uzaklaşarak, uygulamalı bir şekilde, yani etkinlik temelli olarak gerçekleştirilmesinin, hem öğrenci merkezli ve yaparak yaşayarak öğrenme anlayışlarına uygun bir öğretim yapılması hem de kalıcı öğrenmenin sağlanması açısından daha etkili olacağı düşünülmektedir.



### 2.8.2. Etkinlik temelli eğitim

Etkinlik temelli öğrenme yaklaşımı yenilikçi, ilgi çekici ve sınıf içi etkileşimi destekleyen (Bansal ve Kumar, 2012), öğrencilerin istenen hedeflere ulaşmalarına, değer, tutum, bilgi ve beceriler kazanmalarına, bilişsel, duygusal ve motor becerilerini geliştirmelerine ve yaparak-yaşayarak öğrenmelerine yardımcı olacak sınıf içi ve sınıf dışı faaliyetleri içeren bir öğretim yaklaşımıdır (Akkuş, 2015). Bu yaklaşım öğrenen birey ve öğrenme işlemi arasında daha fazla bağlantı fırsatı yaratır (Bansal ve Kumar, 2012). En önemli özellikleri; öğrenci merkezli olması ve kendi kendine öğrenmeyi teşvik etmesidir (Shah ve Rahat, 2014). Bu duruma paralel olarak etkinlik temelli öğretimin başarısı, öğrencileri kendi öğrenmelerinden sorumlu yapmak ve kendi bireysel gelişimlerini desteklemekten kaynaklanmaktadır (Bansal ve Kumar, 2012).

Etkinlik temelli öğrenme sürecinde; işbirlikli öğrenme, küçük grup öğrenimi, aktif öğrenme, uygulamalı öğrenme, deneysel öğrenme vb. öğrenme yöntem ve tekniklerinden yararlanılabilir. Ayrıca tartışma, problem çözme, oyun, beyin fırtınası, alan gezisi, gösteri gibi (Amin, 2011) öğrencilerin sürece aktif olarak dahil oldukları yöntemler de tercih edilebilir. Bu doğrultuda doğal olaylarla elde edilen doğrudan deneyimlerin merak ve düşünmeye neden olacağı varsayılmakta (Amin, 2011) ve öğrencilere, karşı karşıya kaldıkları problemleri kendi başlarına düşünmek ve çözmek için gerekli fırsatlar sağlandığında, gerçekleşen öğrenmenin daha kalıcı olacağı düşünülmektedir (Shah ve Rahat, 2014). Buna göre etkinlik temelli fen öğrenimi, öğrencilerin bilgi ya da anlayış edinmek üzere, nesnelere veya düşünceleri manipüle etmede aktif bir şekilde yer aldığı herhangi bir eğitim deneyimi şeklinde olabilir (Tilya, 2003). Bu nedenle bu yaklaşımın tercih edildiği öğrenme ortamlarında, öğrenmeyi sağlamak üzere önkoşul, deney ya da etkinlikler yapmak üzerine kurulmalıdır (Shah ve Rahat, 2014). Bu noktada, etkinlik temelli öğrenme yaklaşımını, diğer öğrenme yöntemlerinden ayıran temel bir ölçütün varolduğu söylenebilir. Bu ölçüt öğrencilerin gözlem yapmak için araçlarla doğrudan etkileşim içinde olmasıdır ki bu durumda yaklaşım sadece bir etkinlikten fazlasını içerir. (Amin, 2011).

Etkinlik temelli öğrenmenin temel amacı, bilimsel okuryazarlığı arttırmak için gerekli olan eleştirel düşünme becerilerinin gelişimine ve daha fazla öğrenme için

onları motive etmeye yardım etmektir (Tilya, 2003). Bununla birlikte bu yaklaşımın kullanıldığı öğrenme ortamları, öğrencilerin akranlarıyla ve uzmanlarla birlikte çalışmalarına, düşüncelerini paylaşmalarına ve tartışmalarına (Choo, 2007; Tilya, 2003) ve kendi bilgilerini yapılandırılmalarına yardımcı olur (Shah ve Rahat, 2014). Ayrıca bu yaklaşım öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmelerine (Tilya, 2003) ve kendi yetenek ve becerilerine göre çalışmalarına olanak tanır (Shah ve Rahat, 2014). Bu yaklaşımın kullanılmasının öğrenciler için sağlayacağı diğer avantajlardan bazıları; öğrenmede, öğrenmek için gerekli motivasyonda, öğrenme ile elde edilen hazda, beceri yeterliliğinde, bağımsız düşünme ve karar vermede, algı ve yaratıcılıkta meydana gelecek gelişimler olarak özetlenebilir (Amin, 2011).

Etkinlik temelli öğrenme yaklaşımında öğretmenlerin, öğrencileri derse katılmak ve dersten azami ölçüde fayda sağlamak üzere teşvik ederek sınıf içi etkileşimi sağlamakta rolü çok önemlidir (Amin, 2011). Ayrıca bu öğretim yaklaşımında etkileşimin fazla olması, öğretmene bilgileri sadece didaktik olarak sunmak yerine; kolaylaştırıcı, motive edici, fırsat sağlayan ve rehberlik eden bir öğretici olma rollerini de yükler (Bansal ve Kumar, 2012).

### **2.8.3. Nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde temel konular**

Nanobilim ve nanoteknolojinin konularının öğretim programlarına dahil edilmesinde ortaya çıkan bazı sorunlar olduğu bilinmektedir. Bu sorunlar; nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde en önemli konular hangileridir? Hangi konular öğretim programına dahil edilebilir ve dahil edilmelidir? Bu konularla ilgili kavramları öğretmek için hangi sınıf düzeyi daha uygundur? Yeni konular, mevcut fen öğretim programıyla nasıl ilişkilendirilebilir? gibi sorularla özetlenebilir. Bu sorulara cevap bulmak amacıyla Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation-NSF) bir dizi çalıştay düzenlemiştir. “Nanoölçek Bilim ve Mühendisliğin Büyük Fikirleri” (The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering) başlıklı kitap, bu çalıştayların bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Kitabın başlığında geçen “büyük fikirler” ifadesi, nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi için üzerinde fikir birliğine varılan temel konuları tanımlar (Stevens vd., 2009). Yani, “büyük fikirler”, “öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiyi anlamak için bilmesi gereken temel konular nelerdir?” sorusunun cevabıdır (Wansom vd., 2009). Sonuç olarak 7.-12. sınıf düzeyleri için

sekiz, 13.-16. sınıf düzeyleri için dokuz konu belirlenmiştir. Bu konular Tablo-3’de görülmektedir.

**Tablo-3: Farklı sınıf düzeyleri için belirlenen temel konular**

<b>7.-12. Sınıflar</b>	<b>13.-16. Sınıflar</b>
Boyut ve Ölçek	Boyut ve Ölçek
Maddenin Özellikleri	Boyuta Bağlı Özellikler
Maddenin Tanecikli Yapısı	Araçlar ve Teknikler
Araçlar	Modeller ve Simülasyonlar
Modelleme	Yüzey Baskın Davranışlar
Baskın Kuvvetler	Sosyal Etkiler / Halk Eğitimi
Teknoloji ve Toplum	Self-assembly
Self-assembly	Yüzey Hacim İlişkisi
	Kuantum Mekanikleri

### **2.8.3.1 Boyut ve ölçek**

Nanoboyutta, boyut ve geometri ile ilgili özellikler (boyut, ölçek, şekil, orantılılık, boyutluluk vb.) maddenin yapısını tanımaya ve davranışlarını tahmin etmeye yardımcı unsurlardır (Stevens ve Krajcik, 2009). Öğrenciler sadece gözle ya da bir mikroskop aracılığıyla görülebilen ölçeklerde değil, tüm ölçeklerde nesnelerin boyutlarını anlamalı ve karşılaştırma yapabilmelidir. Burada “boyut” kavramı bir şeyin sahip olduğu gerçek uzunluk, kütle ya da miktarı ifade ederken, “ölçek” kavramı bir nesnenin boyutunun, evrensel olarak tanımlanan birimlerde (metre, gram vb.) sayısal olarak gösterimi ile ilişkili çeşitli ölçüleri ifade eder (Wansom vd., 2009).

### **2.8.3.2 Yüzey-hacim ilişkisi**

Bir nesnenin boyutu nanoboyuta yaklaştığı zaman, yüzeydeki atom fraksiyonları (parçaları) önemli ölçüde artmaya başlar. Bu durum yüzey alanı-hacim oranı ya da yüzey-hacim oranı ile ölçülür. Nanopartiküllerin yüzeyindeki atom parçalarının önemli ölçüde artması, kısmen, maddenin alışılmamış yüzey baskın davranışlarından sorumludur (Wansom vd., 2009).

### **2.8.3.3 Yüzey baskın davranışlar**

Tüm etkileşimler çok sayıda kuvvet ile ortaya çıkar ancak bu kuvvetlerin kısmi etkisi boyut ile değişmektedir (Stevens vd., 2009). Nanoboyutta farklı dayanıklılık düzeylerine (sağlamlık) sahip çeşitli elektriksel kuvvetler (van der waals kuvvetleri

gibi) nesnelar arasındaki etkileşimlere hakim olma eğilimindedir. Sonuç olarak, bu boyutta partikül içi kuvvetler ve enerjiler mikro ya da makro boyutlarda olduğundan çok daha önemli bir rol oynamaktadır (Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.4 Self-assembly**

Özel koşullar altında, bazı materyaller, düzenlenmiş yapılar şeklinde rastlantısal olarak bir araya gelebilir (birleşebilir). Bu olay self-assembly (kendiliğinden oluşum) olarak adlandırılır. Bu süreç, nanoboyuttaki maddeleri istenen doğrultuda yönlendirmek için yararlı bir yol sağlar. Self-assembly sürecini birçok faktör etkiler. Bunlar oluşacak maddenin yapı ve özellikleri ile oluşumun gerçekleşeceği çevre özelliklerini kapsar. Self-assembly süreci, kuvvet ve enerji terimleri bünyesinde tanımlanabilir (Stevens ve Krajcik, 2009). Self-assembly doğada da sıklıkla görülmektedir (biyolojik dokuların oluşumu gibi) (Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.5 Kuantum mekanikleri**

Bir nesnenin boyutu/kütlesi nanoboyuta yaklaştıkça, klasik mekaniklerinin yerini maddenin ikili parçacık-dalga doğasını vurgulayan kuantum mekanikleri alır. Öğrenciler temel nanoboyut karakterizasyon araçlarının işlevini ve boyuta bağlı özellikleri anlamak için kuantum mekaniklerine ihtiyaç duyar (Stevens ve Krajcik, 2009; Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.6 Boyuta bağlı özellikler**

Maddelerin özellikleri boyut ve ölçek ile değişebilir. Bir maddenin boyutu nanoboyuta yaklaştıkça, yeni işlevselliklere kapı aralayan beklenmedik özellikler ile karşılaşmaktadır (Stevens ve Krajcik, 2009). Boyuta bağlı özellikler hem uzunluk hem de kütle ile ilişkilidir. Bu özellikler maddenin yüzeyindeki atom sayısının artmasından kaynaklanmaktadır (Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.7 Araçlar ve teknikler**

Yeni araç ve tekniklerin gelişimi, bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin sürdürülmesinde büyük önem taşımaktadır. Belli bir alanda uzmanlaşmış araçların gelişimi; maddenin özelliklerinin anlaşılmasına olarak tanır. Ayrıca bu araçlar

nanoboyuttaki maddelerin tespit edilmesi, işlenmesi, izole edilmesi, ölçülmesi, üretilmesi ve benzeri olmayan bir hassasiyet ve doğrulukla incelenmesi için bilim insanları ve mühendislere yardımcı olur (Stevens ve Krajcik, 2009). Eğer öğrenciler nanobilim ve nanoteknoloji kariyerlerinde başarılı olmak istiyorlarsa, bu araçları iyi öğrenmeleri gereklidir (Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.8 Modeller ve simülasyonlar**

Nanoboyuttaki nesnelere ve olaylara doğaları gereği gözle görebilmek için fazlaca küçüktür. Bu nedenle, onların davranışlarını anlamak, görselleştirmek ve tahmin etmek için modeller ve simülasyonlara gerek duyulmaktadır. Ayrıca model ve simülasyonlar nanoyapılı materyal ve cihazların teknik tasarımı ve üretimi için de vazgeçilmez yardımcılardır (Wansom vd., 2009).

#### **2.8.3.9 Sosyal etkiler**

Nanobilim ve nanoteknoloji tüm teknolojik yeniliklerde olduğu gibi, hayatımızı hem olumlu hem de olumsuz şekilde etkilemek için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu konuların bilincinde olması gerekenler sadece bu alanlarda çalışan bilim insanları değildir. Nanobilim ve nanoteknolojinin topluma sağladığı yararlar ve sebep olduğu zararlar üzerine bilinçli kararlar verebilme sorumluluğundan dolayı her eğitimli vatandaş belli bir düzeyde farkındalığa sahip olmalıdır (Wansom vd., 2009). Nanoölçekli partiküllerin canlıları nasıl etkileyeceği üzerine sahip olduğumuz bilgilerin sınırlı olması, nanobilim ve nanoteknolojiyi farklı eğitim düzeylerine entegre ederek bireyleri bilinçlendirmek için başlı başına bir nedendir (Planinšič ve Kovač, 2008).

### **2.9. Dünyada ve Ülkemizde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi**

Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişimine paralel olarak tüm dünyada bu konuların önemini öğrencilere öğretmek ya da öğrencilerin bu konular üzerine sahip oldukları tutumları geliştirmek için çeşitli eğitim ve öğretim girişimlerinde bulunmaktadır. Bu girişimlerde farklı ülkelerde farklı eğitim düzeyleri ve farklı türlerde programların hedeflendiği görülmektedir. Örneğin Avrupa'da lisansüstü eğitim programlarına odaklanılırken (78), Amerika'da doktora programlarına (47) odaklanıldığı bilinmektedir. Ayrıca Avrupa ülkeleri kendi aralarında farklı eğitimsel

programları tercih etmektedir. Örneğin Norveç sadece doktora düzeyinde dersler (5) sağlarken, Fransa’da böyle bir sınırlandırma bulunmamakta, öğrenciler çeşitli lisans düzeyindeki derslerden (18) istediklerini seçebilmektedir. Almanya ve İngiltere’de bulunan eğitim programlarının toplam sayısı birbirine yakın olmakla birlikte (Almanya:27, İngiltere:31) verilen eğitimlerdeki derslerin oransal dağılımı farklı olmaktadır (Bach ve Waitz, 2015). Ayrıca İsviçre, İngiltere, Almanya ve Danimarka gibi Avrupa ülkelerinde de üniversite düzeyinde nanobilim ve nanoteknoloji öğretimine yönelik çeşitli programlar bulunmaktadır (Gyalog, 2007).

Amerikan hükümeti, Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi (National Science and Technology Council) aracılığıyla, 2001 yılında, nanobilim ve nanoteknolojinin gelişimini koordine etmek için 25 devlet kurumunun katıldığı NNI’i başlatmıştır. Bununla birlikte Ulusal Bilim Kurumu, Nanoölçekli Bilim ve Mühendislikte Ulusal Öğrenme ve Öğretme Merkezi (National Centre of Learning and Teaching at Nanoscale Science and Engineering-NCLT) nanobilim ve nanoteknolojiyi fen öğretim programlarına dahil etmek için çalışmaktadır. Ayrıca nanobilim ve nanoteknolojinin ortaokul ve lisans derslerinde gelişimi üzerine yapılan araştırmaları desteklemektedir (Hingant ve Albe, 2010). Nanoteknoloji alanındaki doktora çalışmaları için ilk öğretim programı 2002 yılında Washington Üniversitesi’nde geliştirilmiştir (Poteralska vd., 2007). Bununla birlikte Amerikan hükümeti 2004 yılında, eğitsel kaynakların ve nitelikli çalışanların geliştirilmesi için bir strateji planı uygulamıştır. Bu amaç aynı zamanda NNI’in dört büyük amacından biri olarak belirlenmiştir (Nanoscale Science, Engineering, and Technology Subcommittee; Committee on Technology; National Science and Technology Council, 2004). Bu gelişmenin üzerinden bir yıl geçtikten sonra Avrupa Birliği Komisyonu (European Commission) tarafından, nano ile ilgili konularda disiplinlerarası bir eğitim ihtiyacını vurgulayan bir rapor yayınlanmıştır (European Commission, 2005).

İngiltere’de nanoteknoloji alanında lisansüstü öğretim için ilk kez kayıt alınmaya başlanacağı 2007-2008 eğitim öğretim yılında Oxford Üniversitesi tarafından ilan edilmiştir. Ayrıca Oxford ve Cambridge Üniversiteleri nanobilimle ilgili 50 farklı konu alanında doktora çalışmaları düzenlemişlerdir (Poteralska vd., 2007). Polonya’da 6 üniversitede nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik doğrudan bir program bulunmamakla birlikte, başlığında nano ifadesine yer verilen

11 özel ders modülü (Nanoteknoloji, nanomühendislik, nanomateryaller, nanoyapılar ve nanoteknolojiler, nano ve çok molekülü materyaller, nanokimya ve kataliz, nanomateryaller ve nanoteknolojiler fiziği, nanometrik yapıların fiziği ve teknolojisi) bulunmaktadır. Ayrıca Slovenya’da nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında, yüksek lisans ve doktora düzeyinde çapraz eğitim programları bulunmaktadır (Kulik ve Fidelus, 2007). Albany’de bir devlet üniversitesi olan Nanobilim ve Mühendislik Fakültesi, nanobilim, nanomühendislik, nanobiobilim ve nanoekonomi gibi ortaya çıkan yeni disiplinler üzerine araştırma, geliştirme ve eğitim çalışmaları yapan dünyanın bu alandaki ilk üniversitesi olmuştur (Feather ve Aznar, 2011). Romanya’da Mühendislik Bilimlerinde Nanomühendislik Seçeneği (Nanoengineering Option in Engineering Science) öğretim programı oluşturulmuş ve bu programla nanoyapıdaki materyallerin yapısı, sentezi ve özellikleri üzerine, malzeme bilimleri ile ilgili olarak öğrenciler için bir alt yapı oluşturmak hedeflenmiştir (Kulik ve Fidelus, 2007). Hamburg Üniversitesi öğretmenler için nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik yaz okulları düzenlemektedir. Benzer şekilde İsviçre Basel’de öğretmenler için sürekli devam eden bir eğitim çerçevesinde özel kurslar düzenlenmektedir (Gyalog, 2007). Japonya’da da eğitim sisteminin geliştirilmesi amacıyla çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Bu amaçla Japonya’nın Nanoteknoloji Araştırmacıları Ağ Merkezi (The Nanotechnology Researchers Network Center of Japan), Nanoteknoloji Yaz Okulu (Summer Nanotechnology School), Disiplinlerarası Okul (Multidisciplinary school), ve Genç Bilim İnsanları için Değişim Programı (Exchange Program for Young Scientists) gibi çeşitli organizasyonlar gerçekleştirmiştir (Poteralska vd., 2007). Hindistan’da az sayıdaki üniversitede nanoteknoloji üzerine lisansüstü eğitim programlarına başlanmıştır. Üniversite Destek (maddi) Komisyonu (University Grants Commission) tarafından geliştirilen üniversiteki fen bilimleri bölümleri için model öğretim programı, nanobilim veya nanoteknoloji üzerine herhangi bir seçmeli ders veya öğretim modülü içermemektedir. Sadece özel bir üniversite nanoteknoloji alanında, birleştirilmiş beş yıllık lisans ve yüksek lisans (master) programı sunmaktadır. Çoğu teknik enstitü çeşitli branşlarda nano ile ilgili öğretim modülleri ya da seçmeli ders imkanı sunmaktadır (Rubab, 2012). Ülkemizde de Anadolu Üniversitesi, Bilkent Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul Teknik

Üniversitesi ve Sabancı Üniversitesi gibi bazı üniversitelerde lisans ve lisansüstü düzeylerde çeşitli programlar mevcuttur (Özgüz, t.y.).

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi üzerine, daha çok lisans ve lisans üstü eğitim düzeylerine uygun programlar geliştirilmekle birlikte, nispeten daha az sayıda da olsa ilkokul, ortaokul ve lise eğitim düzeylerinde programlar da bulunmaktadır (Jones vd., 2015). Örneğin Japonya’da ilkokul ve Tayvan’da orta dereceli okullar düzeyinde bu konuların öğrencilere tanıtılması üzerine çeşitli faaliyetlerde bulunulmuştur (Poteralska vd., 2007). Nanobilim ve Nanoteknoloji Tanıtıcı Modülü, (Nanoscience and Nanotechnology Introductory Module), lise düzeyindeki öğrencilere ve öğretmenlere, sorgulama temelli ve uygulamalı bir anlayışla nanobilim ve nanoteknolojiyi tanıtmak için tasarlanmıştır (Maynard vd., 2006). 2005 yılında Singapur’da 1-6. sınıf öğrencileri için nanobilim ve nanoteknoloji eğitim programı geliştirilmiştir (Feather ve Aznar, 2011). Ülkemizde de lise öğrencileri için çeşitli nanoteknoloji öğretim etkinlikleri düzenlenmiştir. Örneğin İstanbul Üniversitesi tarafından 2011 yılında lise öğrencileri için organize edilen “Nanoteknoloji Yaz Okulu” bu etkinliklerden biridir (Sagun-Gököz, 2012).

Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine yönelik dünya çapında proje girişimleri bulunmaktadır. Bu girişimler genel olarak üç gruba hedeflemektedir. Bunlar; öğretmenler, öğrenciler ve genel halktır (Gyalog, 2007). Bu projelere Nanotruck, Nanoyou, Nanosense, Nise, Nanoleap, Saarlabs, NanoBioNet, Time for nano örnek verilebilir. Yapılan projelerle ilgili daha ayrıntılı açıklamalara “Nanobilim ve Nanoteknoloji Öğretimi Üzerine Çalışmalar” başlığında yer verilmiştir.

### **2.10. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Sosyal Yönü**

Nanobilim ve nanoteknoloji, yapılan bilimsel araştırma ve teknolojik yeniliklerin, heyecan verici yeni bir alanı ortaya çıkmıştır (Zenner vd., 2006). ve bu alanlara yönelik olarak sağlanan eğitimler, öncelikle bu alanların teknik yönlerine odaklanmıştır. Ancak yapılan işlem ve uygulamaların sosyal ve etik sonuçları, toplumun yeni gelişen teknolojilere karşı tutumu ve bu teknolojilere yönelik politikalar gibi konular üzerinde yeterince durulmadığı bilinmektedir (Tahan vd., 2006). Bu durumda, ilgili vatandaşlar, önde gelen teknoloji liderleri, bilimkurgu



yazarları, siyasi yetkililer ve çevreci kuruluşlar da dahil olmak üzere toplumu oluşturan birçok birim teknolojinin potansiyel sosyal, etik ve çevresel etkileri hakkında önemli soruları gündeme getirmeye başlamış (Zenner vd., 2006) ve gelecekte bu tür teknolojilerin etkilerinin ne olacağı ya da ne olmayacağı konusunda çeşitli spekülasyonlar ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, mevcut durumda ortaya çıkan sosyal sorunlar çok geniş bir alanı kapsamakta ve varsayımlara dayalı kalmaktadır (Sheetz vd., 2005).

Bilim insanları, mühendisler ve toplumun genel üyeleri de dahil olmak üzere tüm bireyler nanobilim ve nanoteknoloji ile toplum arasındaki etkileşimleri göz önünde bulundurmalıdır (Zenner vd., 2006). Nükleer mühendislik ve biyoteknoloji gibi diğer umut vaadeden teknolojilere benzer şekilde nanoteknoloji de birbiriyle çelişen iki farklı çağrışıma sahiptir. Bu çağrışımlardan ilki son derece olumlu algılanan, çok çeşitli kullanımlar için olağanüstü mekanik, optik, elektrik ve manyetik özelliklere sahip yeni materyallerin üretimidir. İkinci çağrışım ise oldukça olumsuz algılanan insan sağlığı ve çevre üzerindeki belirsiz etkileridir (Caballero-Diaz vd., 2013). Yani nanoteknoloji ile elde edilecek istendik yararlar, istenmeyen yan sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilir (Roco ve Bainbridge, 2001).

Bu sonuçlardan bazıları literatürde ifade edilmiştir. Örneğin sağlık alanında yaşanacak gelişme ve yeniliklerle birlikte artan insan ömrü ve yaşam kalitesine karşılık, yaşlı insan popülasyonunun çok fazla artması, bu duruma paralel olarak emeklilik ve sağlık sigortası ve emeklilik yaşının artması konularında düzenlemelere ihtiyaç duyulması bu sonuçlardan biridir (Roco ve Bainbridge, 2001). Nanoteknoloji ile ortaya çıkma ihtimali olan bir diğer sonuç, nano-bölünme olarak da adlandırılan mal varlığı dağılımındaki eşitsizliğin potansiyel artışıdır. Ayrıca bu eşitsizliğin yakın dönem etkilerinden birinin sağlık alanında nanoteknolojinin sunduğu hizmetlerden yararlanırken de kendini göstermesi ve bu hizmetlere erişimin toplumun sadece varlıklı kesimleri için mümkün olması beklenmektedir (Roco ve Bainbridge, 2001; Sheetz vd., 2005). Kişisel hayatın gizliliği ve güvenliği de teknolojik gelişmelerin tehdit ettiği konulardan biridir. Nanoteknolojideki ilerlemeler ile birlikte çok daha küçük elektronik cihazlar ve sensörler ortaya çıkmakta ve böylece birinin kişisel gizliliğini ihlal etmek çok daha kolaylaşmaktadır. Dolayısıyla bu durum bazı etik sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bilim insanları ve araştırmacılar

tarafından nanoteknolojinin en büyük etkilerinden birinin kişisel gizliliğin kaybedilmesi olacağı tartışılmaktadır (Jones vd., 2007; Sheetz vd., 2005). Bu alanda evrensel düzeyde endişe duyulan bir diğer konu gerekli yönetmeliklerin eksikliğidir. Nanoteknoloji ve uygulamalarını kimin düzenleyeceği, bu konuda sınırlılıkları kimin belirleyeceği ve bunların uygulanıp uygulanmadığını kimin kontrol edeceği, vb. birçok soru cevaplanmayı beklemektedir (Sheetz vd., 2005). Çevre kirliliği de nanoteknoloji ile ortaya çıkabilecek sorunlardan biridir. (Khan, 2014; Roco ve Bainbridge, 2001).

Bir bilim alanı olarak nanoteknoloji henüz gelişiminin ilk aşamalarında ve bu sebepten dolayı insan ve çevre üzerindeki etkileri hakkında bilgi eksikliği mevcuttur. Bu noktada ortaya çıkan ve cevaplanması gereken en büyük soru, gelişmekte olan bu disiplinin beraberinde getirdiği belirsizlikler ve riskler ile nasıl başa çıkılacağıdır (Khan, 2014). Nanoteknolojiyi istenmeyen sonuçları yönünden değerlendirebilmek için, araştırmacıların, teknolojinin bir parçası olduğu sistemi tüm yaşam döngüsü boyunca incelemesi gerekmektedir (Roco ve Bainbridge, 2001).

Nanoteknolojinin toplum üzerindeki zararlı etkilerini ortadan kaldırmak ya da en aza indirebilmek için, etik yönleri incelenmeli ve gelişimine yardımcı olacak nitelikte politikalar oluşturulmalıdır (Chen, 2002). Alınması gereken önlemlerden en önemlisi, gelecekte bu alanda çalışacak bilim insanları, teknologlar ve teknisyenleri yetiştirmek için, nanoteknoloji ile ilgili etik ve sosyal konular, etkili bir şekilde öğretim programlarına dahil edilmelidir (Roco ve Bainbridge, 2001). Nanoteknolojinin sürdürülebilir, etik ve ekonomik gelişimini desteklemek için, nanoteknolojinin kısa ve uzun dönemli faydaları, sınırlılıkları ve zararları hakkında tüm toplumun eğitilmesi bir zorunluluktur (Khan, 2014).

### **2.11. Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminde Öğretmen Rolü**

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminde yaşanan en büyük eğitsel zorluklardan biri nitelikli öğretmen eksikliği olarak gösterilmektedir (Murday, 2009). Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimini en etkili şekilde gerçekleştirmek ve böylece bu eğitimden beklenen amaçları başarmak için öğretmen eğitimi temel şartlardan biridir. Öğretmenler öğrenciler için sadece içerik yönünden değil, yaratıcılık ve teşvik edicilik açısından da bir model oluşturur. Nanobilim ve nanoteknoloji konusunda

eğitilmiş bir iş gücü sağlamak için, öğrencilerin dikkatlerini bu alanlara çekmek ve onlara gerekli eğitimleri sağlamak büyük önem taşır. Bu nedenle öğretmen eğitimi hem öğrencilerin eğitimini sağlamak hem de dikkatlerini çekmek için gereklidir (Bhushan, 2016).

Nano-okuryazar öğrenciler yetiştirebilmek ve nanobilim ve nanoteknoloji eğitimini en etkili şekilde gerçekleştirebilmek için öncelikle nano-okuryazar öğretmenlere ihtiyaç vardır (Fonash, 2001). Ancak bu ihtiyaç ile birlikte öğretmenlerin karşılaştığı bazı sorunlar olduğu da bilinmektedir. Huffman vd.nin (2015) belirttiği gibi öğretmenlerin hem ortaya çıkan nanobilim içeriklerini öğrenmek hem de bu içerikleri öğretim programına dahil etmek için zorlanması bu sorunlara örnek gösterilebilir. Ayrıca öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının boyut ve ölçek anlayışlarındaki eksiklikler son yıllarda yapılan çalışmalarda açık olarak görülmektedir (Jones vd., 2008; Kumar, 2007). Öğretmenlerin nanobilim ve nanoteknolojinin temelini oluşturan boyut ve ölçek konusunda eksik bilgilere sahip olması, daha sonra bu konuları öğrencilerine nasıl öğretebilecekleri sorusunu gündeme getirmektedir (Jones vd., 2013a). Bununla birlikte nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi üzerine öğretmenlerle yapılan görüşmelerde, öğretmenlerin öğrencilerin soruları karşısında rahat olmadıkları ve yeterli bilimsel bilgiye sahip hissetmedikleri görülmüştür (Albe, 2012; Hutchinson vd., 2009). Öğretmenlerin sahip olduğu bilgi, görüş ve inançların sınıf içi uygulamalar üzerinde doğrudan bir etkisinin olduğu bilinmektedir (Brickhouse, 1990; Pajares, 1992; Palmquist ve Finley, 1997). Bamberger ve Krajic (2012) öğretmenlerin nanobilim ve nanoteknoloji konularını sınıf uygulamalarına yansıtamamalarını içsel ve dışsal olmak üzere iki ana nedene bağlamaktadır. İçsel engeller daha çok öğretmenin öğretimsel inanışları, konu alanı bilgisi ve öz yeterliği gibi faktörlerdir. Dışsal engeller ise öğrencilerden kaynaklanan zorluklar, öğretim materyali eksikliği, program, zaman kısıtlamaları ve yönetimsel sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca ilgi ve bazı teknik düşünceler de öğretmenlerin bu konuları derslerine entegre etme kararlarını etkileyen faktörlerdir (Hutchinson vd., 2009). Nano boyuttaki öğretimin başarılı olabilmesi, bu engellerin ortadan kaldırılmasına bağlanmaktadır (Bamberger ve Krajic, 2012). Öğretmenlerin nanobilim ve nanoteknoloji konularını sınıf ortamında taşımasını engelleyen bir diğer sebep mesleki gelişimlerdeki

yetersizliktir (Schank vd., 2007). Öğretmenlerin bu yeni içeriklerin öğretiminden er ya da geç sorumlu tutulacak olması öğretmenlerin mesleki gelişimini zorunlu kılmaktadır (Hingant ve Albe, 2010). Hazırlanan uzun dönemli mesleki gelişim kurslarının ve programlarının kısa süreli uygulamalara göre öğretmenlerin bu engelleri ortadan kaldırmalarında çok daha etkili olduğu görülmüştür (Bamberger ve Krajic, 2012; Watson, 2006). Öğretmenlerin mesleki gelişiminde temel amaç; öğrencilerin öğrenmesini pekiştirmektir. Bu yüzden, öğretmenlerin nanoteknoloji ile ilgili sahip oldukları yeni bilgiler ile gerçekte neler yapabildiklerini, öğrencilerin ne öğrendikleri ile ilişkilendirerek incelemek çok önemlidir (Jones vd, 2013a). Öğretmenlerin nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının öğretimi için hazırlanması, nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi için atılan ilk adımların daha erken eğitim düzeylerine çekilmesinde anahtar rol oynayacaktır (Chanunan, 2010).

Her eğitim düzeyindeki fen öğretmenlerinin bu gelişmelerden haberdar edilmesi ve bu alanlardaki ilerlemeleri gelişimsel açıdan uygun bir biçimde öğretebilmeleri için yeterince hazırlanması gerekmektedir (Sweeney vd., 2003). Bu doğrultuda öğretmenler, öğrencilerine öğretecekleri içerik alanlarını anlamada kendilerinden emin olmalıdır. Ancak mevcut öğretmenlerin çoğu kendi ders dönemlerinde nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarıyla karşılaşmadıkları için, bu konuların öğretimi onlar için zorluk oluşturabilir (Greenberg, 2009). Buna karşılık öğretmenler uygun öğretimsel faaliyetlere katıldıkları zaman, temel nanobilim ve nanoteknoloji kavram ve uygulamalarına yönelik anlayışlar kazanabilir ve bunu koruyabilirler. Ayrıca, bu konuları mevcut ders programlarına etkili bir şekilde entegre etmek ve uygulamak için gereken temel bilgileri geliştirmek üzere öğretmenlere zaman ve kaynak sağlanmalıdır (Bryan vd., 2015).

Sonuç olarak, bugünün öğretmenlerinin büyük çoğunluğunun nanobilim ve nanoteknolojinin gelişiminden önce eğitimlerini tamamlamış olması (Blonder ve Mamlok-Naaman, 2014) ve geçmiş yıllarda hizmet öncesi öğretmen eğitimi programlarında nanobilim ve nanoteknoloji konularının yer almaması (Bamberger ve Krajic, 2012) ya da diğer disiplinler içinde ele alınması (Jones vd, 2013a) nedeniyle hizmet içi öğretmenler hiçbir zaman resmi olarak bu konularla çalışmamışlardır (Blonder ve Mamlok-Naaman, 2014) ve dolayısıyla nanobilim ve nanoteknoloji konularında eksik bilgiye sahiplerdir. Bu nedenle öğretmenler nanobilim ve

nanoteknoloji konularını öğrenmekte ve bu konularla ilgilenmekte tereddütler yaşamaktadır (Bamberger ve Krajic, 2012). Bunun bir sonucu olarak, yeni gelişen bu alanlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak için öğretmenlerin mesleki gelişimine ihtiyaç duyulmaktadır (Jones vd, 2013a).

## **2.12. Nanobilim ve Nanoteknoloji Öğretimi Üzerine Çalışmalar**

Hingant ve Albe (2010) tarafından kapsamlı bir şekilde gerçekleştiren literatür taramasında nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik fen eğitimi alanında yapılan çalışmalar dört ana grupta toplanmıştır. Bu gruplar;

- Nanobilim ve nanoteknoloji konuları üzerine öğretim programı geliştirme çalışmaları,
- Nano-bağlantılı konulara yönelik öğrenci kavramlarının değerlendirildiği araştırmalar,
- Nanobilim ve nanoteknoloji konularının öğretiminde materyallerin kullanılması,
- Öğretmenlere yönelik mesleki gelişim çalışmaları şeklinde belirlenmiştir.

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitim ve öğretimi ile ilgili yerli ve yabancı literatürden ulaşılabilen çalışmalar bu gruplar kapsamında değerlendirildiğinde, çalışmaların genel anlamda iki başlık altında gruplandığı görülmektedir. Bunlardan ilki; sosyal proje girişimleri, seminerler, çalıştaylar, web tabanlı platformlar gibi nanobilim ve nanoteknoloji eğitime yönelik öğretimsel uygulamaların gerçekleştirildiği çalışmalar, ikincisi ise; farklı yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi ve meslek gruplarından bireylerle yapılan nanobilim ve nanoteknoloji'ye yönelik değerlendirme çalışmalarıdır.

### **2.12.1. Öğretimsel uygulamalar**

Dünyada bir dizi farklı ve ilginç programlar ve projeler aracılığıyla, eğitimde nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgilenilmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi konusunda son yıllarda Avrupa Birliği projelerinde de hızlı bir artış olduğu görülmektedir. Çeşitli Avrupa ülkelerinde, nanoteknoloji konusunda yeni öğretme ve öğrenme materyallerinin pilot çalışmaları Nanoyou (Nano for Youth) Projesi kapsamında yapılmaktadır (Ban ve Kocijancic, 2011). Nanoyou projesi İsrail ORT

koordinatörlüğünde yürütülen, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen ve özellikle genç yaştaki bireylerin temel nanoteknoloji anlayışlarını geliştirmek ve nanoteknolojinin yasal, etik ve sosyal boyutları hakkında ilgilerini çekmek amacıyla gerçekleştirilen bir projedir. Bu proje ile 11-18 yaş grubu öğrenciler için bir eğitim programı ve 18-25 yaş grubu için bilim merkezlerinde etkinlikler hazırlanmıştır (European Commission, 2013).

Dikkat çeken bir diğer proje ise NanoEIS (Nanotechnology Education for Industry and Society) projesidir. Bu projede nanoteknolojinin Avrupa toplumu ve sanayisi için sahip olduğu önem vurgulanmaktadır. NanoEIS projesi ile nanoteknoloji eğitiminin ortaöğretim okulları ve üniversitelere aktarılması ve Avrupa'nın ihtiyaç duyduğu nanobilim ve teknoloji okuryazar bireyler yetiştirilmesi için öğretim ve değerlendirme araçlarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır (European Commission, 2016). NanoTruck Almanya Eğitim ve Araştırma Federal Bakanlığı tarafından, halkı nanobilim ve nanoteknoloji konusunda bilgilendirmek, bu alanda çalışmalar yapmaya teşvik etmek amacıyla oluşturulmuş bir tır olup, ülke çapında bilgilendirme kampanyaları düzenlemektedir (Sanal, t.y.-g). NSF tarafından desteklenen NanoSense projesi nanobilim ve nanoteknolojinin lise düzeyindeki öğretimini hem öğrenciler hem de öğretmenler açısından nasıl yapılabileceği üzerine çalışan bir projedir (Sanal, t.y.-ğ). “Understandingnano” ise nanoteknoloji kavram ve uygulamalarını herkesin anlayabileceği şekilde sunmak için tasarlanan bir web sitesidir. Bu sitede, nanoteknoloji kavramlarının açıklamaları, makaleler ve kaynaklar için bağlantılar, nanoteknoloji üreticilerinin web siteleri ve nanoteknoloji haberleri bulunmaktadır. Ayrıca, lise ve ortaokul fen öğretmenlerine sınıf ortamında nanoteknolojiye giriş için yardımcı olmak amacıyla hazırlanmış ders planları da mevcuttur (Sanal, t.y.-h). “Şimdi Nano Zamanı” (Time for Nano) projesi, öncelikle genç bireyler olmak üzere tüm halkı nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yapılan araştırmalar ve bu alanlarda yaşanan gelişmeler hakkında bilgilendirmeyi amaçlamaktadır. Bu Avrupa Birliği projesinde İtalya, İngiltere, Belçika, Fransa, Almanya, Finlandiya, Portekiz, Polonya ve Türkiye gibi ülkeler katılımcı olmuşlardır. Proje kapsamında ülkemizde 2010 yılı boyunca İstanbul, Gaziantep, İzmir ve Bursa'da “Nano Günleri” düzenlenerek, öğrencilere farklı öğretim

yöntemleri aracılığıyla nanobilim ve nanoteknoloji hakkında bilgi verilmiştir (Sanal, t.y.-1).

NanoTeach projesi öğretmenler için hem içerik bilgisini hem de pedagojik alan bilgisini destekleyebilen bir mesleki gelişim modeli aracılığıyla nanobilim eğitimiyle ilgilenmiştir. Bu projenin temel amacı öğretmenleri nanobilim ve nanoteknoloji konularını, kullandıkları öğretim programlarına ve sonuç olarak öğrencilerin kavramsal anlayışlarına entegre etmek için bir öğretim tasarımı çerçevesi kullanımına hazırlamaktır (Huffman vd., 2015).

Türkiye’den Özel Doğa Koleji ve Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nün de ortakları arasında bulunduğu “Fen Eğitimi İçin Nano Teknoloji” (Nano-Tech Science Education) fen bilimleri öğrenimini daha çekici ve erişilebilir kılmak amacıyla bilişim ve iletişim teknolojilerini araç olarak kullanmayı amaçlayan bir Avrupa Birliği projesidir. Projenin hedef grupları ise genel lise ve meslek liselerinden 13 ile 18 yaş arası öğrenciler ve fen bilimleri öğretimi dersleri alan yüksekokul ve üniversite öğrencilerinden oluşmaktadır. Proje ile fen eğitimine sanal olarak hazırlanmış laboratuvar ortamında yapılan deneylerle destek sağlamak, yaratıcı ve motive edici öğretim materyalleri ile yapılandırılmış aynı zamanda bağımsız olan teknolojik gelişmeleri birleştirerek problemlere çözüm getirme amaçlanmıştır (Sanal, t.y.-i).

“Nano Çocuğun Maceraları” ülkemizde TRT 1 ekranlarında yayınlanan bir çizgi filmidir. Doğrudan nanoteknoloji ile ilgili olmamakla birlikte, basit düzeyde “Nano” kavramının çocuklar arasında duyulması ve bu kavramın çok küçük boyutları ifade ettiğinin anlaşılması konusunda yapılmış bir çalışmadır (Yükseltürk, 2008b).

Bamberger ve Krajic (2012) ilk olarak 15 öğretmenin nanobilim ve nanoteknoloji konularını sınıf uygulamalarına aktarırken karşılaştıkları zorluklara ilişkin görüşlerini belirlemişlerdir. Öğretmenler bu konuların öğretiminde içsel ve dışsal zorluklarla karşılaştıklarını ifade etmişlerdir. Araştırmanın ikinci aşamasında nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik düzenlenen bir çalıştay sonrasında bu görüşlerdeki değişimi araştırmışlardır. Çalıştaydan hemen sonra ve üç ay sonra yapılan görüşmelerden öğretmenlerin sahip oldukları içsel zorlukların azaldığı görülmüştür.

Sagun-Gököz (2012) araştırmasında nanobilim ve nanoteknoloji atölyesi geliştirerek lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji hakkındaki farkındalık değişimini ve ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili kavramlar üzerindeki kavramsal değişimlerini incelemiştir. Yapılan çalışmada veri toplama aracı olarak “Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi”, “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi”, “Atölye Değerlendirme Anketi” ve görüşmelerden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonucunda atölye çalışmasına katılan öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlamalarında ve farkındalık düzeylerinde artış olduğunu görülmüştür.

Albe (2012) ortaokul fen öğretmenlerinin yaz kampı öncesi ve sonrasında nanobilim ve nanoteknoloji anlayışları ve bu konuların öğretimi üzerine isteklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorulardan oluşan bir anket kullanılmıştır. Anket iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde nanobilim ve nanoteknoloji üzerine beş soru bulunurken, ikinci bölümde nano-eğitim üzerine dört soru bulunmaktadır. Ayrıca yaz kampının değerlendirilmesi amacıyla son testte ankete üç soru daha eklenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre, öğretmenlerin son testte anketin ilk bölümündeki sorulara kavramsal olarak daha ilişkili ve daha detaylı cevaplar verdikleri görülmüştür. Ayrıca öğretmenler yaz kampının nanobilim ve nanoteknoloji üzerine bilgilerini geliştirdiğini ve bu kamp sayesinde kendilerinin de bu konuları öğretimlerine dahil edebileceklerini ifade etmişlerdir.

Ng (2009) öğretmen adayları ve akademisyenlerin düzenlemiş oldukları “Nanoteknoloji Günü” adlı etkinliğe katılan ve iki farklı ilkokula devam eden altı yaş grubu 139 öğrencinin, etkinlikle ilgili görüşlerini değerlendirmiştir. Etkinlik gününde konu ile ilgili çeşitli sunumlar ve uygulamalar yapılmıştır. Günün sonunda öğrencilere bir anket uygulanarak görüşleri değerlendirilmiştir. Buna göre çocukların büyük bir bölümün etkinliklerle eğlendikleri ve nano, atom ve nanoteknoloji gibi birçok konuda anlayış geliştirdikleri belirlenmiştir.

Şenel (2009) yaptığı çalışmada fizik, kimya, biyoloji ve matematik öğretmen adaylarının, nanoteknolojide kullanılan temel kavramları öğrenebilmeleri için kullanılacak bir rehber materyal geliştirmeyi ve bu materyalin işlevsel etkililiği ile öğretmenlerin bu materyale ilişkin görüşlerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu



amaçla çalışmada veri toplama aracı olarak “Nanoteknoloji Kavram Testi” ve “Materyal Değerlendirme Formu” kullanılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda geliştirilen rehber materyalin öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili kavramları öğrenmelerinde etkili olduğu ve eğitim yazılım ilkeleri açısından yeterli bir materyal olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Senocak (2015) yaptığı çalışmada üniversite öğrencilerine nanoteknolojiyi tanıtmayı amaçlayan bir kursun sonuçlarını paylaşmış ve bu kursun öğrencilerin nanoteknoloji anlayışlarını nasıl etkilediğini tartışmıştır. Kurs; 2013-2014 eğitim öğretim yılında, 67 fen bilgisi öğretmen adayı ile birlikte, haftada iki saat olmak üzere 12 saat süresince gerçekleştirilmiştir. Kursun etkililiğini ölçmek için; nanoteknoloji okuryazarlığı, nanoteknolojinin riskleri ve yararları, nanoteknoloji ilgisi olmak üzere üç boyuttan oluşan anket, ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre kurs öncesinde öğrencilerin sınırlı bir nanoteknoloji bilgisine sahip oldukları, kurs sonrasında ise anlayışlarında olumlu değişimlerin meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca düzenlenen bu kurs, üniversite öğrencilerine nanoteknolojiyi öğretmek için etkili bir eğitsel araç olarak önerilmiştir.

Lin vd. (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada Tayvan’da bir ilkokulda uygulanan kamp etkinlikleri aracılığıyla Nanoteknoloji Temelli Popüler Fen Eğitimi Tanıtma ve Öğretme (Nanotechnology-based Popular Science Education Promotion and Teaching/NPSEPT) programının etkililiğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmaya dört farklı ilkokuldan 323 altıncı sınıf öğrencisi katılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen, “doğal dünyadaki nano-olaylar”, “nanomalzemeler ve ölçek etkileri” ve “nanoteknolojinin tanımı, özellikleri ve uygulamaları” olmak üzere üç bölüm ve 15 sorudan oluşan bir test kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre düzenlenen programın öğrencilerin nanoteknoloji öğrenimi üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu ayrıca okullar arasında yapılan karşılaştırmalarda da anlamlı farkların görüldüğü tespit edilmiştir.

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitim ve öğretimine yönelik gerçekleştirilen bu uygulamaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, uygulamalar sonrasında katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji bilgi (Albe, 2012; Sagun-Gököz, 2012; A. Şenel, 2009), farkındalık (Sagun-Gököz, 2012) ve anlayış (S. Y. Lin vd., 2015; Ng, 2009; Senocak, 2015) düzeylerinde artış meydana geldiği görülmüştür.

### 2.12.2. Değerlendirme çalışmaları

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine verilen önem ile birlikte farklı ülkelerde yaş, eğitim düzeyi, meslek grubu gibi farklı değişkenlere göre bireylerin nanobilim ve nanoteknoloji konusunda sahip olduğu bilgi, ilgi, tutum, algı ve anlayışlarını belirlemek üzere yapılan çalışmaların sayısında önemli bir artış göze çarpmaktadır.

Kadioğlu (2010) eğitim fakültelerinde fen öğretiminin gerçekleştirildiği bölümlerde öğrenim görmekte olan öğretmen adaylarının nanoteknolojiye ilişkin sahip oldukları düşüncelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda bölümler arasında ilgi ve bilgi düzeyi olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunda büyük bilgi eksikliklerinin olduğu tespit edilmiştir.

Ekli (2010) ilköğretim ikinci kademedeki eğitim görmekte olan öğrencilerin nanoteknoloji hakkında sahip oldukları temel bilgi ve görüşlerini, ayrıca teknolojiye yönelik tutumlarını farklı değişkenlere göre araştırmayı amaçladığı çalışmada öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik olumlu görüşlerinin olduğunu ancak nanoteknoloji duyularının az olduğunu ve bu duyuları genelde TV programları aracılığıyla edindiklerini belirlemiştir. Ayrıca öğrencilerin nanoteknoloji ile ilgili temel kavramlara ve yeterli bilgiye sahip olmadıklarını tespit etmiştir.

Retzbach vd. (2011) 587 yetişkin Amerikan katılımcının bilime ve bilgiye olan ilgilerine ek olarak, nanoteknolojiye yönelik risk ve yarar algıları ile ilişkilendirilmiş bilim hakkındaki inançlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Amerikan halkının hala nanoteknolojiye yabancı olduğunu, duyum düzeylerinin düşük olduğunu ve duyum kaynaklarının daha çok medya olduğunu belirtmişlerdir.

Elmarzugi vd. (2014) Trablus (Alfateh) Üniversitesi akademik personeli ve öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında farkındalıklarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, nanoteknoloji hakkında farkındalığın düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Senocak (2014) Türk toplumunun nanoteknoloji kavramlarına yönelik anlayışlarını değerlendirmek amacıyla farklı cinsiyet, yaş ve eğitim seviyelerinden 513 kişi ile yapmış olduğu çalışmada, Türk toplumunun büyük kısmının nanoteknoloji kavramlarına yönelik duyularının olmadığı ya da çok az olduğu

sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada katılımcılara nanoteknoloji hakkındaki bilgi kaynakları sorulduğunda ise büyük bir kısmı bilgi kaynağı olarak medyayı gösterirken sadece %10'luk kısmı okula işaret etmiştir.

Aslan vd. (2014) dört sınıf düzeyinden toplam 380 fen bilimleri öğretmen adayı ile gerçekleştirdikleri çalışmada, öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışlarını ve farkındalıklarını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre, öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına ilişkin duyularının yüksek olduğu ancak bu kavramlara ilişkin açıklamaları analiz edildiğinde kavramsal anlayışlarının yetersiz seviyede olduğu görülmüştür. Öğretmen adaylarının sınıf ve akademik başarı seviyesine göre nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıkları arasında anlamlı fark bulunurken, cinsiyete göre anlamlı fark bulunmamıştır.

Aslan ve Şenel (2015) ortaokul ve lise fen alanları (fen bilimleri, fizik, kimya, biyoloji) öğretmen adaylarının, nanobilim ve nanoteknoloji (NBT) farkındalık düzeylerini belirlemek ve cinsiyet, bölüm ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, veri toplama aracı olarak "Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi" kullanmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre öğretmen adaylarının NBT farkındalıklarının orta düzeyde olduğu, öğretmen adaylarının NBT farkındalıkları arasında bölüm değişkenine göre anlamlı fark bulunurken, cinsiyet ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre anlamlı fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Ahmed vd. (2015) yaptıkları çalışmada İslamabad'ın bazı yüksek eğitim kurumlarındaki öğrenciler ve öğretmenlerin nanoteknolojiye yönelik tutum ve farkındalık seviyesini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada toplam 14 tane lise ve üniversite belirlenmiş ve araştırma bu kurumlarda Ocak 2012-Mart 2012 sürecinde doğrudan ziyaretlerle ve mail aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada veri toplama aracı olarak nanoteknolojiye yönelik farkındalık ve nanoteknolojiye yönelik tutum olmak üzere iki bölümden oluşan anket kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre katılımcıların çoğu nanoteknoloji hakkında duyulara sahipken, sadece %47 si nanoteknoloji hakkında bir şeyler okumuştur ve %44.4'ü nanoteknolojinin uygulamalarıyla ilgili farkındalığa sahiptir. Nanoteknoloji ve onun uygulamalarına yönelik farkındalık seviyesinin ( $p=.00$ ) ve yüksek eğitim seviyesinin ( $p=.01$ ),

katılımcıların nanoteknolojiye yönelik tutumları üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Castellini vd. (2007) halkın temel nanoteknoloji bilgisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorulardan oluşan bir anket geliştirmişlerdir. Bu anket aracılığıyla halkın hem nanoteknolojiye yönelik tutumu hem de boyut/ölçek, atomlar ve nanoteknoloji ile ilgili bilgileri test edilmiştir. Çalışmada 7-91 yaş aralığında ve farklı eğitim düzeylerine sahip toplam 495 katılımcı yer almıştır. Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre, katılımcıların atom ve nanoölçek ile ilgili yanlış anlayışlara sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca katılımcıların %41'inin nanoteknolojiye yönelik duyumlara sahip olduğu, bu duyumların %49'unun kaynağının medya olduğu ve duyuma sahip olan katılımcıların %42'sinin bu kavrama yönelik doğru bir tanım yaptığı görülmüştür. Bununla birlikte katılımcıların büyük çoğunluğunun nanoteknolojiye karşı olumsuz bir tutuma sahip olduğu da çalışmanın bulguları arasındadır.

Cobb ve Macoubrie (2004) tarafından Amerikan halkının nanoteknolojiye yönelik algılarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada veri toplama aracı olarak, 1536 katılımcıyla, telefon görüşmesi şeklinde uygulanan bir anket tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre genel olarak halkın nanoteknoloji duyumlarının olmadığı ya da çok az olduğu, bilgi düzeylerinin sınırlı olduğu ve daha çok olumlu düşüncelere sahip oldukları belirlenmiştir.

Lin vd. (2015) yaptıkları çalışmada Tayvanlı lise öğretmenlerinin, nanoteknoloji öğretim anlayışı, okul desteği algısı ve mesleki gelişim hedefleri bakımından nanoteknoloji öğretimi algılarını incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırmada veri toplama aracı olarak 42 maddeden oluşan likert tipi bir anket tercih edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre öğretmenlerin mesleki gelişimlerini sürdürme isteklerinin yüksek olduğu ancak okul desteği algılarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmenlerin nanoteknoloji öğretimine yönelik bilgi ve anlayışlarının ortalamasının üzerinde olduğu fakat istenen düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Kıdemli lise öğretmenlerinin mesleki gelişim ve nanoteknoloji öğretimi algılarının kıdemli olmayan öğretmenlere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu da çalışmanın bulguları arasındadır.

Taylor ve Jones (2009) öğrencilerin oransal akıl yürütme yeteneği ve yüzey alanı-hacim ilişkisini anlama yeteneği arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Katılımcılar 11-13 yaş grubu arasındaki 19 ortaokul öğrencisidir. Çalışmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorulardan oluşan Oransal Akıl Yürütme Değerlendirme Ölçeği (Proportional Reasoning Assessment Instrument) ve Yüzey Alanı-Hacim Uygulamaları Değerlendirme Ölçeği (The Applications of Surface Area to Volume Assessment) kullanılmıştır. Ölçme araçları öğrenciler 5 günlük yaz kampına katılmadan önce ve katıldıktan sonra uygulanarak veriler toplanmıştır. Elde edilen bulgular ortaokul öğrencilerinin oransal akıl yürütme yeteneği ve yüzey alanı-hacim anlayışları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ayrıca bağımlı t-testi sonuçlarına göre öğrencilerin yüzey alanı-hacim ilişkisi ön ve son test değerlendirmeleri arasında anlamlı fark gözlenmiştir.

Kumar (2007) öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji üzerine genel bilgilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmanın çalışma grubunu fen eğitimi lisans programında öğrenim görmekte olan 109 gönüllü öğretmen adayı oluşturmuştur. Araştırmada veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli sorulardan oluşan bir anket kullanılmıştır. Veri toplama aracında yer alan sorular nanobilim ve nanoteknolojiyle ilgili olarak etimoloji, içerik, boyut gibi farklı bilgi türlerine göre hazırlanmıştır. Elde edilen bulgular öğretmen adaylarının boyut ve etimoloji üzerine eksik bir anlayışa sahip olduklarını göstermiştir.

Scheufele vd. (2007) toplumun ve nanoteknoloji alanında uzman bilim insanlarının, nanoteknolojinin sağlayacağı yarar ve riskler için sahip oldukları algıların belirlenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada veriler toplumu temsil eden 1015 bireyden telefon aracılığıyla uygulanan ve 363 bilim insanı ve mühendisten mail yoluyla uygulanan bir anket yoluyla toplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre nanoteknolojinin algılanan en büyük yararı toplum için; bilgisayar endüstrisinde meydana gelecek ilerlemeler şeklinde ifade edilirken, bilim insanları için; hastalıkların daha iyi tedavi edilmesi olarak ifade edilmiştir. Nanoteknolojinin algılanan en büyük riski toplum için; gizliliğin kaybı olarak belirlenirken, bilim insanları için; yeni sağlık problemlerinin oluşması şeklinde belirlenmiştir.

Jones vd. (2013b) yaptıkları çalışmada Avusturya, Tayvan ve Amerika'dan çalışmaya katılan hizmet içi ve hizmet öncesi öğretmenlerin metrik ve oransal boyut kavramlarını incelemişlerdir. Çalışmada veri toplama aracı olarak anket ve görüşmeden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre öğretmenlerin mesleki deneyimlerinin, boyut bilgilerinin doğruluğu ile ilişkili olmadığı ancak öğretmen adaylarının boyut bilgilerinin doğruluğunun, geldikleri ulusa göre anlamlı şekilde farklılaştığı ve Avustralyalı ve Tayvanlı katılımcıların bilgilerinin Amerikalı katılımcılara göre daha doğru olduğu belirlenmiştir. Ayrıca katılımcıların uluslara göre öğrenme yöntemlerinin de farklılaştığı tespit edilmiştir.

Jones vd. (2008), çok küçükten (nanoölçek) çok büyüğe (kozmetik ölçek) doğrusal boyutlara odaklanarak, deneyimli ve deneyimsiz öğretmenlerin uzamsal ölçek kavramlarını araştırmışlardır. Katılımcıların boyut kavramsal kategorileri, ölçeğin doğruluğu ve ölçeği öğrenme deneyimlerine ilişkin bilgilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre, nm gibi çok küçük boyutlarla ilgili olarak deneyimli öğretmenlerin deneyimsiz öğretmenlere göre daha doğru kavramlara sahip olduğu görülmüştür.

Karataş ve Ülker (2014) Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği programı ve Fen Fakültesi Kimya bölümü öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında bilgi seviyelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada veri toplama aracı olarak açık uçlu sorulardan oluşan bir anketten yararlanmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre Fen Fakültesi Kimya Bölümüne devam eden öğrencilerin nispeten daha iyi olmasına karşılık her iki programdaki öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında bilgi seviyelerinin oldukça düşük olduğu ve temel kimya bilgilerini nanoteknoloji konularına yeterince transfer edemedikleri belirlenmiştir.

Hutchinson vd. (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada 7-12. sınıf öğrencilerinin nanobilim kavram ve olaylarına karşı ilgi ve isteklerini incelemişlerdir. Bununla birlikte çalışma kapsamında öğrencilerin ilgilerinin; okul, sınıf düzeyi, cinsiyet, etnik faktörler ve akademik yeteneğe göre nasıl değiştiği de araştırılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmış ve anket farklı yerleşim bölgelerinde bulunan 416 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen verilere göre öğrencilerin çoğunluğunun nanobilimle ilgili konu ve olaylara karşı ilgi duyduğu ancak ilgi düzeyinin cinsiyet,

sınıf ve etnik faktörlere göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucunda; uygulamalı etkinlikler, kimyasal maddelerin kullanımı ve bunların öğrencilerin günlük yaşamını nasıl etkileyeceği, geçmişten gelen bilgi birikimi, önceki deneyimler ve kişisel ilgi gibi faktörlerin öğrencilerin ilgi düzeyi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Zhang vd. (2015) Çin halkının nanoteknolojiye karşı algı ve tutumlarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada veri toplama aracı olarak anket kullanmışlardır. Çalışmada 741 katılımcı yer almıştır. Elde edilen bulgulara göre Çin halkının teknolojiye yönelik bilgi düzeylerinin düşük olmasına rağmen, nanoteknoloji duyularının yüksek oranda olması (%88.4) nedeniyle farkındalıklarının da yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca nanoteknolojinin yayılmasında kitle iletişim araçları tarafından sağlanan haber ve reklamların en fazla rolü olan araçlar olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmaların ortak sonuçları; katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji'ye yönelik duyuların az olması (Cobb ve Macoubrie, 2004; Ekli, 2010; Retzbach vd., 2011; Senocak, 2014) ve bu duyuların kaynağının daha çok medya olması (Ekli, 2010; Retzbach vd., 2011; Senocak, 2014; J. Zhang vd., 2015) nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık (Elmarzugi vd., 2014) ve bilgi (Aslan vd., 2014; Cobb ve Macoubrie, 2004; Ekli, 2010; Kadioğlu, 2010; Karataş ve Ülker, 2014; Kumar, 2007) düzeylerinin yetersiz olması şeklinde değerlendirilebilmektedir .

## BÖLÜM III

### 3. YÖNTEM

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

#### 3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma nicel ve nitel yöntemlerin beraber kullanıldığı karma araştırma yöntemine göre yürütülmüştür. Bu yöntemde araştırma sorularına cevaplar aranırken verilerin toplanması, analizi ve bulguların yorumlanmasında nicel ve nitel yöntemler birlikte kullanılır (Creswell, 2012). Nicel yöntemlerle ne kadar sorusuna cevap aranırken, nitel yöntemlerle sürece odaklanılarak neden, nasıl ve niçin sorularına cevaplar aranır. Bu çalışmada da nitel ve nicel yöntemler birlikte kullanılarak daha güçlü, geçerli ve güvenilir bir veri seti oluşturmak, araştırmayı destekleyici kanıtları arttırmak ve hataları azaltarak konu hakkında kapsamlı sonuçlara ulaşmak hedeflenmiştir.

Araştırmanın nicel boyutu, deneysel desenlerden tek gruplu ön test-son test yarı deneysel desenden oluşmaktadır. Bu desende gerçekleştirilen deneysel işlemin etkisi tek bir grup üzerinde yapılan araştırmayla test edilir. Bağımlı değişkenle ilgili ölçümler deneklerden, aynı denekler üzerinde aynı ölçme aracı kullanılarak, uygulama öncesi ön test ve uygulama sonrası son test olmak üzere, yapılan ölçümlerin karşılaştırılması sonucunda belirlenir (Büyüköztürk vd., 2013; Cohen vd., 2007). Bu desende seçkisizlik ve eşleştirme işlemi yapılmamaktadır (Büyüköztürk vd., 2013). Bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji konularına ait var olan durumlarını belirlemek için ön testler kullanılmıştır. Öğretmen adayları ile ETNBTE gerçekleştirildikten sonra ön testte kullanılan veri toplama araçları tekrar son test olarak uygulanmıştır. Ön test ve son test ölçümlerinin değerlendirilmesi ile elde edilen bulguların karşılaştırılması sonucunda gerçekleştirilen öğretimin etkisi belirlenmiştir. Tek gruplu ön test-son



test yarı deneysel desene ait nicel veriler “Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi” aracılığıyla elde edilerek analiz edilmiştir.

Araştırmanın nitel boyutu, durum çalışması desenlerinden iç içe geçmiş çoklu durum deseninden oluşmaktadır. Bu desende birden fazla analiz birimi ve birden fazla kendi başına bütüncül olarak değerlendirilebilecek durumların alt durumları ile birlikte incelenmesi söz konusudur (Yin, 2003). Bu araştırma için analiz birimi, birbirinden bağımsız bütüncül durumları ETNBTE’ne katılmış fen bilimleri öğretmen adaylarıdır. Alt durumlar ise bu öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık ve kavramsal anlayışlarıdır. Durum çalışmasına ait nitel veriler “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi”, “Kelime İlişkilendirme Testi” ve “Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu” aracılığıyla elde edilerek analiz edilmiştir.

### 3.2. Çalışma Grubu

Bu araştırmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Bu yöntemin sahip olduğu temel ilke, önceden belirlenen bir dizi ölçütü karşılayan bütün durumların çalışılmasıdır ve bu ölçüt ya da ölçütler araştırmacı tarafından oluşturulabileceği gibi önceden hazırlanmış bir ölçüt listesi de kullanılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu doğrultuda çalışmaya katılan öğretmen adaylarının seçiminde, adayların daha önce özel bir ders ya da herhangi bir ders kapsamındaki bir konu olarak nanobilim ve nanoteknoloji konuları ile karşılaşmamış olması ve ders içeriğinin uygun olması (Fizikte Özel Konular dersi kur tanımında bu konulara yer verilmiştir) temel ölçüt olarak belirlenmiştir. Böylece araştırmanın çalışma grubu 2015-2016 eğitim öğretim yılı güz döneminde Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı, 3. sınıfta öğrenim görmekte olan 42 fen bilimleri öğretmen adayı olarak belirlenmiştir. Ancak ön testlere ya da son testlere katılmama ve eğitime 2 haftadan fazla katılmama vb. nedenlerle 10 öğretmen adayı çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Böylece veri analiz sürecine dahil edilen 26 kız, 6 erkek olmak üzere toplam 32 öğretmen adayı araştırmanın çalışma grubunu oluşturmuştur.

### 3.3. Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Bu çalışma Fizikte Özel Konular dersi kapsamında, haftada iki saat olmak üzere toplam yedi haftada gerçekleştirilmiştir. Bu sürecin genel olarak üç aşamadan oluştuğu söylenebilir. Birinci aşama ön testlerin uygulanmasını içermektedir. Bu aşamada ön testler uygulanmadan önce öğretmen adaylarına, gerçekleştirilecek eğitim ve veri toplama araçları hakkında kısaca bilgi verilerek yapılan uygulamaya yönelik merakları giderilmeye ve motivasyonları sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak öğretmen adaylarının mevcut kavramsal anlayışları ve farkındalıkları ile ilgili daha gerçekçi veriler elde edebilmek için, bu değişkenleri etkileyebilecek herhangi bir bilgi verilmemiştir. İkinci aşama beş hafta boyunca etkinliklerin yapılmasından oluşmaktadır. ETNBTE'nin tasarlanmasında ve uygulanmasında literatürde bulunan ve nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi için önerilen temel konuları içeren “Büyük Fikirler”den yararlanılmıştır. Tablo-4'te ETNBTE'nin içerdiği boyutlar ve bu boyutlar için seçilen etkinliklerle birlikte program detayları sunulmuştur.

Tablo-4' te görüldüğü gibi eğitim programında “Büyük Fikirler”den beş tanesine yer verilmiştir ve bunlar eğitim programı boyunca odaklanılan boyutları oluşturmuştur. Ayrıca ETNBTE boyunca uygulanan tüm etkinlikler literatürden seçilmiştir (Jones vd., 2007; Sanal, t.y.-j). Bu süreçte etkinliğin içeriği ve yer aldığı “büyük fikir” boyutunun uyumuna ve etkinliğin öğretmen adaylarının düzeylerine uygunluğuna dikkat edilmiştir. Etkinliklerin Türkçe'ye adaptasyonu sağlanarak etkinlikler dersin içeriği ve süresine uygun şekilde düzenlenmiş ve ETNBTE'nin ve yapılan etkinliklerin içeriği 5E öğretim modeline uygun olarak tasarlanmış olup her ders araştırmacı tarafından yapılan sunumlar, etkinlik sonrası elde edilen sonuçların paylaşımı ve yapılan tartışmalarla desteklenmiştir.

Öğretmen adayları süreç boyunca gruplar halinde çalışmışlardır. Her etkinlik için gruplara gerekli malzemelerle birlikte yönergelerin bulunduğu çalışma kağıtları verilmiştir. Bu süreçte öğretmen adaylarından çalışma kağıtlarındaki yönergeler doğrultusunda ilerleyerek grupça etkinliği gerçekleştirmeleri ve böylece etkinlikte odaklanılan nanobilim ve nanoteknoloji boyutu üzerine kavramsal anlayış ve farkındalık geliştirmeleri beklenmektedir. Burada eğitmenin rolü, öğretmen adaylarına rehberlik ederek öğrenmeyi kolaylaştırmak, oluşturulan tartışma ortamıyla, öğretmen adaylarının ön bilgilerini kullanarak yeni öğrendikleri bilgileri

doğru bir Şekilde yapılandırılmalarına yardım etmektir. Bu doğrultuda örnek bir ders süreci, çalışma kağıtları ve sunum görselleriyle birlikte Ek-1’de detaylı olarak verilmiştir. ETNBTE’nin son aŐamasını son testlerin uygulanması oluşturmaktadır.

**Tablo-4: ETNBTE ile ilgili program detayları**

Uygulama Tarihi	Konu	Etkinliğin adı	Uygulamanın amacı
03.12.2015	Ön testlerin yapılması	-	Ön testler yapılarak öğrencilerin mevcut kavramsal anlayış ve farkındalıklarının belirlenmesi
		İsmi kadar büyük mü?	Öğretmen adaylarının “nano” kavramını zihinsel olarak görselleŐtirmelerini ve bununla ilgili bir anlayış geliştirmelerini sağlamak.
10.12.2015	Boyut ve ölçek	Büyükten küçüğe	Öğrencilerin farklı boyutlardaki nesne ya da canlılar ve bunların boyutlarına yönelik bir sıralama yapmaları yoluyla boyut anlayışlarını geliştirmelerini sağlamak
		Doğa Kendini Nasıl Oluşturur?	Nanoboyutta termal enerjinin etkilerinin anlaşılmasını sağlamak, Self-assembly kavramı ile ilgili anlayış ve farkındalık geliştirmek.
17.12.2015	EŞsiz özellikler ve davranışlar	Lotus Etkisini Keşfedelim!	Öğretmen adaylarının gözlem becerilerini geliştirmek, yaprakların fiziksel özellikleri hakkında çıkarımlar yapmak için gözlem becerilerini kullanmak, böylece lotus etkisini keŐfetmelerini ve bu olayla ilgili farkındalık geliştirmelerini sağlamak.
		Hafızalı Tel!	Hafızalı telin özelliklerini ve davranışlarını keşfetmek, potansiyel uygulama alanları ilgili farkındalık geliştirmek
24.12.2015	Nanoteknoloji uygulamaları	Nanomanyetik AkıŐkanları Keşfedelim!	Ferrofluidin özelliklerini ve davranışlarını keşfetmek, potansiyel uygulama alanları ilgili farkındalık geliştirmek
31.12.2015	Araçlar ve teknikler	Nanoboyutu Gözlemleyebilir Miyiz?	Atomik Kuvvet Mikroskobu ve Taramalı Tünelleme Mikroskobunun nanoboyutta görüntü oluşturmak için nasıl çalıştıklarını betimlemek
7.01.2016	Fen-teknoloji ve toplum ilişkisi/ Etik boyutlar	Nanoteknolojinin Dezavantajları Var Mıdır?	Nanoteknolojinin canlıların sağlığı ile ilgili avantaj ve dezavantajlarını keşfetmek, kirliliğin ortadan kaldırılmasında nanosensörlerin kullanımını sembolleŐtirmek/ modellemek.
14.01.2016	Son testlerin yapılması	-	Son testler yapılarak öğrencilerin ETNBTE sonrası kavramsal anlayış ve farkındalıklarının belirlenmesi

### 3.4. Verilerin Toplanması ve Veri Toplama Araçları

ETNBTE'nin öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışına etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada, verilerin toplanması için amaca uygun olarak geliştirilen farklı türlerde veri toplama araçları kullanılmıştır. Bunlar, Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi (NBT-KT), Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi (NBT-FA), Nanobilim ve Nanoteknoloji Kelime İlişkilendirme Testi (NBT-KİT), ve Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu (ETNBTE-DF)'dur.

#### 3.4.1. Nanobilim ve nanoteknoloji kavram testi

“Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavram Testi” (NBT-KT) öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili kavramsal anlamalarını ortaya çıkarmak amacıyla araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. NBT-KT'nin geliştirilme sürecinde ilk olarak literatürde bulunan ve benzer amaçlara yönelik geliştirilen kavram testlerinin kullanıldığı çalışmalar (Cobb ve Macoubrie, 2004; Ekli ve Şahin, 2010; Farshchi vd., 2011; Gardner vd., 2010; Retzbach vd., 2011; Sahin ve Ekli, 2013; Senocak, 2014; Sheetz vd., 2005; Waldron vd., 2006) ve farklı konulara yönelik kavram testlerinin kullanıldığı çalışmalar (Anıl ve Küçüközer, 2010; Demirel ve Aslan, 2014; İpek Akbulut vd., 2013, 2014; Kural ve Kocakülâh, 2014; Semenderoğlu ve Aydın, 2014; Şahin ve Hacıoğlu, 2010; Taştan Kırık ve Kaya, 2014) incelenmiştir. Bu süreç sonucunda testte yer alacak maddelerin seçiminde üç temel kriter göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar; uygulanacak eğitim programının içeriği, bu içerikte yer alan hedef kavramlar ve öğretmen adaylarının düzeyleridir. Sonuç olarak eğitim programının içeriğini oluşturan beş boyuta yönelik toplam 19 sorudan oluşan NBT-KT geliştirilmiştir.

Geliştirilen testin pilot uygulaması çalışma grubu ile benzer özellikler taşıyan ve 4.sınıfta öğrenim görmekte olan 65 fen bilimleri öğretmen adayı ile gerçekleştirilerek, öğretmen adaylarının test maddelerinin anlaşılabilirliği ve cevaplanma süresi konusunda düşüncelerine başvurulmuştur. Pilot uygulama sonucunda öğretmen adaylarının cevaplamakta ya da anlamakta zorlandıkları sorularda düzenlemeler yapılarak üç açık uçlu soru maddesi testin kapsamından

çıkarılmış, aynı amaca hizmet eden iki açık uçlu soru maddesi birleştirilerek tek soruya dönüştürülmüş ve bazı soruların yerleri değiştirilmiştir. Son hali verilen NBT-KT, toplam 15 sorudan oluşmaktadır. Testin son hali araştırmacılar dışında bir fen eğitimi uzmanı tarafından da incelenerek içeriksel ve anlamsal olarak uygunluğu kontrol edilmiştir. NBT-KT'nin içerdiği boyutlar ve bu boyutlarda yer alan soru sayısı Tablo-5'de gösterilmiştir.

**Tablo-5: NBT-KT'nin içerdiği boyutlar ve boyutlara göre soru sayısı**

Boyutlar	Soru sayısı
Nanoboyut ve ölçeklendirme	5
Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları	2
Nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları	3
Nanoboyutta kullanılan araçlar ve teknikler	3
Fen-teknoloji ve toplum ilişkisi	2
Toplam	15

NBT-KT'nde yer alan sorular farklı türde olduğu için analizlerinde de farklı teknikler benimsenmiştir. Testin 1., 2., 3., 7., 8., 9. ve 14. sorularının ilk bölümlerinde öğretmen adaylarının vermiş oldukları cevapların yüzde ve frekans değerlerine göre değerlendirme yapılmıştır.

Açık uçlu soruların analizinde önceden belirlenmiş kategorilere göre kodlama yapmak uygun bulunmamaktadır (Driver ve Easley, 1978; Aktaran: A. Kocakulah, 2006). Bu nedenle veri toplama süreci öncesinde herhangi bir kodlama ve kategorileştirme işlemi yapılmamış, çalışmada kullanılan tüm kod ve kategoriler veri toplama süreci sonunda, öğretmen adaylarının vermiş olduğu cevaplar doğrultusunda elde edilen verilere göre oluşturulmuştur. Bu doğrultuda bazı sorularda (1., 2., 7., 8. ve 9., soruların 2. bölümleri; 5., 6., 10., 11. ve 15. soru, 14. sorunun 3. ve 4. bölümü) veriler ortak özelliklerine göre kategorilerde toplanarak değerlendirilmiştir. Kalan sorularda ise (1., 2., 7., 8. ve 9., sorunun 3. bölümü, ve 3. sorunun 2. Bölümü, 4., 12. ve 13. soru) öğretmen adaylarının yapmış olduğu açıklamalar bilimsel kabul edilip edilemeyeceğine göre kategorileştirilerek analiz edilmiştir. Bu sorular için kullanılan kategorilerin oluşturulmasında benzer çalışmalardan (Anıl ve Küçüközer, 2010; Driver ve Erickson, 1983; Kırtak Ad ve Kocakulah, 2013; Kocakulah vd., 2005; M. S. Kocakulah ve Kenar Açıl, 2011; M. S. Kocakulah ve Kural, 2012; Kural

ve Kocakülâh, 2014; Şahin ve Hacıoğlu, 2010) yararlanılarak, bu çalışmalarda kullanılan aşamalar takip edilmiştir. Bu süreç genel olarak iki temel adımdan oluşmaktadır.

İlk olarak kavram testinde yer alan her açık uçlu soru maddesi için, fen eğitimi ve nanobilim ve nanoteknoloji alanında çalışan uzmanların görüşleri ışığında sorunun tam doğru yanıtı belirlenmekte, yani önceden belirlenen analiz yöntemi (nomothetic approach) kullanılmaktadır. Ardından belirlenen bu tam doğru yanıtı göre, katılımcıların soru maddesine vermiş oldukları yanıtlar incelenerek, “Bilimsel olarak kabul edilebilir” ve “Bilimsel olarak kabul edilemez” şeklinde iki ana kategoride toplanmaktadır. “Bilimsel olarak kabul edilebilir” kategorisi; tam olarak doğru kabul edilen yanıtları içeren “Tam doğru yanıt” alt kategorisi ve doğru olan, ancak tam doğru yanıtı göre eksik açıklama yapılan yanıtları içeren “Kısmen doğru yanıt” alt kategorisinden oluşmaktadır. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların dışında kalan ve kodlanabilir olan diğer yanıtlar “Bilimsel olarak kabul edilemez” kategorisinde toplanmaktadır.

İkinci aşamada ise “Bilimsel olarak kabul edilemez” kategorisinde yer alan yanıtlar, önceden belirlenmeyen analiz yöntemi (idiographic approach) kullanılarak, katılımcıların vermiş olduğu yanıtlar okunduktan sonra, yanıtın içeriğine göre, benzer düşünce sistemi ve kavram yanılgılarının gruplandırıldığı alt kategorilere ayrılır. Bu işlemin de tamamlanmasının ardından soru maddesine yanıt vermiş ancak verdiği yanıtta ne yazdığı açık olarak anlaşılmayan ya da soru maddesi ile ilgili olmayan açıklamalar içeren yanıtlar “Kodlanamaz yanıtlar” kategorisinde ve herhangi bir yanıt vermeyen öğrencilerin yanıtları “Yanıtsız” kategorisinde toplanmaktadır.

Genel analiz sürecinden farklı olarak bu çalışmada ikinci aşamada; nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının literatürde bulunan ve benzer analiz yöntemini benimseyen çalışmalardan oldukça yeni ve farklı bir konu olması, bu nedenle yanıtların da birbirinden oldukça farklı yanlışlar ve yanılgılar içermesi ya da bir yanıtın birden fazla yanlış yönünün bulunması sebebiyle bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar kendi içinde alt kategorilere ayrılmamıştır. Süreç sonunda elde edilen kategorileştirme sistemi ve her kategori için bir örnek yanıt Tablo-6’da verilmiştir.

**Tablo-6: Analizlerde kullanılan örnek kategorileştirme sistemi****Yanıt türü****A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar**

1. Tam doğru yanıt

*Nanobilimin uygulama sahasına nanoteknoloji denir. 100 nm den daha küçük maddeleri kullanarak malzemeler geliştiren teknolojiye denir (ÖA-19).*

2. Kısmen doğru yanıt

*Nanoboyuttaki maddeleri günlük yaşama sunmak amacıyla teknoloji ile birleştiren bir bilim dalı (ÖA-13).***B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar***Küçük atom parçalarını günümüz hayatındaki teknolojik çalışmalarda kullanarak hayatımızı kolaylaştıran teknolojik çalışmadır (ÖA-24).***C. Kodlamaz yanıtlar***Nanometre mesafenin kullanılması ve birçok alanda kullanılan... (ÖA-4).***D. Yanıtsız**

Bu işlemin ardından NBT-KT'nin içerdiği açık uçlu sorular için araştırmacılar arası tutarlılık tekniğinden yararlanılarak güvenilirlik hesaplanmıştır. Buna göre öğretmen adaylarının açık uçlu sorulara vermiş oldukları cevaplar, birbirinden bağımsız olarak çalışan, fen eğitimi alanında uzman iki araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir. Daha sonra araştırmacıların aynı öğretmen adaylarının aynı sorusuna yönelik değerlendirmeleri; Tablo-6'da verilen kategorileştirme sisteminin kullanıldığı sorular için, Cohen'in Kappa katsayısı kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Cohen'in Kappa katsayısı kategorik maddelerin değerlendirilmesinde iki araştırmacı arasındaki uyumu ölçmek amacıyla kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem araştırmacılar arasındaki uyumun şans eseri olabileceğini de dikkate alması yönüyle, iki gözlemci arasındaki uyumun yüzde orantı olarak ifadesinden daha güçlü bir sonuç olarak değerlendirilmektedir (Cohen, 1960). Yapılan karşılaştırma sonucunda bu sorular için .673 ve .955 arasında değişen  $\kappa$  değerleri elde edilmiştir. Elde edilen  $\kappa$  değerlerinin yorumlaması Tablo-7'de verilmiştir (Landis ve Koch, 1977).

**Tablo-7: Elde edilen  $\kappa$  değerlerinin yorumlaması**

$\kappa$ değer aralığı	Uyumun derecesi
< 0	Şansa bağlı olabilecek uyumdan daha kötü uyum olması
0.00 — 0.20	Önemsiz düzeyde uyum olması
0.21 — 0.40	Zayıf düzeyde uyum olması
0.41 — 0.60	Orta düzeyde uyum olması
0.61 — 0.80	İyi düzeyde uyum olması
0.81 — 1.00	Çok iyi düzeyde uyum olması

Tablo-7'ye göre elde edilen  $\kappa$  değerlerinin genel olarak iyi ve çok iyi düzeyde uyuma işaret ettiği görülmektedir. Bu nedenle bu kategorileştirme sisteminin kullanıldığı sorular için ölçme aracının güvenilirliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Araştırmacılar arası tutarlılık, verilerin ortak özelliklerine göre kategorileştirildiği diğer sorularda Miles ve Huberman'ın güvenilirlik formülü (Güvenirlik=Görüş Birliği/Görüş Birliği+Görüş Ayrılığı) kullanılarak karşılaştırılmış ve .80 ve .90 arasında değişen değerler elde edilmiştir. Formüle göre elde edilen değer .70'den büyük olması durumunda araştırma için güvenilir kabul edilmektedir (Miles ve Huberman, 1994). Bu nedenle verilerin ortak özelliklerine göre kategorileştirildiği sorular için ölçme aracının güvenilirliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Ayrıca yapılan araştırmanın geçerliliğini arttırmak üzere, yapılan işlemlerin ve gerçekleşen sürecin detaylı olarak açıklanması, kategorilerin nasıl oluşturulduğuna ışık tutması için doğrudan katılımcı ifadelerine yer verilmesi ve verilerin bu ifadeler doğrultusunda açıklanması yoluna gidilmiştir.

### 3.4.2. Nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık anketi

Çalışmaya katılan fen bilimleri öğretmen adaylarının temel nanobilim ve nanoteknoloji alanlarına yönelik farkındalıkları "Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi" (NBT-FA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sagun-Gököz (2012) tarafından geliştirilerek geçerlik güvenilirlik analizleri yapılan anket, 1 (kesinlikle katılmıyorum), 2 (katılmıyorum), 3 (kararsızım), 4 (katılıyorum), 5 (kesinlikle katılıyorum) olmak üzere beşli derecelendirme ölçeğinde hazırlanmış toplam 20 maddeden oluşmaktadır.

Çalışmaya katılan öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerini belirlemek için NBT-FA kullanılarak elde edilen veriler SPSS



programı aracılığıyla betimsel ve çıkarımsal istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Betimsel analizler madde ortalama puanlarına göre çıkarımsal analizler ise öğretmen adaylarının anketten almış oldukları toplam puanlara göre yapılmıştır.

Maddelerin aritmetik ortalamaları yorumlanırken aralık katsayısından yararlanılmıştır. Aralık katsayısı değeri, ölçme sonuçları dizisindeki en büyük değer ile en küçük değer arasındaki farkın belirlenen grup sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir (Kan, 2009). Kullanılan ölçme aracı 5’li derecelendirme türünde olduğu için grup sayısı 5 olarak belirlemiştir. Bu çalışma için aralık katsayısı;  $a = \frac{(5-1)}{5} = 0.80$  olarak hesaplanmıştır. Bu aralık katsayısına dayalı olarak yapılan gruplandırmaya göre; 1.00-1.80 arasındaki ortalama değerlerin “Kesinlikle Katılmıyorum”, 1.81-2.60 arasında bulunan ortalama değerlerin “Katılmıyorum”, 2.61-3.40 arasında bulunan ortalama değerlerin “Kararsızım”, 3.41-4.20 arasında bulunan ortalama değerlerin “Katılıyorum” ve 4.21-5.00 arasında bulunan ortalama değerlerin “Kesinlikle Katılıyorum” derecesinde değer taşıdığı kabul edilmiştir.

Verilerin çıkarımsal istatistiksel işlemlerle analiz edilmesinden önce, puanların normal dağılım varsayımını sağlamayıp sağlamadığı kontrol edilmiş, elde edilen sonuca göre parametrik ya da parametrik olmayan istatistiklerin kullanımına karar verilmiştir. Bu amaçla yapılan normallik testinin sonuçları Tablo-8’de verilmiştir.

**Tablo-8: ETNBTE öncesi ve sonrası öğretmen adaylarının NBT-FA puanlarına ait normallik testi sonuçları**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik değeri	df	p	İstatistik değeri	df	p
<b>Ön test</b>	,145	32	,085	,920	32	,021
<b>Son test</b>	,156	32	,046	,873	32	,001

Puanların normal dağılım gösterip göstermediği belirlenirken, grup büyüklüğününün 50’den fazla olması durumunda Kolmogorov-Smirnov, 50’den az durumunda ise Shapiro-Wilk testi kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2012). Bu çalışmada da grup büyüklüğü 50’den küçük olduğu için Shapiro-Wilk testinden yararlanılmıştır. Tablo-8’de görülen test sonuçlarına göre puanların normal dağılım varsayımını sağlamaması ( $p < .05$ ) nedeniyle, öğretmen adaylarının farkındalık

testinden aldıkları ön test ve son test puanları arasında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek için elde edilen veriler parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed-Rank Test kullanılarak analiz edilmiş ve analiz sonucu .05 anlamlılık seviyesine göre yorumlanmıştır.

Anketin lise öğrencileri üzerinde güvenilirlik çalışması Sagun-Gököz (2012) tarafından yapılarak Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı  $\alpha=0.89$  olarak bulunurken, fen bilimleri öğretmen adayları üzerinde güvenilirlik çalışması Aslan vd. (2014) tarafından yapılarak Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı  $\alpha=0.93$  olarak tespit edilmiştir.

### **3.4.3. Nanobilim ve nanoteknoloji kelime ilişkilendirme testi**

Çalışmaya katılan fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik bilişsel yapıları ve bu yapıda yer alan kavramları, bu kavramların birbirleriyle ilişkilerini ve uzun dönemli hafızadaki bilgi ağını incelemek ve değerlendirmek için (Bahar ve Özatlı, 2003; Hovardas ve Korfiatis, 2006) “Nanobilim ve Nanoteknoloji Kelime İlişkilendirme Testi” (NBT-KİT) kullanılmıştır. KİT’nde anahtar kavram olarak nanobilim ve nanoteknoloji kavramları kullanılmıştır. Bu teknikte katılımcılardan verilen süre içinde (genellikle 30 saniye) anahtar kavram ile yakın ilgisinin olduğunu düşündüğü, aklına gelen diğer kavramları cevap olarak yazması beklenmiştir. Her sayfa için tek bir anahtar kavram seçilmiş ve bu anahtar kavram cevap formunda yukarıdan aşağıya doğru olmak üzere alt alta 10 kez tekrarlanmıştır (Bahar vd., 1999; Bahar ve Özatlı, 2003). Anahtar kavramın alt alta yazılarak tekrarlanmasının nedeni bireyin her cevaptan sonra anahtar kavrama tekrar dönmesini sağlamaktır. Aksi takdirde zincirleme etkisinin oluşabileceği ve bireyin ilişkilendirmeye anahtar kelime yerine, cevap olarak yazdığı kelimeye odaklanarak devam edebileceği ve bu durumun testin amacını zedeleyebileceği düşünülmektedir (Bahar vd., 1999). Testin amaçladığı özellik dışında bir özelliği ölçmesi geçerliliğini ve dolayısıyla güvenilirliğini tehdit etmektedir (Büyüköztürk vd., 2013). Bu durumu engellemek ve böylece daha geçerli ve güvenilir veriler elde etmek üzere, katılımcıların her defasında aynı kelimeye dönmesini sağlamak bir önlem olarak düşünülebilir.

Hazırlanan KİT'nin pilot uygulaması çalışma grubu ile benzer özellikler taşıyan ve 4.sınıfta öğrenim görmekte olan 65 fen bilimleri öğretmen adayı ile gerçekleştirilerek, öğretmen adaylarının testin anlaşılabilirliği ve cevaplanma süresi konusunda düşüncelerine başvurulmuştur. Pilot uygulama sonucunda testin anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliği yönünden herhangi bir sorunla karşılaşılmamış ve öğretmen adaylarına her bir kavram için 30 saniye süre verilmesinin yeterli olduğu görülmüştür.

KİT'nden elde edilen verilerin analizinde ilk olarak öğretmen adaylarının “Nanobilim” ve “Nanoteknoloji” anahtar kavramları için vermiş oldukları cevap kelimeler ve cevap kelimelerin her iki anahtar kavram için kaç kez tekrar ettiği belirlenmiştir. Daha sonra anahtar kelimeler için verilen cevap kelimeler ve cevap kelimelerin tekrar edilme sayılarını gösteren frekans tablosu hazırlanmıştır. Hazırlanan frekans tablosu temel alınarak çeşitli frekanslar için kavram ağları oluşturulmuştur. Kavram ağlarının oluşturulmasında Bahar vd. (1999) tarafından belirlenen “Kesme Noktası-KN” tekniği kullanılmıştır. KN tekniğine göre, KİT'nde yer alan herhangi bir anahtar kavram için, katılımcılar tarafından verilen cevap kelimelerden, en yüksek frekansa sahip olan kelimenin frekansının 3-5 sayı aşağısı KN olarak belirlenir. Daha sonra bu KN belirli aralıklarla aşağı çekilir. Tüm anahtar kavramlar kavram ağında çıkana kadar bu işleme devam edilir.

Veri toplama aracı olarak KİT'nin kullanıldığı çalışmalarda, genel olarak anahtar kavram için katılımcılar tarafından üretilen cevap kelimelerden belirli bir değerden daha düşük frekansa sahip olanlar analize dahil edilmemiştir (Aydin, 2016; Bilgin vd., 2013; Ercan vd., 2010; Işıklı vd., 2011; Öner Armağan, 2015). Ancak bu çalışmada genel literatürden farklı olarak hem anahtar kavram sayısının az olması hem de katılımcı sayısının az olması nedeniyle, katılımcılar tarafından üretilen tüm cevap kelimeler analize dahil edilmiştir. Bu işlemler hem ön testten ve hem de son testten elde edilen verilerin analizi için ayrı ayrı uygulanarak kavram ağları oluşturulmuştur. Çalışmanın güvenilirliği ile ilgili olarak oluşturulan frekans tablosunda yer alan tüm verilerin, çizilen kavram ağında temsil edilip edilmediği üzerine bir fen eğitimi uzmanının görüşlerine başvurulmuştur. Elde edilen verilerin güvenilirliği, Miles ve Huberman'ın güvenilirlik formülü ( $\text{Güvenirlik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$ ) kullanılarak .90 olarak hesaplanmıştır (Miles ve

Huberman, 1994). Ayrıca araştırmanın geçerliliğini arttırmak üzere, yapılan işlemlerin ve gerçekleşen sürecin detaylı olarak açıklanması yoluna başvurulmuştur.

#### **3.4.4. Etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi değerlendirme formu**

“Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi Değerlendirme Formu” (ETNBTE-DF) öğretmen adaylarının gerçekleştirilen eğitime yönelik düşüncelerini belirlemek amacıyla, araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. ETNBTE-DF toplam 6 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Bu sorularla öğretmen adaylarının ETNBTE boyunca en çok ve en az ilgilerini çeken konuları, en iyi öğrendikleri ve iyi öğrenemedikleri konuları, bu konuların üniversite öğretim programlarına eklenmesine yönelik görüşlerini ve son olarak gerçekleştirilen eğitimin etkililiğine yönelik görüşlerini belirlemek amaçlanmıştır.

ETNBTE-DF aracılığıyla elde edilen veriler frekans ve yüzde değerleri oluşturularak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Uygun sorularda öğretmen adaylarının doğrudan ifadelerine yer verilerek, sürecin paylaşılmasına ve analizin anlaşılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Geliştirilen formun pilot uygulaması çalışma grubu ile benzer özellikler taşıyan ve 4.sınıfta öğrenim görmekte olan 65 fen bilimleri öğretmen adayı ile gerçekleştirilerek, öğretmen adaylarının soruların anlaşılabilirliği ve cevaplanma süresi konusunda düşüncelerine başvurulmuştur. Pilot uygulama sonucunda formun anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliği yönünden herhangi bir sorunla karşılaşılmamış ve öğretmen adaylarına verilen sürenin yeterli olduğu görülmüştür. Formun son hali araştırmacılar dışında bir fen eğitimi uzmanı tarafından da incelenerek içeriksel ve anlamsal olarak uygunluğu kontrol edilmiştir.

## BÖLÜM IV

### 4. BULGULAR

Bu bölümde ETNBTE'nin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik kavramsal anlayışlarına ve farkındalıklarına etkisini belirlemek için NBT-KT, NBT-FA, NBT-KİT ve ETNBTE-DF aracılığıyla elde edilen veriler ve bu verilerin analiz edilmesi sonucunda ulaşılan bulgular sunulmuştur.

#### 4.1. NBT-KT'nden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde ETNBTE' nin öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik kavramsal anlayışlarına etkisini belirlemek için NBT-KT aracılığıyla elde edilen veriler ve bu verilerin analiz edilmesi sonucunda ulaşılan bulgular sunulmuştur.

##### 4.1.1. NBT-KT'nin 1. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT'nin 1.sorusu üç bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 1. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-9'da sunulmuştur.

**Tablo-9: “Nanobilim terimini daha önce duyduunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	24	75	31	97
Hayır	8	25	1	3
Cevapsız	0	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-9'a göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının %75'i (f=24) nanobilim terimine yönelik bir duyuma sahipken, ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %97'si (f=31) bu terime yönelik duyuma sahip olmuşlardır. Bu sorunun ikinci bölümünde daha önceden bir duyuma sahip olduğunu belirten öğretmen adaylarına bu duyularının zamanı ve kaynağı sorulmuştur ve alınan cevaplar kategorileştirilerek Tablo-10'da verilmiştir.

**Tablo-10: Öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik duyularının zamanı ve kaynağı**

Zaman	Ön test			Son test		
	f	%	Kaynak	f	%	Kaynak
1-3 yıl önce	16	67	İnformal	20	67	İnformal
4-6 yıl önce	7	33	Formal	10	33	Formal
<b>Toplam</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>Toplam</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>Toplam</b>

Tablo-10 incelendiğinde ETNBTE öncesinde ve sonrasında öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik duyularının zamanı 1-3 yıl önce (1 yıl önce, 2 yıl önce, üniversitede vb.) ve 4-6 yıl önce (5 yıl önce, ortaokulda, lisede vb.) olmak üzere, duyuların kaynağı informal (seminer, bilim merkezi, televizyon, reklam afişi vb.) ve formal (okul, ders, öğretmen, kitap vb.) olmak üzere iki kategoride toplanmıştır. Bu kategoriler incelendiğinde ETNBTE öncesinde (%67) ve sonrasında (%84) öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik duyularının yüksek oranda 1-3 yıl önce gerçekleştiği görülmektedir. Bu duyularının kaynağına bakıldığında ETNBTE öncesinde daha çok informal öğrenme kaynaklarına (%67), ETNBTE sonrasında daha çok formal öğrenme kaynaklarına (%70) işaret edildiği görülmektedir. Bu sorunun son bölümünde öğretmen adaylarından bu terimi açıklamaları istenmiştir ve öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-11’de gösterilmiştir.

**Tablo-11: Öğretmen adaylarının nanobilim terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test		Son test	
	(f)	%	(f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>47</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	1	3
2. Kısmen doğru yanıt	3	9	14	44
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>28</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>21</b>	<b>66</b>	<b>7</b>	<b>22</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-11’de görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde nanobilim terimine yönelik öğretmen adaylarının %9’u (f=3) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %47’ye (f=15) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Nano kelimesi yunanca cüce anlamına geliyor. Nanobilim ise bir şeyin nanometrik boyutta incelenmesiyle olur (ÖA-1).*

*Maddeyi ve enerjiyi nanoboyutta incelemedir (ÖA-5).*

*$10^{-9}$  nm dir. Yani maddenin milyarda birini inceleyen bilim (ÖA-26).*

ETNBTE öncesinde nanobilim terimine yönelik öğretmen adaylarının %22'si (f=7) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %28'e (f=9) yükselmiştir. Bu duruma paralel olarak ön testte öğretmen adaylarının %66'sı (f=21) soruyu yanıtsız bırakırken, son testte %22'sinin (f=7) yanıtsız bıraktığı görülmektedir. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Nanobilim gözle görülemeyecek kadar küçük taneciklerin en ileri teknolojilerle en işlevsel şekilde kullanılması (ÖA-2)*

*Nanobilim boyutu küçük cisimlerle ilgilenen bilim (ÖA-17).*

*Bilimin ileri seviyedeki halidir. Küçük atom parçalarıyla yürütülen bir çalışmadır (ÖA-24).*

ETNBTE öncesinde ve sonrasında nanobilim terimine yönelik öğretmen adaylarının %3'ü (f=1) kodlanamaz bir yanıt vermiştir. Kodlanamaz yanıtlar kategorisinde yer alan ifadeler şöyledir:

*Nanoteknolojinin... (ÖA-4).*

*Nanobilim... (ÖA-3).*

#### 4.1.2. NBT-KT'nin 2. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT'nin 2. sorusu üç bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 2. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-12'de sunulmuştur.

**Tablo-12: "Nanoteknoloji terimini daha önce duydunuz mu?" sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	30	94	32	100
Hayır	2	6	0	0
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-12'ye göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının %94'ü (f=30) nanoteknoloji terimine yönelik bir duyuma sahipken, ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının tamamı (f=32) bu terime yönelik duyuma sahip olmuşlardır. Bu sorunun ikinci bölümünde daha önceden bir duyuma sahip olduğunu belirten öğretmen adaylarına bu duyularının zamanı ve kaynağı sorulmuştur ve alınan cevaplar kategorileştirilerek Tablo-13'de verilmiştir.

**Tablo-13: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik duyularının zamanı ve kaynağı**

Ön test						Son test					
Zaman	f	%	Kaynak	f	%	Zaman	f	%	Kaynak	f	%
1-3 yıl önce	16	64	İnformal	23	79	1-3 yıl önce	22	73	İnformal	17	47
4-6 yıl önce	9	36	Formal	6	21	4-6 yıl önce	8	27	Formal	19	53
<b>Toplam</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>Toplam</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>Toplam</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>Toplam</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablo-13 incelendiğinde ETNBTE öncesinde ve sonrasında öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik duyularının zamanı 1-3 yıl önce ve 4-6 yıl önce olmak üzere, duyuların kaynağı informal ve formal olmak üzere iki kategoride toplanmıştır. Bu kategoriler incelendiğinde ETNBTE öncesinde (%64) ve sonrasında (%73) öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik duyularının büyük oranda 1-3 yıl önce gerçekleştiği görülmektedir. Bu duyuların kaynağına bakıldığında ETNBTE öncesinde daha çok informal öğrenme kaynaklarına işaret edilirken (%79), ETNBTE sonrasında daha çok formal öğrenme kaynaklarına (%53) işaret edildiği görülmektedir. Bu sorunun son bölümünde öğretmen adaylarından bu terimi açıklamaları istenmiştir ve öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-14'de gösterilmiştir.

**Tablo-14: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>37</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	2	6
2. Kısmen doğru yanıt	3	9	10	31
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>47</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>21</b>	<b>66</b>	<b>5</b>	<b>16</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>



Tablo-14'te görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde nanoteknoloji terimine yönelik öğretmen adaylarının %9'u (f=3) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %37'e (f=12) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Nanobilimin uygulama sahasına nanoteknoloji denir. 100 nm den daha küçük maddeleri kullanarak malzemeler geliştiren teknolojiye denir (ÖA-19).*

*Nanoboyuttaki maddeleri günlük yaşama sunmak amacıyla teknoloji ile birleştiren bir bilim dalı (ÖA-13).*

*Nanoboyuttaki maddelerle ilgili uygulamalar yapan bilimdir (ÖA-10).*

ETNBTE öncesinde nanoteknoloji terimine yönelik öğretmen adaylarının %22'si (f=7) bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alırken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %47'ye (f=15) yükselmiştir. Bu duruma paralel olarak ön testte öğretmen adaylarının %66'sı (f=21) soruyu yanıtızsız bırakırken, son testte %16'sının (f=5) yanıtızsız bıraktığı görülmektedir. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Küçük atom parçalarını günümüz hayatındaki teknolojik çalışmalarda kullanarak hayatımızı kolaylaştıran teknolojik çalışmadır (ÖA-24).*

*Makro boyuttaki teknolojinin küçültülerek hayat kalitesini artırmak (ÖA-11).*

*Nanoboyutlarda teknolojik aletler, cihazlar üretmek (ÖA-27).*

ETNBTE öncesinde nanoteknoloji terimine yönelik öğretmen adaylarının %3'ü (f=1) kodlanamaz bir yanıt verirken, uygulanan eğitim sonrasında bu kategoride yer alan bir ifade olmamıştır. Kodlanamaz kategorisinde yer alan ifade şöyledir:

*Nanometre mesafenin kullanılması ve birçok alanda kullanılan... (ÖA-4).*

#### **4.1.3. NBT-KT'nin 3. sorusundan elde edilen bulgular**

NBT-KT'nin 3. sorusu iki bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 3. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-15'de sunulmuştur.

**Tablo-15: “Nanobilim ve nanoteknoloji arasında fark var mıdır?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	24	75	26	81
Hayır	6	19	6	19
Yanıtsız	2	6	0	0
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-15’e göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının %75’i (f=24) nanobilim ve nanoteknoloji kavramları arasında bir fark olduğunu belirtirken, %19’u (f=6) bu kavramlar arasında bir fark olmadığını belirtmiştir. Uygulanan eğitim sonrasında öğretmen adaylarının %81’i (f=26) nanobilim ve nanoteknoloji kavramları arasında bir fark olduğunu belirtirken, %19’u (f=6) bu kavramlar arasında bir fark olmadığını belirtmiştir.

Sorunun ikinci bölümünde öğretmen adaylarından bu düşüncelerinin nedenini açıklamaları istendiğinde, verdikleri cevaplar kategorileştirilerek Tablo-16’da verilmiştir.

**Tablo-16: Öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji terimlerinin farklılığına yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test	%	Son test	%
	(f)		(f)	
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>12</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>72</b>
1. Tam doğru yanıt	2	6	9	28
2. Kısmen doğru yanıt	10	31	14	44
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>16</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>22</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-16’da görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde nanobilim ve nanoteknoloji terimlerinin farklılığına yönelik öğretmen adaylarının %37’si (f=12) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %72’ye (f=23) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Nanobilim nanoboyuttaki maddeleri incelerken nanoteknoloji bu maddelerle ilgili uygulama yapar. Bunu teknolojiyle birleştirir (ÖA-10).*

*Bilim ve teknoloji farklı kavramlardır. Aynı konu ilgi alanları olsa da nanobilim nano ile ilgili herşeyi araştıran bilim, nanoteknoloji nanobilimdeki bilgilerle ürün ortaya koymadır (ÖA-17).*

*Nanobilim, boyut göz önüne alınarak inceleme yapar. Nanoteknoloji, nanobilim alanında yapılan çalışmaların teknolojinin içine uyarlanmasıdır (ÖA-18).*

ETNBTE öncesinde nanobilim ve nanoteknoloji teriminlerinin farklılığına yönelik öğretmen adaylarının %13'ü (f=4) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %3'e (f=1) düşmüştür. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Nanoteknoloji ile özelleşmiş grupların girdiği bölüme nanobilim denir (ÖA-4).*

*İki kavramında birbiriyle ilişkili olduğunu tahmin ediyorum. Bilgi olmadan teknoloji olmayacağı görüşündeyim (ÖA-12).*

*Nanobilim küçük canlıları inceleyen bilim dalı, nanoteknoloji ise bu küçük canlılar yardımıyla yapılan teknolojidir (ÖA-28).*

ETNBTE öncesinde kodlanamaz yanıt kategorisinde yer alan bir ifade olmazken, uygulanan eğitim sonrasında yapılan açıklamalardan %3'ü (f=1) bu kategoride yer almıştır.

*Birisi nanoteknoloji yani... (ÖA-3).*

#### 4.1.4. NBT-KT'nin 4. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 4. sorusuna verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-17'de sunulmuştur.

**Tablo-17: Öğretmen adaylarının "Nanoboyutu nasıl tanımlarsınız?" sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>56</b>
1. Tam doğru yanıt	7	22	13	41
2. Kısmen doğru yanıt	2	6	5	15
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>18</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>41</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-17'ye göre ETNBTE öncesinde nanoboyutu tanımlamaya yönelik öğretmen adaylarının %28'i (f=9) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %56'ya (f=18) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Milyarda bir. Nanometre örneğin, metrenin milyarda biri (ÖA-9).*

*Nano: maddenin milyarda biri ( $10^{-9}$ ) olarak tanımlanabilir (ÖA-18)*

*Yunanca küce kelimesinden gelir. Metrenin milyarda birini ifade eder (ÖA-19).*

ETNBTE öncesinde nanoboyutu tanımlamaya yönelik öğretmen adaylarının %56'sı (f=18) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %41'e (f=13) düşmüştür. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Gözle görülemeyecek kadar küçük olan boyut olarak tanımlarım (ÖA-2).*

*Metrenin milyonda biri (ÖA-26).*

*Milimetrenin 1000 de 1 i kadar bir boyut (ÖA-4).*

Ayrıca ETNBTE öncesinde nanoboyutu tanımlamaya yönelik öğretmen adaylarının %3'ü (f=1) kodlanamaz bir yanıt verirken, uygulanan eğitim sonrasında bu kategoride yer alan açıklama olmamıştır. Bu kategoride yer alan ifade şöyledir:

*Gözle görülemeyecek kadar... (ÖA-21).*

#### 4.1.5. NBT-KT'nin 5. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 5. sorusuna verdikleri cevaplar kategorik bir şekilde analiz edilerek Tablo-18'de verilmiştir.

**Tablo-18: Öğretmen adaylarının nanoboyut için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı**

Örnek	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Uygun örnek	2	25	18	50
Uygun olmayan örnek	6	75	18	50
<b>Toplam</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablo-18'de görüldüğü gibi öğretmen adaylarının nanoboyut için verdikleri örnekler uygun örnek ve uygun olmayan örnek olmak üzere iki kategoride toplanmıştır. Bu kategorilerin oluşturulmasında 1-100 nm arasında boyuta sahip olan

örnekler uygun örnek olarak kabul edilirken, 1 nm den küçük ya da 100 nm den büyük boyuta sahip olan örnekler uygun olmayan örnek olarak kabul edilmiştir. Verilen örneklerin boyutlarının belirlenmesinde literatürden yararlanılmıştır (Sanal, t.y.-j). Bu durumda ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının verdiği 8 örneğin %25'i (f=2) uygun örnek kategorisinde yer alırken, uygulanan eğitim sonrasında verilen 36 örneğin %50'si (f=18) uygun örnek kategorisinde yer almıştır. Tablo-18'e göre öğretmen adaylarının nanoboyut için verdikleri uygun örneklerden bazıları; nanometre,  $10^{-9}$  m,  $10^{-8}$  m, dna, virüs, karbon nanotüp, nano saniye, en küçük Türk bayrağı, uygun olmayan örneklerden bazıları; Saç telinin kalınlığının milyonda biri, bakteri, moleküller,  $1m=10^{-9}$  nm, proton, atom yarıçapı, atom çapı, su molekülü, kan hücreleri, mikrorobot, mikroorganizmalar olarak belirlenmiştir.

#### 4.1.6. NBT-KT'nin 6. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 6. sorusuna yönelik yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-19'da gösterilmiştir.

**Tablo-19: Öğretmen adaylarının “Nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>66</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	7	22
2. Kısmen doğru yanıt	6	19	14	44
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>22</b>	<b>69</b>	<b>7</b>	<b>22</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-19'da görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde “Nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna yönelik öğretmen adaylarının %19'u (f=6) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %66'ya (f=21) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*1-100 nm boyuta sahip maddeler söz konusudur. Çeşitli mikroskoplarla yapılabilir (atomik kuvvet mikroskobu gibi) (ÖA-19).*

*AKM, SEM ve diğer nanoboyut elektron mikroskoplarıyla da gözlenebilir (ÖA-27).*

*Atomik kuvvet mikroskopları ile gözlem yapılabilir (ÖA-8).*

ETNBTE öncesinde ve sonrasında “Nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna yönelik öğretmen adaylarının %9’u (f=3) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Işık mikroskobu ile gözlemleyebiliriz (ÖA-12).*

*Yapılamaz, gözün görüşünden küçük bir boyuttur (ÖA-11).*

*Çok ince hassas ölçümler geçirilir. Çünkü çok küçük boyut olduğundan incelemede o kadar çok önemsenmeye başlıyor (ÖA-14).*

ETNBTE öncesinde ve sonrasında “Nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna yönelik öğretmen adaylarının %3’ü (f=1) kodlanamaz bir yanıt vermiştir. Kodlanamaz yanıtlar kategorisinde yer alan ifade şöyledir:

*Görülebilir ışık 400nm-700nm arasında değişir (ÖA-21).*

#### 4.1.7. NBT-KT’nin 7. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT’nin 7. sorusu üç bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 7. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-20’de sunulmuştur.

**Tablo-20: “Self-assembly terimini daha önce duydunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	0	0	27	84
Hayır	32	100	5	16
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-20’ye göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının tamamı self-assembly terimine yönelik herhangi bir duyuma sahip olmadığını, ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %84’ü (f=27) bu terime yönelik bir duyuma sahip olduğunu belirtmiştir. Bu sorunun ikinci bölümünde daha önceden bir duyuma sahip olduğunu belirten öğretmen adaylarına bu duyularının zamanı ve kaynağı sorulmuştur. Bu soruya karşılık öğretmen adayları zaman olarak içinde buldukları

ders dönemini, kaynak olarak Fizikte Özel Konular dersinde gerçekleştirilen ETNBTE’ni belirtmişlerdir. Bu sorunun son bölümünde öğretmen adaylarından bu terimi açıklamaları istenmiştir ve öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-21’de gösterilmiştir.

**Tablo-21: Öğretmen adaylarının self-assembly terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>37</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	0	0
2. Kısmen doğru yanıt	0	0	12	37
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>16</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>47</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-21’de görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde öğretmen adayları self-assembly terimine yönelik bir açıklama yapmamıştır. Uygulanan eğitim sonrasında ise öğretmen adaylarının %37’si (f=12) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Kendiliğinden oluşum demektir (ÖA-11).*

*Kendi kendini düzenleyebilme demektir (ÖA-12).*

*Kendiliğinden oluşma işlemidir (ÖA-13).*

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %16’sı (f=5) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Kendi kendini yenileyebilme (ÖA-5).*

*Belli bir düzen haline getirdiğimiz bir maddenin dışarıdan etki uygulanıp bozulduğunda bile tekrar kendiliğinden eski haline gelmesi (ÖA-16).*

*Parçalanmış maddenin kendi kendine birleşmesi (ÖA-17).*

ETNBTE sonrasında kodlanamaz kategorisinde yer alan açıklama olmamıştır.

#### 4.1.8. NBT-KT'nin 8. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT'nin 8. sorusu üç bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 8. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-22'de sunulmuştur.

**Tablo-22: "Lotus etkisi terimini daha önce duydunuz mu?" sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	0	0	30	94
Hayır	32	100	2	6
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-22'ye göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının tamamı lotus etkisi terimine yönelik herhangi bir duyuma sahip olmadığını, ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %94'ü (f=30) bu terime yönelik bir duyuma sahip olduğunu belirtmiştir. Bu sorunun ikinci bölümünde daha önceden bir duyuma sahip olduğunu belirten öğretmen adaylarına bu duyularının zamanı ve kaynağı sorulmuştur. Bu soruya karşılık öğretmen adayları zaman olarak içinde buldukları ders dönemini, kaynak olarak Fizikte Özel Konular dersinde gerçekleştirilen ETNBTE'ni belirtmişlerdir. Bu sorunun son bölümünde öğretmen adaylarından bu terimi açıklamaları istenmiştir ve öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-23'de gösterilmiştir.

**Tablo-23: Öğretmen adaylarının lotus etkisi terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test	%	Son test	%
	(f)		(f)	
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>34</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	1	3
2. Kısmen doğru yanıt	0	0	10	31
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>31</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>35</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-23'de görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde öğretmen adayları lotus etkisi terimine yönelik bir açıklama yapmamıştır. Uygulanan eğitim sonrasında ise öğretmen adaylarının %34'ü (f=11) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama



yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Lotus terimi lotus çiçeğinden gelmektedir. Bu çiçeğin özelliği kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahip olmasıdır. Lotus çiçeğinden esinlenerek nanoteknolojiye uyarlanmıştır. Lotus etkisi maddelerin üzerinde nanoboyutta çukur ve tepelikler var, bu tepe ve çukurlar sayesinde üzerine su döküldüğünde su maddeye nüfuz etmeyerek kayar ve kayarken de kiri de kendisiyle çeker-iter temizler (ÖA-1).*

*Daha pürüzlü yüzeylerde sıvı tutunmamasını sağlayan yapıdır. Yani sıvı akıyor durmadan (ÖA-2).*

*Bir maddenin yüzeyinin mumsu tabaka özelliğinde olup dışarıdan gelen sıvıyı içine iletmemesi olayıdır (ÖA-27).*

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %31'i (f=10) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Yüzey etkisi ile temasın kesilmesi (ÖA-11).*

*Çeşitli nesnelere lotus etkisi uygulanarak yapılarının değişimini, zararlarını ortadan kaldıran bir terimdir (ÖA-18).*

*Kendi kendini tekrardan bir araya getirme etkisi (ÖA-23).*

ETNBTE sonrasında kodlanamaz kategorisinde yer alan açıklama olmamıştır.

#### 4.1.9. NBT-KT'nin 9. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT'nin 9. sorusu üç bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 9. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-24'te sunulmuştur.

**Tablo-24: “Ferrofluid terimini daha önce duyduunuz mu?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Evet	0	0	25	78
Hayır	32	100	7	22
<b>Toplam</b>	32	100	32	100

Tablo-24'e göre ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının tamamı ferrofluid terimine yönelik herhangi bir duyuma sahip olmadığını, ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %78'i (f=25) bu terime yönelik bir duyuma sahip olduğunu belirtmiştir. Bu sorunun ikinci bölümünde daha önceden bir duyuma sahip olduğunu belirten öğretmen adaylarına bu duyularının zamanı ve kaynağı sorulmuştur. Bu soruya karşılık öğretmen adayları zaman olarak içinde buldukları ders dönemini, kaynak olarak Fizikte Özel Konular dersinde gerçekleştirilen ETNBTE'ni belirtmişlerdir. Bu sorunun son bölümünde öğretmen adaylarından bu terimi açıklamaları istenmiştir ve öğretmen adaylarının yaptıkları açıklamalar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-25'de gösterilmiştir.

**Tablo-25: Öğretmen adaylarının ferrofluid terimine yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>16</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	0	0
2. Kısmen doğru yanıt	0	0	5	16
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>25</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>59</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-25'de görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde öğretmen adayları ferrofluid terimine yönelik bir açıklama yapmamıştır. Uygulanan eğitim sonrasında ise öğretmen adaylarının %16'sı (f=5) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Mıknatısla çekilebilme özelliğine sahip bir sıvı (ÖA-10).*

*Mıknatıslanma (diken şeklinde) (ÖA-26).*

*Manyetik sıvı (ÖA-29).*

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %25'i bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Ferrofluid = sıvılara manyetik alan kazandıran madde (ÖA-1).*

*Bir sıvının içerisinde kaçan madde olarak tanımlayabiliriz (ÖA-19).*

*Mıknatısla çekilerek eski haline dönebilme (ÖA-30).*

ETNBTE sonrasında kodlanamaz kategorisinde yer alan açıklama olmamıştır.

#### 4.1.10. NBT-KT'nin 10. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 10. sorusuna verdikleri cevaplar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-26'da sunulmuştur.

**Tablo-26: Öğretmen adaylarının nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı**

Uygulama alanı	Ön Test		Son Test	
	f	%	f	%
Güvenlik	2	8	6	7
Sağlık	13	50	16	18
Malzeme	9	34	61	68
Elektrik-Elektronik	2	8	5	6
Çevre	0	0	1	1
<b>Toplam</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>100</b>

Tablo-26'da görüldüğü gibi öğretmen adaylarının nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örnekler, geliştirilen uygulamanın etkili olduğu alana göre kategorileştirilerek; “Güvenlik”, “Sağlık”, “Malzeme”, “Elektrik-Elektronik”, “Çevre” olmak üzere 5 kategoride toplanmıştır. ETNBTE öncesinde öğretmen adayları nanoteknoloji uygulamaları için toplam 26 örnek verirken, uygulanan eğitim sonrasında 89 örnek vermişlerdir. Bu örneklerin yer aldığı uygulama alanları incelendiğinde öğretmen adayları ön testte en fazla “Sağlık” alanında uygulama örnekleri verirken, son testte en fazla “Malzeme” alanında uygulama örnekleri vermişlerdir. Öğretmen adaylarının verdiği uygulama örneklerinden bazıları ve bu örneklerin yer aldığı uygulama alanları şöyledir:

*Termal kameralarca algılanmayan askeri üniforma (ÖA-25), Güvenlik.*

*Daha kaliteli güneş kremleri (ÖA-17), Sağlık.*

*Daha yüksek kapasiteli cd ve dvd ler (ÖA-16), Elektrik-Elektronik.*

*Daha küçük ama daha sağlam malzemeler (ÖA-2), Malzeme.*

*Hava, su ve toprak kirliliğinin önlenmesi için yapılan çalışmalar (ÖA-9),*

*Çevre.*

#### 4.1.11. NBT-KT'nin 11. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 11. sorusuna verdikleri cevaplar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-27'de sunulmuştur.

**Tablo-27: Öğretmen adaylarının gelecekte yapılabilecek nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örneklerin kategorik dağılımı**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Güvenlik	0	0	7	9
Sağlık	1	33	16	21
Malzeme	2	67	41	54
Elektrik-Elektronik	0	0	8	10
Çevre	0	0	2	3
Gıda	0	0	2	3
<b>Toplam</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>76</b>	<b>100</b>

Tablo-27'ye göre öğretmen adaylarının gelecekte yapılabilecek nanoteknoloji uygulamaları için verdikleri örnekler, geliştirilecek uygulamanın etkileyeceği alana göre kategorileştirilerek; “Güvenlik”, “Sağlık”, “Malzeme”, “Elektrik-Elektronik”, “Çevre”, “Gıda”, olmak üzere 6 kategoride toplanmıştır. ETNBTE öncesinde öğretmen adayları gelecekte yapılabilecek nanoteknoloji uygulamaları için toplam 3 örnek verirken, uygulanan eğitim sonrasında 76 örnek vermişlerdir. Bu örneklerin yer aldığı uygulama alanları incelendiğinde öğretmen adayları hem ön testte hem de son testte en fazla “Malzeme” alanında uygulama örnekleri vermişlerdir. Öğretmen adaylarının verdiği uygulama örneklerinden bazıları ve bu örneklerin yer aldığı uygulama alanları şöyledir:

*Savaşlarda silahlar, uçaklar, pilotlar, bunlara ait özellikler geliştirilebilir (ÖA-15), Güvenlik.*

*Nanoteknolojiyle gelişen yapılar bir denizaltı gibi insan vücuduna girerek DNA'nın üzerinde oynama yapılarak yaşlanma durdurulabilir veya geciktirilebilir (ÖA-19), Sağlık.*

*Trafik kazalarında hasar görmeyen arabalar (ÖA-1, ÖA-5, ÖA-6), Malzeme.*

*Nanobarkodların üretilmesi ve kullanılması (ÖA-27), Elektrik-Elektronik.*

*Nesli tükenmekte olan hayvanlar sensörler ve çipler aracılığıyla izlenerek koruma altına alınabilir (ÖA-9), Çevre.*

*Paket ömrü, raf ömrü uzun besinler (ÖA-26), Gıda.*

#### 4.1.12. NBT-KT'nin 12. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 12. sorusuna verdikleri cevaplar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-28'de sunulmuştur.

**Tablo-28: Öğretmen adaylarının “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>66</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	0	0
2. Kısmen doğru yanıt	6	19	21	66
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>8</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>22</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>18</b>	<b>56</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-28'de görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” sorusuna yönelik öğretmen adaylarının %19'u (f=6) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %66'ya (f=21) yükselmiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Hayır gözlemlenemez. Çünkü nanoboyut dediğimiz boyut çok çok küçük. Ancak akm mikroskoplarıyla gözlemlenebilir (ÖA-5).*

*Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenemez. Işık mikroskobuna göre nanoboyut daha küçük boyutlardadır (ÖA-18).*

*Gözlenemez. Çünkü ışık mikroskobu nanoboyuttaki parçacıkları görmeye yeterli değildir (ÖA-25).*

ETNBTE öncesinde “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” sorusuna yönelik öğretmen adaylarının %25'i (f=8) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yaparken, uygulanan eğitim sonrasında bu oran %22'ye (f=7) düşmüştür. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Gözlemlenebilir. Işık mikroskobunda çok küçük tanecikleri görmek mümkündür (ÖA-2).*

*Gözlemlenebilir. Nanoboyut gözle görülemeyecek boyutta olduğundan ışık mikroskopuyla gözlemlenebilir (ÖA-17).*

*Gözlenebilir, ışık mikroskopu maddenin en küçük haliyle ilgilenir (ÖA-31).*

ETNBTE öncesinde kodlanamaz yanıtlar kategorisinde yer alan bir açıklama olmamıştır. Uygulanan eğitim sonrasında ise öğretmen adaylarının %3'ü (f=1) kodlanamaz bir yanıt vermiştir. Kodlanamaz kategorisinde yer alan ifade şöyledir:

*İlk olarak nanoboyutta bir mikroskop yapılmış ve AMG eğer yapılabilsedydi ışık mikroskopu ile nanoboyutta bir mikroskop yapılmadı (ÖA-6).*

#### 4.1.13. NBT-KT'nin 13. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 13. sorusuna verdikleri cevaplar kategorik bir biçimde analiz edilerek Tablo-29'da sunulmuştur.

**Tablo-29: Öğretmen adaylarının “Atomik Kuvvet Mikroskopu’nun çalışma prensibi nedir?” sorusuna yönelik açıklamalarının kategorik dağılımı**

Kategoriler	Ön test (f)	%	Son test (f)	%
<b>A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>43</b>
1. Tam doğru yanıt	0	0	3	9
2. Kısmen doğru yanıt	0	0	11	34
<b>B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>16</b>
<b>C. Kodlanamaz yanıt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>D. Yanıtsız</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>41</b>
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-29'da görüldüğü gibi öğretmen adayları ETNBTE öncesinde atomik kuvvet mikroskopunun çalışma prensibine yönelik açıklama yapmamıştır. Uygulanan eğitim sonrasında öğretmen adaylarının %43'ü (f=14) bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilebilir kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Kabartıyı algılayarak çalışır. Bir iğne ucu gibi madde ile incelenecek maddeyi tarar (ÖA-26).*

*Bir yüzeyde yukarı aşağı hareket eden uca sahip mikroskop hareket ederek noktalar oluşturup cismin yüzeyini bulması (ÖA-27).*

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının %16'sı (f=5) bilimsel olarak kabul edilemez bir açıklama yapmıştır. Bilimsel olarak kabul edilemez kategorisinde yer alan ifadelerden bazıları şöyledir:

*Işık enerjisini kullanıyordu sanırım (ÖA-9).*

*Atomik kuvvet mikroskobu atomik yapı maddenin en küçük yapısıdır. Yani küçük yapıyı algılayan hassas ölçüm yapan mikroskoptur (ÖA-17).*

*Maddenin atom boyutlarına kadar küçük bir düzeyde incelenmesi (ÖA-18).*

Uygulanan eğitim sonrasında yapılan açıklamaların hiçbiri kodlanamaz yanıt kategorisinde yer almamıştır.

#### 4.1.14. NBT-KT'nin 14. sorusundan elde edilen bulgular

NBT-KT'nin 14. sorusu dört bölümden oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının 14. sorunun ilk bölümüne verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-30'da sunulmuştur.

**Tablo-30: "Nanoteknolojinin gelecekte ne tür etkileri olacağını düşünüyorsunuz?" sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Cevap türü	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Avantajları > Dezavantajları	12	37	19	60
Dezavantajları > Avantajları	1	3	2	6
Avantajları = Dezavantajları	4	13	8	25
Kararsızım	10	31	3	9
Yanıtsız	5	16	0	0
<b>Toplam</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>

Tablo-30'da görüldüğü gibi ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının %37'si (f=12) nanoteknolojinin avantajlarının, %3'ü (f=1) dezavantajlarının daha fazla olduğunu düşünmektedir. Öğretmen adaylarının %13'ü (f=4) nanoteknolojinin avantajlarının dezavantajlarına eşit olduğu şeklinde görüş belirtirken, %31'i (f=10) bu konuda kararsız kaldığı görüşünü belirtmiştir. Öğretmen adaylarının %16'sı (f=5) ise herhangi bir görüş belirtmemiştir. ETNBTE sonrasında ise öğretmen adaylarının %60'ı (f=19) nanoteknolojinin avantajlarının, %6'sı (f=2) dezavantajlarının daha fazla olduğunu düşünmektedir. Öğretmen adaylarının %25'i (f=8) nanoteknolojinin avantajlarının dezavantajlarına eşit olduğu şeklinde görüş belirtirken, %9'u (f=3) bu

konuda kararsız kaldığı görüşünü belirtmiştir. Bu sorunun ikinci bölümünde öğretmen adaylarına bu düşüncelerinin nedeni sorulmuştur. Öğretmen adaylarının ifadelerinden bazıları şöyledir:

*Avantaj ve dezavantajı iyi veya kötü kullanıma göre değişir. Nanoteknoloji iyi yönde kullanılırsa avantajı artar, kötü yönde kullanılırsa dezavantajı artar. Kişiye göre değişir. O yüzden kararsızım (ÖA-7).*

*Çünkü en temel sorunu insan sağlığına vereceği zararlar olmalı. Sonuçta bu teknoloji ile beraber soluduğumuz havada nano boyutlarda maddeler olabilir (ÖA-13).*

*Avantajları dezavantajlarını geçer diye düşünüyorum. Söz konusu az enerji ile çok ürün elde etmek.. (ÖA-19).*

*Hayatımızı kolaylaştıracağından avantajı dezavantajından daha büyüktür (ÖA-22).*

NBT-KT'nin 14. sorusunun üçüncü bölümünde öğretmen adaylarına nanoteknolojinin avantaj ve dezavantajlarının neler olabileceği sorulmuştur. Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar ilgili olduğu alana göre kategorileştirilerek Tablo-31'de sunulmuştur.

**Tablo-31: Nanoteknolojinin avantaj ve dezavantajlarının kategorileştirilmiş dağılımı**

Kategoriler	Avantajları				Dezavantajları			
	Ön Test		Son Test		Ön Test		Son Test	
	f	%	F	%	f	%	f	%
Sağlık	1	8	35	26	2	50	14	21
Ekonomik	2	17	24	18	0	0	7	10
Sosyal	6	50	32	24	0	0	28	42
Siyasal	0	0	5	4	0	0	6	9
Güvenlik	0	0	13	10	0	0	4	6
Teknoloji	3	25	3	2	0	0	0	0
Çevre	0	0	5	4	2	50	5	7
Gıda	0	0	1	1	0	0	1	2
Malzeme	0	0	11	8	0	0	2	3
Eğitim-Bilim	0	0	4	3	0	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>133</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>67</b>	<b>100</b>

Tablo-31'e göre öğretmen adaylarının nanoteknolojinin avantajları ve dezavantajları için verdikleri örnekler avantajın/dezavantajın etkilediği alana göre kategorileştirilerek; "Sağlık", "Ekonomik", "Sosyal", "Siyasal", "Güvenlik",



“Teknoloji”, “Çevre”, “Gıda”, “Malzeme”, “Eğitim-Bilim” olmak üzere 10 kategoride toplanmıştır. Verilen örneğin birden fazla kategori için uygun olduğu durumlarda, örnek birden fazla kategoriye dahil edilmiştir. Tablo-31’de ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının nanoteknolojinin avantajları için verdikleri örnekler sağlık, ekonomik, sosyal ve teknoloji kategorilerinde toplanırken uygulanan eğitim sonrasında kategorilerin tamamı için örneklerin verildiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının nanoteknolojinin avantajları için verdikleri örnekler, ETNBTE öncesinde en fazla “sosyal” kategorisinde yer alırken, uygulanan eğitim sonrasında en fazla “sağlık” kategorisinde yer almıştır. ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının nanoteknolojinin dezavantajları için verdikleri örnekler sağlık ve çevre kategorilerinde toplanırken, uygulanan eğitim sonrasında kategorilerin büyük çoğunluğu için örneklerin verildiği görülmektedir. Uygulanan eğitim sonrasında öğretmen adaylarının nanoteknolojinin dezavantajları için verdikleri örnekler en fazla “sosyal” kategorisinde toplanmıştır. Öğretmen adaylarının nanoteknolojinin avantajları için verdikleri örneklerden bazıları ve bu örneklerin yer aldığı kategoriler şöyledir:

*Hastalıklarda erken teşhis yapılacaktır (ÖA-1, ÖA-19), Sağlık.*

*Bazı maddeler kendini yenileyebilir (ÖA-24), Malzeme.*

*Ortaya çıkan ürünün kalitesini artırır (ÖA-17), Ekonomik.*

*Çok büyük cisimleri çok ufak boyuta getirerek yaşamı kolaylaştırır (ÖA-13) Ekonomik-Sosyal.*

*Yaşam kalitesini arttırabilir (ÖA-7, ÖA-13), Sosyal.*

*Kayıp para takibinde kullanılabilir (ÖA-21), Güvenlik.*

*Teknoloji daha ileri seviyede olur (ÖA-23), Teknoloji.*

*Nesli tükenmekte olan hayvanların izlenmesi sağlanabilir (ÖA-9) Çevre.*

Öğretmen adaylarının nanoteknolojinin dezavantajları için verdikleri örneklerden bazıları ve bu örneklerin yer aldığı kategoriler şöyledir:

*Atmosfer için kirlilik unsuru taşır (ÖA-12), Çevre.*

*Ülkeler arasında rekabetin artması (ÖA-1), Siyasal-Sosyal.*

*İnsanların özel hayatı açığa çıkabilir (ÖA-3, ÖA-5, ÖA-8, ÖA-9, ÖA-11, ÖA-26, ÖA-32), Sosyal.*

*Ekonomik açıdan bazı ürünler pahalı olabilir (ÖA-17), Ekonomik.*

*Terör olaylarında kullanılabilir (ÖA-7), Güvenlik.*

*Yapılan ürünler reaksiyona girebilir (ÖA-26), Malzeme.*

*Gelişen teknolojiyle radyasyondan daha çok etkileniriz (ÖA-15, ÖA-17), Sağlık.*

NBT-KT'nin 14. sorusunun son bölümünde öğretmen adaylarına nanoteknolojinin toplumu nasıl etkileyebileceği sorulmuştur. Öğretmen adaylarının vermiş olduğu cevaplar kategorik bir şekilde analiz edilerek Tablo-32'de verilmiştir.

**Tablo-32: “Nanoteknoloji toplumu nasıl etkiler?” sorusuna ait betimsel istatistik sonuçları**

Kategoriler	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Olumlu	11	34	14	44
Olumsuz	0	0	1	3
Kullanım amacına göre değişen	6	19	15	47
Yanıtsız	15	47	2	6
<b>Toplam</b>	<b>17</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Tablo-32 incelendiğinde nanoteknolojinin toplumu nasıl etkileyeceği üzerine öğretmen adaylarının düşüncelerinin “olumlu”, “olumsuz” ve “kullanım amacına göre değişen” olmak üzere 3 kategoride toplandığı görülmektedir. ETNBTE öncesinde öğretmen adayları büyük oranda (%34) olumlu etkilerin olacağı şeklinde görüş belirtirken, uygulanan eğitim sonrasında kullanım amacına göre değişen etkilerin olacağı (%47) şeklinde görüş bildirmişlerdir. Öğretmen adaylarının nanoteknolojinin toplumu nasıl etkileyeceği ile ilgili ifadelerinden bazıları şöyledir:

*Toplumu olumlu yönde etkiler. ... Konu hakkında bilgi sahibi olmayı sağlamakla birlikte gelişimi de hızlandırır. İnsanlar bu konuda konuşmak için ne olduğunu, nasıl olduğunu daha bilinçli düşünmeye başlarlar (ÖA-14).*

*Benim fikrim olumlu etkiler. Nanoboyutta yapılan gelişmeler insan hayatını kolaylaştıracağı için ve ülkeyi de geliştireceği için toplumu olumlu etkiler (ÖA-28).*

*Diğer teknolojilerde olduğu gibi bunların da yararı olacaktır. Örneklerini görmekteyiz. Şuanda topluma bir zararı yok gibi görünüyor. Ama kötü kullanılırsa bunun da zararı olacaktır (ÖA-5).*

*Hem olumlu hem olumsuz etkiler. Örneğin nanoteknolojinin kullanıldığı alanlarda çevreye zararları olabilir (ÖA-19).*

*Parasal yönden pahalı olabilir. Maddi durumu iyi olmayan insanlar kullanamazlar. Herkesin alabileceği bir şey olmaz (ÖA-32).*

#### 4.1.15. NBT-KT'nin 15. sorusundan elde edilen bulgular

Öğretmen adaylarının NBT-KT'nin 15. sorusuna verdikleri cevaplar ve frekansları Tablo-33'de sunulmuştur.

**Tablo-33: Gelecekte nanoteknoloji alanında yer alabilecek kariyer imkanları için verilen örneklerin kategorileştirilmiş dağılımı**

Kategoriler	Ön test		Son test	
	f	%	f	%
Sağlık	0	0	7	18
Eğitim	1	33	12	32
Üretim	0	0	11	29
Teknoloji	1	33	2	5
Mühendislik	1	34	6	16
<b>Toplam</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

Tablo-33'e göre öğretmen adaylarının gelecekte nanoteknoloji alanında yer alabilecek kariyer imkanları için verdikleri örnekler, ilgili oldukları alana göre kategorileştirilerek; "Sağlık", "Eğitim", "Üretim", "Teknoloji", "Mühendislik", olmak üzere 5 kategoride toplanmıştır. ETNBTE öncesinde öğretmen adayları gelecekte nanoteknoloji alanında yer alabilecek kariyer imkanları için toplam 3 örnek verirken, uygulanan eğitim sonrasında 38 örnek vermişlerdir. Bu örneklerin yer aldığı alanlar incelendiğinde, ön testte "eğitim", "teknoloji" ve "mühendislik" alanlarında örnekler verilirken, son testte tüm alanlarda örnekler verildiği görülmektedir. Ayrıca son testte en fazla "Eğitim" alanında örnekler verilmiş olması dikkat çekici bir bulgudur. Öğretmen adaylarının gelecekte nanoteknoloji alanında yer alabilecek kariyer imkanları için verdikleri örneklerden bazıları şöyledir:

*Bu teknolojiyi daha çok anlatacak öğretmenlere ihtiyaç duyulabilir (ÖA-29), Eğitim.*

*Nanoteknoloji mühendisliği (ÖA-11, ÖA-13, ÖA-20, ÖA-23, ÖA-32), Mühendislik.*

*Elektronikte, bilgisayarda, şirketlerde kariyer imkanı sağlayabilir (ÖA-24), Teknoloji.*

*Bir şirket düşünüyorum. Nanoteknolojik ürünlerle ticaret yapan. Buralarda bir kariyer imkanı olabilir (ÖA-3), Üretim.*

#### 4.2. NBT-FA'nden Elde Edilen Bulgular

Öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerini belirlemek amacıyla uygulanan NBT-FA ön testinden elde edilen verilerin betimsel istatistik sonuçları Tablo-34'te verilmiştir.

**Tablo-34: Öğretmen adaylarının NBT-FA ön test uygulaması betimsel istatistik sonuçları**

Madde no	$\bar{X}$	S	Madde no	$\bar{X}$	S
1.	2,69	0,90	11.	1,56	,98
2.	3,41	1,24	12.	2,13	1,07
3.	3,44	1,32	13.	2,34	1,04
4.	3,55	1,24	14.	2,72	1,17
5.	2,91	1,38	15.	2,75	1,24
6.	2,49	1,19	16.	2,44	0,95
7.	2,36	0,94	17.	2,52	0,95
8.	2,00	1,11	18.	2,81	1,06
9.	3,13	1,07	19.	2,16	0,92
10.	2,32	0,93	20.	2,66	1,15
<b>Genel toplam</b>				2,62	0,67

Tablo-34'e göre öğretmen adayları 11. madde ile ( $\bar{X}=1.56$ ) en düşük, 4. madde ile ( $\bar{X}=3.55$ ) en yüksek farkındalık ortalama puanına sahiptirler. Ölçeğin tamamında ise  $\bar{X}=2.62$  farkındalık ortalama puanı ile "Kararsızım" derecesinde farkındalığa sahiptirler. Ayrıca ölçeğin tamamında 1 madde ile (11. madde) "Kesinlikle Katılmıyorum" derecesinde, 9 madde ile (6., 7., 8., 10., 12., 13., 16., 17. ve 19. maddeler) "Katılmıyorum", 7 madde ile (1., 5., 9., 14., 15., 18. ve 20. maddeler) "Kararsızım" ve 3 madde ile (2., 3. ve 4. maddeler) "Katılıyorum" derecesinde farkındalık ortalama puanına sahiptirler. NBT-FA ön test uygulamasında "Kesinlikle Katılıyorum" derecesinde herhangi bir madde yer almamaktadır.

Gerçekleştirilen ETNBTE'nden sonra uygulanan NBT-FA son testinden elde edilen verilerin betimsel istatistik sonuçları Tablo-35'te verilmiştir.

**Tablo-35: Öğretmen adaylarının NBT-FA son test uygulaması betimsel istatistik sonuçları**

Madde no	$\bar{X}$	S	Madde no	$\bar{X}$	S
1.	4,09	0,82	11.	2,36	1,06
2.	4,09	1,15	12.	3,44	1,32
3.	4,16	1,14	13.	3,84	1,08
4.	4,19	1,18	14.	4,36	0,78
5.	4,06	0,95	15.	4,23	0,92
6.	4,16	0,88	16.	4,03	0,90
7.	3,75	1,02	17.	4,09	0,86
8.	3,19	1,12	18.	4,09	0,86
9.	4,36	0,94	19.	3,31	0,78
10.	3,53	1,24	20.	4,00	0,88
<b>Genel toplam</b>				3,87	0,66

Tablo-35'e göre, uygulanan NBT-FA son testinde; öğretmen adayları 11. madde ile ( $\bar{X}=2.36$ ) en düşük, 9. ve 14. maddeler ile ( $\bar{X}=4.36$ ) en yüksek farkındalık ortalama puanına sahiptirler. Ölçeğin tamamında ise  $\bar{X}=3.87$  farkındalık ortalama puanı ile "Katılıyorum" derecesinde farkındalığa sahiptirler. Ayrıca ölçeğin tamamında 1 madde ile (11. madde) "Katılmıyorum", 2 madde ile (8. ve 19. maddeler) "Kararsızım", 14 madde ile (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 10., 12., 13., 16., 17., 18. ve 20. maddeler) "Katılıyorum" ve 3 madde ile (9., 14. ve 15. maddeler) "Kesinlikle Katılıyorum" derecesinde farkındalık ortalama puanına sahiptirler. Son test uygulamasında "Kesinlikle Katılmıyorum" derecesinde herhangi bir madde yer almamaktadır.

Öğretmen adaylarına uygulanan NBT-FA ön test ve son testinden elde edilen verilerin betimsel istatistik sonuçları karşılaştırıldığı zaman; öğretmen adaylarının "Kesinlikle Katılmıyorum" derecesinde yer alan farkındalık ortalama puanlarını (11.madde) "Katılmıyorum" derecesine taşıdıkları, "Katılmıyorum" derecesinde yer alan farkındalık ortalama puanlarını "Kararsızım" (8. ve 19. maddeler) ve "Katılıyorum" derecesine (6., 7., 10., 12., 13., 16. ve 17. maddeler) taşıdıkları, "Kararsızım" derecesinde yer alan farkındalık ortalama puanlarını "Katılıyorum" (1., 5., 18. ve 20. maddeler) ve "Kesinlikle Katılıyorum" derecesine (9., 14. ve 15. maddeler) taşıdıkları görülmektedir. Bu değişime paralel olarak Tablo-34 ve Tablo-35'de sunulan sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, öğretmen adaylarının ETNBTE sonrasında NBT-FA'nde yer alan her madde için farkındalık ortalama puanlarının

arttığı gözlenmektedir. Bu artışın anlamlı bir artış olup olmadığını belirlemek amacıyla elde edilen veriler Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo-36’da verilmiştir.

**Tablo-36: ETNBTE öncesi ve sonrası öğretmen adaylarının NBT-FA puanlarına göre Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları**

Son test-Ön test	n	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	p
Negatif sıra	2	7,50	15,00	4,65*	,000
Pozitif sıra	30	17,10	513,00		
Eşit	0				
Toplam	32				

\*Negatif sıralar temeline dayalı

Tablo-36’ya göre öğretmen adaylarının ETNBTE öncesi ve sonrası NBT-FA’nden aldıkları toplam puanlar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir, ( $z=4.65$ ,  $p<.05$ ). Fark puanlarının sıra ortalamaları ve sıra toplamaları dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani NBT-FA son test toplam puanları lehine olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre, düzenlenen ETNBTE’nin öğretmen adaylarının NBT farkındalıklarını geliştirmede önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir.

### 4.3. NBT-KİT’nden Elde Edilen Bulgular

Öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik bilişsel yapılarını, bu yapıda yer alan kavramları, bu kavramların birbirleriyle ilişkilerini ve uzun dönemli hafızadaki bilgi ağını incelemek ve değerlendirmek amacıyla ön test ve son test olarak uygulanan kelime ilişkilendirme testlerinden elde edilen veriler, her anahtar kavram için üretilen cevap kelime sayıları ve frekansları olmak üzere EK-2 ve EK-3’de verilmiştir.

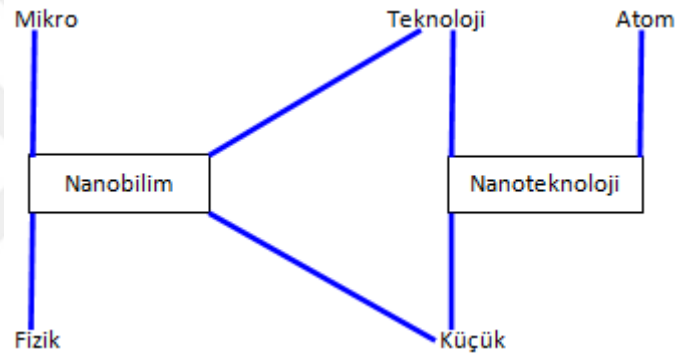
Öğretmen adaylarının ETNBTE öncesinde ve sonrasında anahtar kavramlar için verdikleri toplam cevap kelime sayısı Tablo-37’de verilmiştir.

**Tablo-37: ETNBTE öncesi ve sonrası KİT’nden elde edilen verilerin karşılaştırılması**

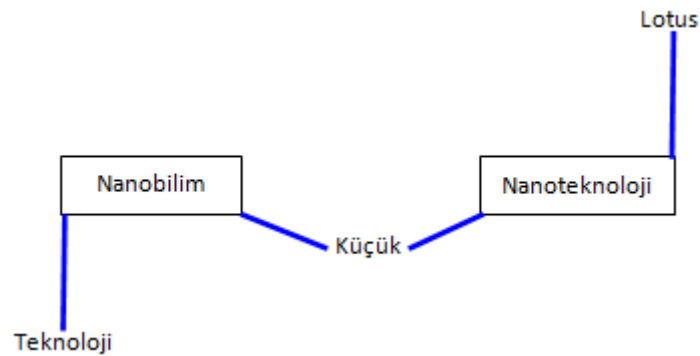
Anahtar kavramlar	Üretilen kelime sayısı	
	Ön test	Son test
Nanobilim	54	59
Nanoteknoloji	68	94

Tablo-37'ye göre ETNBTE öncesinde öğretmen adayları nanobilim anahtar kavramını 54, nanoteknoloji anahtar kavramını 59 cevap kelime ile ilişkilendirmiştir. Uygulanan eğitim sonrasında ise nanobilim anahtar kavramını 68, nanoteknoloji anahtar kavramını 94 cevap kelime ile ilişkilendirmişlerdir. İki anahtar kavram içinde ETNBTE sonrasında ilişkilendirilen cevap kelime sayısında bir artış olduğu gözlenmektedir. EK-2 ve EK-3'de verilen frekans tablolarındaki anahtar kavramlar ve ilişkilendirilen kelimeler dikkate alınarak hazırlanan ve öğrencilerin bilişsel yapısını gösteren kavram ağları ve kavram ağlarına ilişkin yorumlar aşağıdaki gibidir.

**Şekil-12: Ön-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 7 ve Üzeri)**



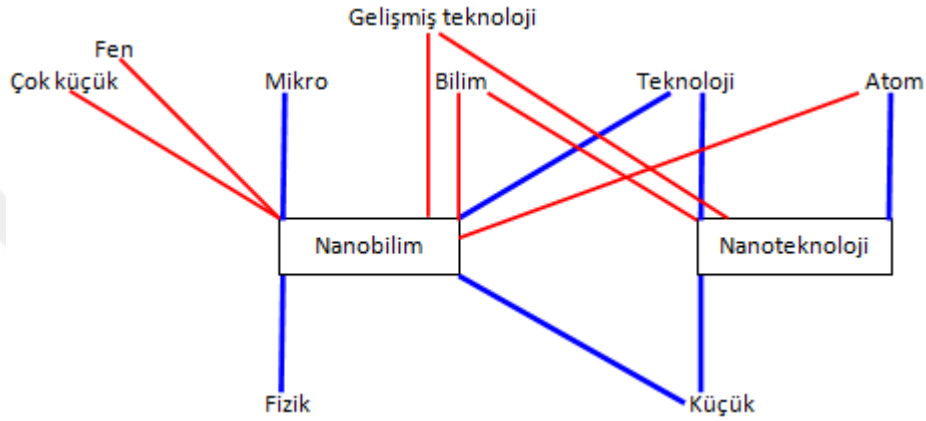
**Şekil-13: Son-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 7 ve Üzeri)**



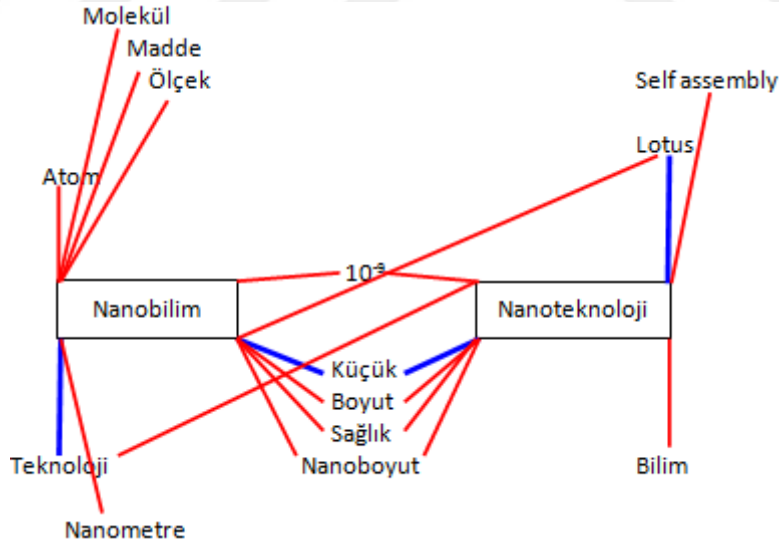
Şekil-12 ve Şekil-13'e göre ön-KİT ve son-KİT sonucunda KN 7 ve üzeri için çizilen kavram ağlarında iki anahtar kavramın da ortaya çıktığı görülmektedir. Bu KN için nanobilim anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre dört, son-KİT sonuçlarına göre iki cevap kelimeyle ilişkilendirilirken; nanoteknoloji anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre üç, son-KİT sonuçlarına göre iki cevap kelimeyle

ilişkilendirilmiştir. Ayrıca anahtar kelimeler ön-KİT sonucunda iki, son-KİT sonucunda bir ortak kelime ile ilişkilendirilirken, anahtar kavramlar arasında ilişkilendirme yapılmamıştır. KN 7 ve üzeri için öğretmen adaylarının son-KİT sonuçlarına göre anahtar kelimelerle ilgili daha az ilişkilendirme yapmaları dikkat çekici bir bulgudur.

**Şekil-14: Ön-KİT’nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 4-6)**



**Şekil-15: Son-KİT’nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 4-6)**

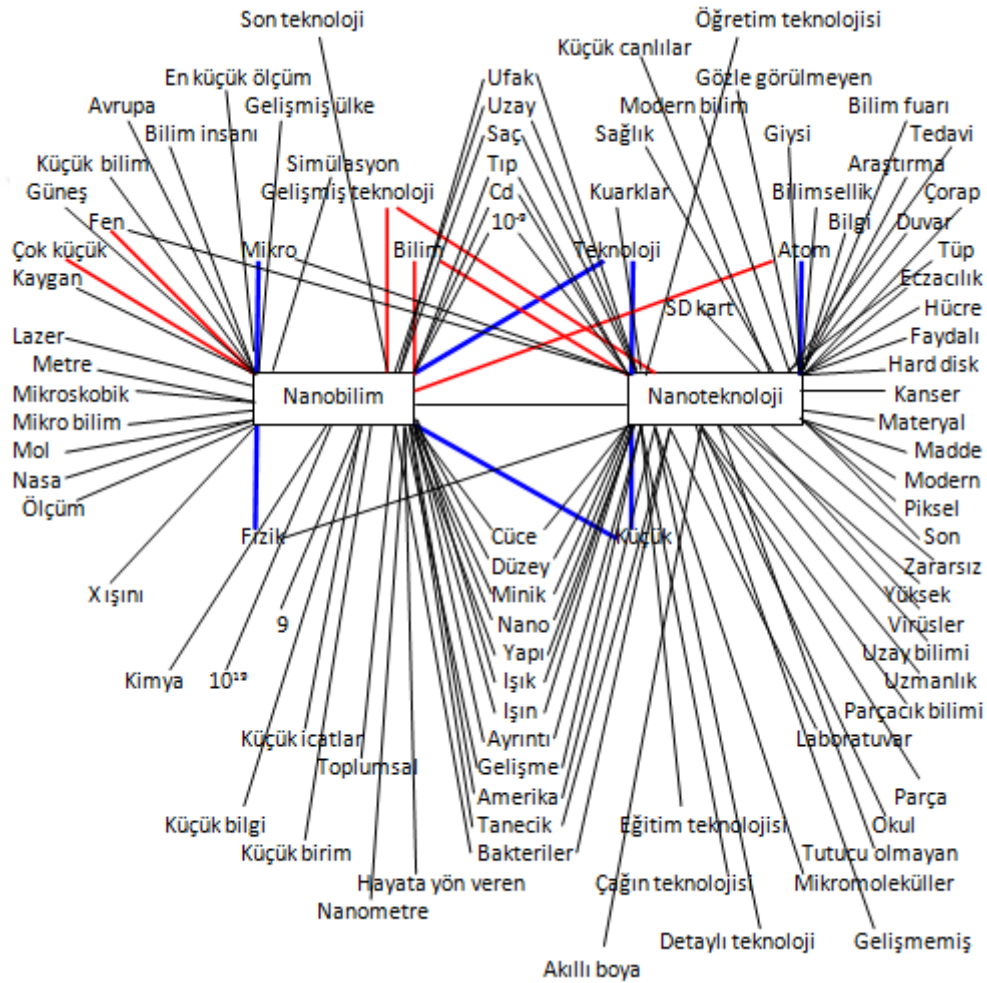


Şekil-14 ve Şekil-15’e göre KN 4-6 için iki anahtar kavram için de ilişkilendirilen cevap kelimelerin arttığı söylenebilir. Bu KN için nanobim anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre beş, son-KİT sonuçlarına göre on cevap kelimeyle ilişkilendirilirken; nanoteknoloji anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre iki, son-KİT sonuçlarına göre yedi cevap kelimeyle ilişkilendirilmiştir. Bu KN ön-KİT

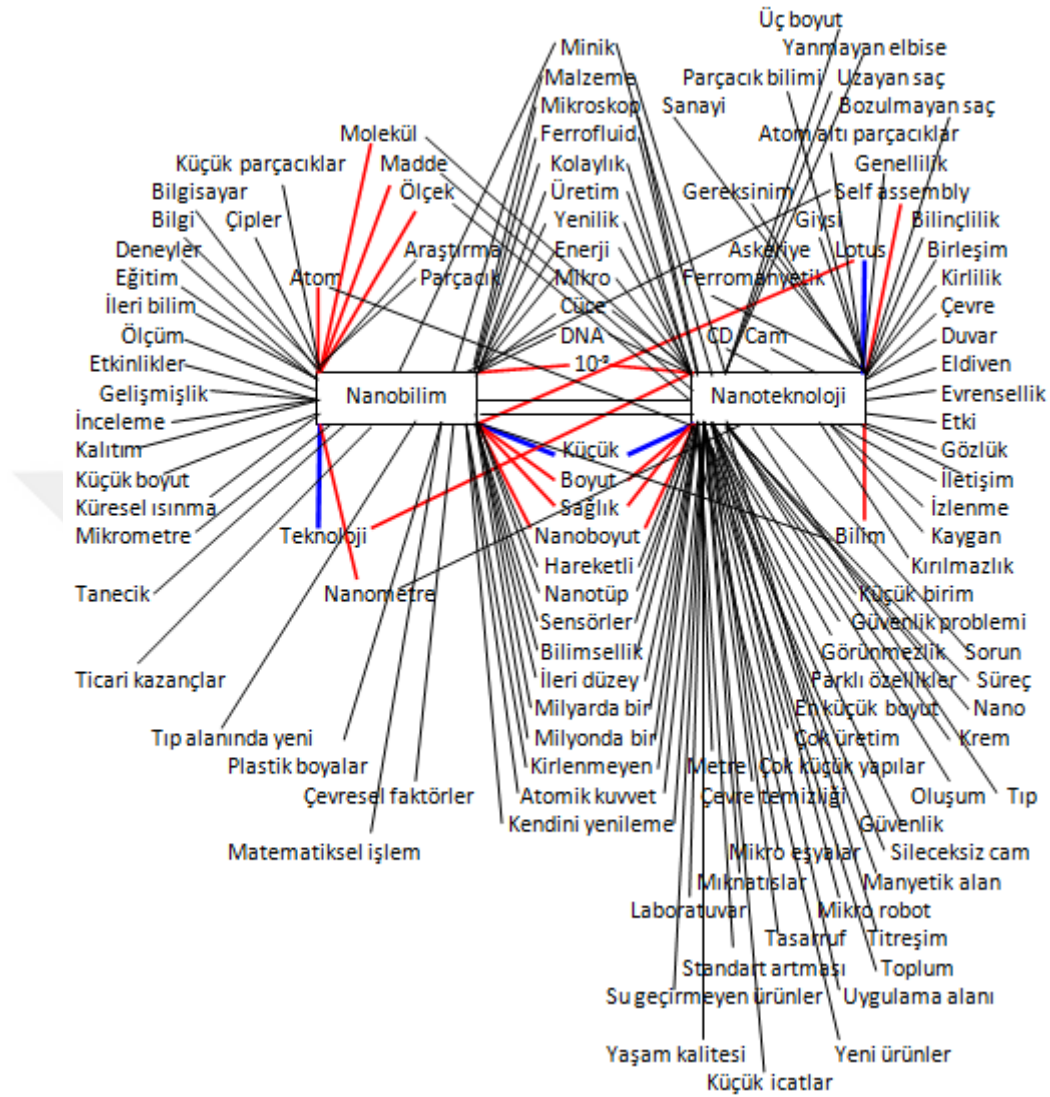


sonucunda günlük hayatta sıklıkla karşılaştığımız cevap kelimelerle ilişkilendirme yapılırken, son-KİT sonucunda nanoboyut, nanometre,  $10^{-9}$  ve self assembly gibi daha özel cevap kelimelerin de kavram ağında yer aldığı gözlenmektedir. Ayrıca anahtar kelimeler ön-KİT sonucunda iki, son-KİT sonucunda bir ortak kelime ile ilişkilendirilirken, anahtar kavramlar arasında ilişkilendirme yapılmamıştır.

**Şekil-16: Ön-KİT’nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 1-3)**



Şekil-17: Son-KİT'nden elde edilen veriler için çizilen kavram ağı (KN 1-3)



Şekil-16 ve Şekil-17'ye göre KN 1-3 için nanobilim anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre 45, son-KİT sonuçlarına göre 47 cevap kelimeyle ilişkilendirilirken; nanoteknoloji anahtar kavramı ön-KİT sonuçlarına göre 63, son-KİT sonuçlarına göre 85 cevap kelimeyle ilişkilendirilmiştir. Bu KN için iki anahtar kavram için de ilişkilendirilen cevap kelimeler artmakla birlikte nanoteknoloji anahtar kavramıyla ilişkilendirilen cevap kelime sayısında daha büyük bir artış olduğu görülmektedir. Bu aralıkta ortaya çıkan cevap kelimeler arasında nanotüp, nano, ferrofluid, ferromanyetik ve atomik kuvvet gibi daha özel kavramlara yer verilmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca bu aralıkta nanobilim ve nanoteknoloji anahtar kavramları arasında da çift yönlü bir ilişkinin ortaya çıktığı gözlenmektedir. Yani nanoteknoloji

anahtar kavramı nanobilim anahtar kavramıyla, nanobilim anahtar kavramı da nanoteknoloji anahtar kavramıyla ilişkilendirilmiştir.

#### 4.4. ETNBTE-DF’ndan Elde Edilen Bulgular

Öğretmen adaylarının ETNBTE’ne yönelik görüşlerini değerlendirme amacıyla yapılan ETNBTE-DF’ndan elde edilen veriler bu bölümde sunulmuştur.

ETNBTE-DF’nun 1., 2., 3., ve 4. sorularından elde edilen verilerin kategorileştirilmiş dağılımı Tablo-38’de verilmiştir.

**Tablo-38: ETNBTE-DF’nun 1., 2., 3., ve 4. sorularından elde edilen verilerin kategorileştirilmiş dağılımı**

ETNBTE boyutları	Nanoboyut ve ölçeklendirme		Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları		Nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları		Nanoboyutta kullanılan araçlar ve teknikler		Fen-teknoloji ve toplum ilişkisi Etik boyutlar	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
	1.ETNBTE boyunca en çok ilginizi çeken/eğlendiğiniz etkinlik/konu nedir?	4	8	17	34	5	19	6	26	1
2.ETNBTE boyunca en az ilginizi çeken/eğlendiğiniz etkinlik/konu nedir?	17	36	6	12	0	0	6	26	0	0
3.ETNBTE sürecinde en iyi öğrendiğinizi düşündüğünüz 3 şeyi açıklar mısınız?	13	28	21	42	19	73	4	18	10	91
4.ETNBTE sürecinde iyi öğrenemediğinizi düşündüğünüz 3 şeyi açıklar mısınız?	13	28	6	12	2	8	7	30	0	0
<b>Toplam</b>	<b>47</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

Tablo-38’e göre öğretmen adaylarının ETNBTE boyunca en çok ilgilerini çeken konu “Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları” olurken, en az ilgilerini çeken konu “Nanoboyut ve ölçeklendirme” olmuştur. Benzer şekilde ETNBTE boyunca en iyi öğrendiklerini düşündükleri konu “Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları” olurken, iyi öğrenemediklerini düşündükleri konu “Nanoboyut ve ölçeklendirme” olmuştur. Öğretmen adaylarının en çok ilgilerini çeken konu ile en iyi anladıklarını düşündükleri konunun ortak olması ve en az ilgilerini çeken konu ile iyi öğrenemediklerini düşündükleri konunun ortak olması dikkat çekici bir bulgudur.

Değerlendirme formunun 5. sorusunda öğretmen adaylarına ETNBTE programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji konularına benzer konuların üniversite öğretim programlarına eklenmesine yönelik görüşleri sorulmuştur. Tablo-39'da öğretmen adaylarının bu soruya yönelik görüşleri ve bu görüşlerin frekansları sunulmuştur.

**Tablo-39: Öğretmen adaylarının ETNBTE-DF'nun 5. sorusuna yönelik görüşleri**

Görüşler	f	%
Kesinlikle eklenmeli	19	60
Eklense iyi olur	10	31
Kararsızım	2	6
Eklenmese iyi olur	1	3
Kesinlikle eklenmemeli	0	0

Tablo-39 incelendiğinde ETNBTE programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji konularına benzer konuların üniversite öğretim programlarına eklenmesine yönelik, öğretmen adaylarının %60'ı (f=19) kesinlikle eklenmeli şeklinde görüş belirtirken, %31'i (f=10) eklense iyi olur şeklinde görüş belirtmiştir. Öğretmen adaylarının %6'sı (f=2) bu soruya yönelik kararsız görüş belirtirken, %3'ü (f=1) eklenmese iyi olur şeklinde görüş belirtmiştir. Kesinlikle eklenmemeli görüşü belirtilmemiştir. Aşağıda öğretmen adaylarının bu görüşlerinin nedenine yönelik açıklamalarından örnekler verilmiştir:

*Ülkemizin teknolojik olarak daha üst seviyelere çıkabilmesi, ilerleyebilmesi ve gelişebilmesi için nanobilim ve nanoteknolojiye ihtiyaç vardır. Öğrencilerin bunu öğrenmesi gerekir. Diğer ülkelerde 6.sınıf öğrencilerine bile bu konu hakkında bilgi verilirken bizim de bu programdan faydalanmamız gerekir (ÖA-8).*

*ETNBTE ülkemizde pek bilinmiyor. Öğrettilmesini isterim. Çok yararlı olduğunu düşünüyorum. Ülkemizi geliştireceğini ve insan hayatını kolaylaştıracağını düşünüyorum. Eğer atanırsam öğrendiğim bilgiler ve geliştirmeyi düşündüğüm bilgilerle öğrencilerime anlatacağım (ÖA-28).*

*Teknoloji günden güne gelişiyor. Gündemi takip etmek, teknolojiye ayak uydurmak gerekir. Çağa ayak uydurmak zamandan, enerjiden, teknolojik*

*açından tasarruf etmek adına üniversite programlarına eklense iyi olur. İnsanlar bilinçlendirilmiş olur (ÖA-17).*

*Artık birçok teknolojik gelişme nanoboyutta ve nanoteknolojiye yöneliktir. Ve teknolojinin gelişmesi bilimin de oraya yönelmesidir. Üniversite öğretim programlarında da ETNBTE programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji konularına mutlaka yer verilmelidir. Hatta sadece üniversite değil lise ve ilkokul düzeyinde de bu bilgiler verilmelidir (ÖA-23).*

Değerlendirme formunun son sorusunda öğretmen adaylarına ETNBTE’ni faydalı bulup bulmadıkları sorulmuştur. Öğretmen adaylarının bu soruya verdikleri cevaplar kategorileştirilerek Tablo-40’da verilmiştir.

**Tablo-40: ETNBTE-DF’nun 6. sorusuna yönelik öğretmen görüşleri**

Görüşler	f	%
Evet, faydalı oldu.	28	88
Kısmen faydalı oldu.	3	9
Hayır, faydalı olmadı.	1	3

Tablo-40 incelendiğinde öğretmen adaylarının %88’inin (f=28) ETNBTE’ni faydalı bulduğu, %9’unun (f=3) kısmen faydalı bulduğu ve %3’ünün (f=1) faydalı bulmadığı görülmektedir. Aşağıda öğretmen adaylarının bu görüşlerinin nedenine yönelik açıklamalarından örnekler verilmiştir:

*Elbette faydalı oldu. Fen bilimleri okuyan bir insan olarak nanobilim adına farkındalık oluştu. Etkinlikteki kullandığımız görseller, uygulamalar katkısıyla akılda kalıcı ve kavrama açısından oldukça etkili oldu diyebilirim. Bilime, görsele ve kanıta dayalı derslerin hepsi bence uygulama yöntemi ile anlatılmalı (ÖA-27).*

*Hiç bilgimin olmadığı konuda bilgi sahibi oldum. Öğrencilerimin ilgisini çekebilecek etkinlikler öğrendiğimi düşünüyorum. Konuyu iyi öğrenmemin sebebi ise teorik öğretimin yanı sıra deneysel öğretimden kaynaklı (ÖA-26).*

*Faydalı oldu. Çünkü nanobilim, nanoteknoloji, nanoboyut, nanoparçacık gibi birçok terim hakkında az veya çok bilgi sahibi oldum. Nanoteknolojinin bize ve çevremize ne gibi faydaları ve zararları olacağını öğrendim. Geçmişte ve günümüzde olan nanoteknoloji çalışmaları hakkında bilgi sahibi oldum.*

*Nanoteknoloji sadece zararlı bir durum olarak görürken bu ön yargım ortadan kalktı. Birçok faydası olduğunu öğrenmiş oldum (ÖA-19).*



## BÖLÜM V

### 5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bölümde ETNBTE'nin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışlarına etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmanın bulguları ilgili literatür kapsamında tartışılmış ve yorumlanarak sonuçlara ulaşılmıştır.

ETNBTE öncesinde yapılan ön testlerde fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik duyularının yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma bu yönüyle mevcut literatürde katılımcıların duyularının düşük düzeyde (hiç ya da çok az) olduğunu ifade eden çalışmalardan farklılık göstermektedir. Örneğin Amerikan toplumunun nanoteknoloji algılarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarda; Cobb ve Macoubrie (2004) katılımcıların %83,6'sının, Kahan vd. (2007) katılımcıların %81'nin, ve Retzbach vd. (2011) katılımcıların %32,5'inin nanoteknoloji duyularının olmadığını ya da çok az olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde tarafından Peter D. Hart Research Associates (2008) tarafından Amerikan toplumunun nanoteknoloji farkındalıklarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, katılımcıların %75'inin nanoteknoloji duyularının olmadığını ya da çok az olduğu tespit edilmiştir. Farshchi vd. (2011) tarafından İran toplumunun nanoteknolojiye karşı farkındalık ve tutumlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada katılımcıların %79,8'inin nanoteknoloji duyularının olmadığını ya da çok az olduğunu belirlenmiştir. Sheetz vd. (2005) nanoteknolojiye yönelik farkındalığı belirlemek üzere üniversite öğrencileri ve personeli ile yürüttükleri çalışmada, katılımcıların %55'inin nanoteknoloji duyularının olmadığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Ekli (2010) tarafından orta okul öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgi ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada katılımcıların %50'sinin nanoteknoloji duyularının olmadığı ya da çok az olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmada öğretmen adaylarının duyum kaynaklarında belirttikleri üzere, bilim merkezi tarafından düzenlenen nanobilim ve nanoteknoloji konulu bir seminere

katılmış olmaları bu farklılığın temel sebebi olarak düşünülebilir. Uygulanan eğitim sonrasında duyumlarının daha da arttığı görülmüştür.

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji duyum kaynaklarının informal kaynaklardan (seminer, bilim merkezi, televizyon, reklam afişi vb.) formal kaynaklara (okul, ders, öğretmen, kitap vb.) doğru değiştiği görülmektedir. Bu terimler için duyum kaynağı olarak informal kaynaklara işaret edilmesi literatürdeki birçok çalışmanın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Örneğin Castellini vd. (2007) toplumun temel nanoteknoloji bilgisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada ve Senocak (2014) Türk toplumunun nanoteknoloji anlayışlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, katılımcıların büyük çoğunluğunun duyum kaynaklarının; televizyon, internet, film ve haberler gibi medya araçları olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Ekli ve Şahin (2010) fen ve teknoloji öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının temel nanoteknoloji bilgilerini, görüşlerini ve risk algılarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, katılımcıların çoğunluğunun bilgi kaynaklarının dergiler, gazeteler, reklamlar, bilim kurgu kitapları, televizyon ve radyo programları ve internet olduğunu tespit etmişlerdir. Elmarzugi vd. (2014) üniversite öğrencileri ve akademik personelinin nanoteknoloji farkındalığını belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, katılımcıların nanoteknoloji bilgi kaynaklarının genel olarak bilimsel dergiler, bildiriler, televizyon programları ve internet olduğunu ifade etmişlerdir. Retzbach vd. (2011), Ekli (2010), Sheetz vd. (2005) ve Tahan vd. (2006) de gerçekleştirdikleri çalışmalarda katılımcıların çoğunluğunun bilgi ve duyum kaynağının televizyon, internet, gazete ve dergiler, reklamlar ve filmler olduğunu belirlemişlerdir.

İnformal kaynaklar, özellikle filmler ve televizyon gibi görsel medya kaynakları, nanobilim ve nanoteknolojiyi topluma tanıtmak (Sheetz vd., 2005) ve toplumda bu konulara yönelik bir farkındalık oluşturmak için (Ekli, 2010) faydalı bir araç olarak kullanılabilir. Ancak bu kaynakların topluma nanobilim ve nanoteknoloji hakkında tam ve doğru bilgi sağlamakta yeterli olmadığı bilinmektedir (Sheetz vd., 2005). Yapılan araştırmanın bulguları da bu duruma işaret etmektedir. ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik duyumları yüksek olmakla birlikte, birçok çalışmada ifade edildiği gibi (Aslan vd., 2014; Farshchi vd., 2011; Sheetz vd., 2005; Şenel ve Aslan, 2014; Waldron vd.,



2006) bu kavramlar için yaptıkları tanımların niteliği beklenen düzeyde değildir. Örneğin Aslan vd. (2014) fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışlarını ve farkındalıklarını tespit etmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, öğretmen adaylarının bu kavramlara yönelik duyularının yüksek olduğunu ancak bu kavramlara ilişkin açıklamaları analiz edildiğinde kavramsal anlayışlarının yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir. Waldron vd. (2006) toplumun nanoteknoloji farkındalık ve anlayışını ve Farshchi vd. (2011) toplumun nanoteknoloji farkındalık ve tutumlarını belirlemek üzere gerçekleştirdikleri çalışmalarda, katılımcıların çoğunluğunun nanoteknoloji kavramına yönelik doğru bir tanımları yapamadığı ifade edilmiştir. Ayrıca mevcut çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramları dışında self-assembly, lotus etkisi ve ferrofluid gibi konu ile ilgili farklı kavramlar hakkında duyum sahibi olmamaları da öğretmen adaylarının duyum kaynaklarının sınırlı etkisi ile açıklanabilir. Bu doğrultuda düşünüldüğünde popüler kültürü besleyen medya organlarının nanobilim ve nanoteknolojiye ilgi çekmesine karşılık, henüz toplumu eğitmek üzere bir araç olarak kullanılmadığı açıkça görülmektedir (Sheetz vd., 2005). Yani medya kaynakları tam olarak bilgilendirici değildir, daha ziyade bilim ve iş dünyasındaki yeni teknolojilerin toplumda daha olumlu bir yönde şekillenmesini sağlayan bir rol üstlenmektedir. Başka bir deyişle bu medya organları nanoteknolojinin potansiyel yararlarını vurgular ve topluma konunun genel olarak daha olumlu bir görüntüsünü sunar (Scheufele ve Lewenstein, 2005). Bu yönüyle medya araçlarını daha etkin kılmak için medyada nanobilim ve nanoteknoloji için ve bunlar gibi yeni ortaya çıkan diğer teknolojiler için tanıtıcı ve bilgilendirici yayınlara yer verilebilir. Hazırlanan bu yayınlar için uzmanlardan, üniversiteler ve bilim ve araştırma merkezleri gibi kurumlardan yardım alınabilir. Ayrıca bu yayınların sürekliliği sağlanarak bilgilerin güncelliği korunabilir.

Toplumun algılarını değiştirmek üzere bir başka yol ise okullar aracılığıyla bilginin yayılmasını sağlamaktır. Bugünün öğrencilerini, geleceğin bilim insanları ve mühendisleri olduklarını düşünerek eğitmek, teknolojinin ilerleyişini de etkileyecektir. Bireylerin nanoteknoloji ile mümkün olduğu kadar erken tanışmaları ve sonraki eğitim düzeylerine devam etmeleri, üniversiteye başladıkları zaman sağlam bir temele sahip olmalarını sağlayacaktır (Sheetz vd., 2005). Bu nedenle

okullar bünyesinde öğrenciler için tanıtıcı ve bilgilendirici kurslar düzenlenebilir. Üniversitelerin öğretmen yetiştiren programlarına nanobilim ve nanoteknoloji öğretimine yönelik zorunlu ya da seçmeli dersler eklenerek öncelikle geleceğin öğretmenlerinin bu konularda gerekli donanıma sahip olarak mezun olması sağlanabilir.

ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji terimlerine yönelik duyuları yüksek olmasına rağmen, az sayıda öğretmen adayı bu terimler için bir açıklama yapabilmiş ve yapılan bu açıklamaların çoğunluğu “Bilimsel olarak kabul edilemez” kategorisinde yer almıştır. Benzer sonuçlar Aslan vd. (2014), Farshchi vd. (2011), Sheetz vd. (2005), Şenel ve Aslan (2014) ve Waldron vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir. Bu çalışmaların ortak sonuçlarına göre katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına ilişkin duyularının olduğu ancak bu kavramlara ilişkin açıklamaları analiz edildiğinde bilgi düzeylerinin yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun öğretmen adaylarının günlük yaşamlarında bu terimlerle karşılaşmalarına rağmen daha önce bu konuda kavramsal düzeyde bir eğitim almamış olmalarından ve dolayısıyla yeterli bilgi birikimlerinin bulunmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Uygulanan ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarına yönelik yaptıkları açıklamalarda; bu boyutta gerçekleştirilen işlemlere, yapılan uygulamalara ve bu boyuta özgü özelliklere yer vermeleriyle birlikte açıklamaların niteliğinin geliştiği ve “Bilimsel olarak kabul edilebilir” yanıtların sayısında önemli bir artış olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Albe (2012) ortaokul fen öğretmenlerinin yaz kampı öncesi ve sonrasında nanobilim ve nanoteknoloji anlayışları ve bu konuların öğretimi üzerine isteklerini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada, öğretmenlerin kamp öncesinde nanobilim ve nanoteknoloji için daha çok nanoboyutta meydana gelen bir olay olduğunu ifade ettiklerini, kamp sonrasında ise bu kavramlar için daha derinlemesine tanımlar yaptıklarını tespit etmiştir. Mevcut çalışmada öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji kavramları için yaptıkları açıklamaların niteliğinin gelişmesinin yanı sıra bu kavramların farklılığına yönelik açıklamaları da gelişmiştir. Nanobilim ve nanoteknoloji kavramları genel olarak birbirinin yerine kullanılmakla birlikte aslında bu iki kavram arasında belirgin farklar olduğu bilinmektedir (Ng, 2009). ETNBTE

öncesinde ve sonrasında öğretmen adaylarının çoğunluğu bu iki kavram arasında bir fark olduğunu ifade etmekle birlikte ETNBTE öncesinde az sayıda öğretmen adayı bu farklılığa yönelik bir açıklama yaparken, eğitim sonrasında bu sayının ve yapılan açıklamaların niteliğinin arttığı görülmüştür. ETNBTE süresince yer yer bu kavramların farklı kurum ya da kişiler tarafından yapılan tanımlarına yer verilmesi, bu tanımların ortak ve farklı yönlerinin tartışılması ve tanımların uygun örneklerle desteklenmesi bu artışın sebebi olarak düşünülebilir. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji terimlerine yönelik bu sonuçlar NBT-KİT'nden elde edilen sonuçlarla birlikte değerlendirilebilir. NBT-KİT'nden elde edilen bulgulara göre her iki anahtar kavram için de ETNBTE sonrasında ilişkilendirilen cevap kelime sayısında bir artış olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte uygulanan eğitim sonrasında nanobilim ve nanoteknoloji terimleriyle ilişkilendirilen kelimeler arasında; nano, ferrofluid, ferromanyetik ve atomik kuvvet gibi daha özel kavramlara yer verilmesi, öğretmen adaylarının bu terimlere yönelik gelişen kavramsal anlayışları ile ilişkilendirilebilir.

ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının nanoboyut için yaptıkları açıklamalar çoğunlukla “bilimsel olarak kabul edilemez” kategorisinde ve nanoboyut için verdikleri örnekler çoğunlukla “uygun olmayan örnek” kategorisinde değerlendirilmiştir. Bu durum öğretmen adaylarının boyut anlayışlarının yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir. Bu sonuç literatürdeki çalışmaların sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Örneğin Jones vd. (2008) tarafından deneyimli ve deneyimsiz öğretmenlerin uzamsal ölçek kavramlarının araştırıldığı çalışmada, hem deneyimli hem de deneyimsiz öğretmenlerin insan ölçeğindeki (bir metre ya da vücut uzunluğundaki) bilgilerinin ve küçük boyutlarla karşılaştırıldığında büyük boyutlarla ilgili bilgilerinin daha doğru olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca deneyimli öğretmenlerin deneyimsiz olanlara göre nm gibi küçük ölçeklerle ilgili kavramlarının daha doğru olduğu belirlenmiştir. Kumar da (2007) öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji üzerine genel bilgilerini araştırdığı çalışmada öğretmen adaylarının boyut anlayışlarının yeterli olmadığını belirlemiştir. Mevcut çalışmada tespit edilen bu durum öğretmen adaylarının geçmiş bilgi birikimi ve deneyimleriyle ilgili olabilir. Öğretmen adayları günlük hayatlarında ve eğitimleri sürecinde aldıkları bazı derslerde çeşitli nesnelere karşılaşmakta, bazen gerçekleştirdikleri ölçümlerle bu nesnelere boyutlarını belirlemektedir. Ancak öğretmen adaylarının karşılaştığı bu

nesneler genellikle günlük yaşamlarında sıklıkla karşılaştıkları nesneler olmakta ve gerçekleştirdikleri ölçümler makro boyutta yer almaktadır. Buna karşılık öğretmen adayları daha küçük boyutlarda yer alan nesneler ve bunların boyutlarıyla ilgili bilgilerle daha az karşılaşmaktadır. Bu nedenle öğretmen adaylarının nanoboyutu açıklamak ve boyutla ilgili örnekler vermek için zorlanmış olabilecekleri düşünülmektedir.

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının nanoboyut açıklamaları için “bilimsel olarak kabul edilebilir” kategorisinde yer alan yanıt sayısında görülen artış, uygulanan eğitim süresince nesnelerin boyutlarını belirleme ve büyüklüklerine göre nesnelere sıralama etkinliklerine ve sunumlarda bu sıralamalara ilişkin görsel figürlere yer verilmesi ve bu bilgilerin videolarla desteklenmesinden kaynaklanmış olabilir. Boyut ve ölçek konusunun, nanobilim ve nanoteknolojiyi anlamak için bilinmesi gereken temel konulardan (Wansom vd., 2009) biri olduğu (Stevens vd., 2009) düşünüldüğünde hem öğrencilerin hem de öğretmen adaylarının hem günlük yaşamda karşılaşılan nesnelerin boyutları hem de çok daha büyük ya da çok daha küçük nesnelerin boyutlarına yönelik anlayış geliştirmelerini desteklemek amacıyla fen dersleri ve diğer uygun dersler kapsamında çeşitli etkinliklere yer verilebilir. Boyut ve ölçek konusunun ele alındığı derslerde katılımcılara daha fazla örnek sunularak konuyu daha iyi anlamaları ve farklı büyüklüklerde nesnelerin boyutları arasında ilişkiler kurmaları sağlanabilir. Ayrıca Hingant ve Albe'nin de (2010) ifade ettiği gibi öğretim programlarında ve ders kitaplarında uygun kavramlar için “nano” ifadesi kullanılarak ya da “nm” şeklinde boyutları belirtilerek bu konuda farkındalık oluşturulabilir.

ETNBTE öncesinde “nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?” sorusuna oldukça az sayıda öğretmen adayı cevap vermiş ve verilen bu cevapların çoğunluğu “bilimsel olarak kabul edilebilir” kategorisinde yer almıştır. Bu soruya paralel olarak sorulan “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” sorusuna da yine az sayıda öğretmen adayı cevap vermiş ancak bu soru için verilen cevapların çoğunluğu “bilimsel olarak kabul edilemez” kategorisinde yer almıştır. Son olarak öğretmen adaylarına atomik kuvvet mikroskobunun çalışma prensibi sorulmuştur ve ETNBTE öncesinde öğretmen adaylarının hiçbiri bu soruyu cevaplayamamıştır. Bu bulgular dikkatle incelendiğinde, nanoboyutta gözlem yapmaya olanak tanıyan araçlarla ilgili

öğretmen adaylarına sorulan soruların derinliği arttıkça verilen cevapların niteliğinin azaldığı görülmektedir. Bu durum öğretmen adaylarının geçmiş bilgileri ile ilgili olabilir. Öğretmen adayları Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulaması ve Genel Biyoloji Laboratuvarı derslerinde ışık mikroskopları ile karşılaşmakta ve bunları basit düzeyde kullanmaktadır. Ancak öğretmen adayları atomik kuvvet mikroskobu ve nanoboyutta gözlem yapmaya olanak tanıyan diğer mikroskoplarla herhangi bir deneyim sahibi olmamaktadır. Ayrıca ilkökul ve lise düzeyi fen derslerinde de bu konulara yer verilmemektedir (MEB, 2013a; 2013b; 2013c; 2013d). Bu durum öğretmen adaylarının araçlar konusunda eksik bilgilerinin temel nedeni olarak düşünülebilir. Lin vd. (2013) de yürüttükleri çalışmada “boyut ve ölçek”, “maddenin yapısı”, “kuvvetler ve etkileşimler”, “boyuta bağlı özellikler”, “araçlar ve gereçler” ve “fen, teknoloji ve toplum” olmak üzere altı boyuta odaklanmışlardır. Çalışma sonucunda katılımcıların soyut (kuvvetler ve etkileşimler) ve aşına olmadıkları (araçlar ve gereçler) konularla karşılaştırıldığı zaman, “maddenin yapısı”, “boyuta bağlı özellikler” ve “fen, teknoloji ve toplum” gibi daha önce okulda öğrendikleri konularda daha doğru cevaplar verdikleri görülmüştür. Bu sonuçlar mevcut çalışmanın bulgularını destekler niteliktedir. ETNBTE sonrasında “nanoboyutta nasıl gözlem yapılabilir?”, “Işık mikroskobu ile nanoboyut gözlemlenebilir mi?” ve “atomik kuvvet mikroskobunun çalışma prensibi nedir?” soruları için verilen cevapların sayısının ve niteliğinin arttığı görülmüştür. ETNBTE süresince atomik kuvvet mikroskobunun çalışma prensibini göstermek amacıyla yapılan etkinlikler, araçlarla ilgili olarak sunumlarda sağlanan bilgiler ve konu ile ilgili yararlanılan videolar öğretmen adaylarının anlayışlarındaki gelişimin nedeni olabilir. Öğretmen adaylarının araçlar ve teknikler konusunda daha donanımlı yetişmesini sağlamak amacıyla özellikle laboratuvar derslerinde bu konulara daha çok yer verilebilir ve daha detaylı bilgiler sunulabilir. Öğretmen adaylarının ışık mikroskobunun yanı sıra diğer mikroskop türleri ile tanışması sağlanarak daha kalıcı bilgiler edinmeleri desteklenebilir.

ETNBTE öncesinde self assembly, lotus etkisi ve ferrofluid kavramları ile ilgili sorulara hiçbir öğretmen adayının cevap veremediği görülmüştür. Öğretmen adayları bu kavramlara yönelik herhangi bir duyuma sahip değillerdir ve dolayısıyla bir açıklama da geliştirememişlerdir. Bu durum öğretmen adaylarının geçmiş bilgileriyle

ilişkilendirilebilir. Bu kavramlar ETNBTE süresince “Eşsiz özellikler ve davranışlar” ve “Nanoteknoloji uygulamaları” konuları içerisinde öğretmen adaylarına tanıtılmıştır. Konu başlıklarından da görüldüğü gibi bu kavramlar açıklanmak için daha fazla içerik bilgisine ihtiyaç duyulan, nanobilim ve nanoteknoloji gibi konunun genel kavramlarına göre günlük yaşamda karşılaşılma olasılığı daha az bulunan kavramlardır. Ayrıca bu kavramlara lisans öncesindeki dönemlerde alınan fen dersleri içinde yer verilmediği bilinmektedir (MEB, 2013a; 2013b; 2013c; 2013d). Dolayısıyla öğretmen adayları konu ile ilgili bilgi birikimine sahip değildir. Bu durum öğretmen adaylarının ETNBTE öncesinde bu kavramlara yönelik duyum ve açıklamalarının olmamasının nedeni olarak düşünülebilir. Literatürde benzer sonuçların elde edildiği çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Stavrou (2013) öğretmen adaylarının nanoölçekte boyuta bağlı özellikler kavramlarını incelemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, ilkökul (fen) ve lise düzeyi (fizik ve kimya) öğretmen adaylarından oluşan iki grubu incelemiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının nanoboyutta meydana gelen olayları açıklama yeteneği arasında, fenedeki farklı geçmişlerinden kaynaklanan bir farklılık olduğunu belirlemiştir. ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının bu kavramlara yönelik açıklamalar geliştirebildikleri görülmüştür. Uygulanan eğitim sürecinde bu kavramlara yönelik etkinliklerin ve açıklamaların yapılması ve edinilen bilgilerin sunumlarla ve videolarla desteklenmesi, eğitim sonrasında öğretmen adaylarının bu kavramlara yönelik açıklama geliştirebilmelerinin nedeni olarak düşünülebilir.

Fen bilimleri öğretmen adayları ETNBTE öncesinde ve sonrasında nanoteknolojinin avantajlarının, dezavantajlarından daha fazla olduğunu düşünmektedir. Cobb ve Macoubrie (2004), Ekli ve Şahin (2010), Ekli (2010), Farshchi vd. (2011), Kahan vd. (2007), Macoubrie (2006) ve Senocak (2014) da gerçekleştirdikleri çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. ETNBTE öncesinde nanoteknolojinin en fazla ifade edilen avantajı “sosyal” kategorisinde yer alırken uygulanan eğitim sonrasında “sağlık” ve “sosyal” kategorilerindeki avantajları öne çıkmıştır. Yapılan çok sayıda çalışmada nanobilim ve nanoteknolojinin en önemli yararı sağlık alanında sağlanacak ilerlemeler olarak görülmektedir (Besley vd., 2008; Cobb ve Macoubrie, 2004; Ekli ve Şahin, 2010). Benzer sonuçlar daha özel bir çalışma grubu hedefleyerek bilim insanlarının nanoteknolojinin avantajlarına yönelik

düşüncelerine odaklanan çalışmalarda da elde edilmiştir (Corley vd., 2009; Scheufele vd., 2007). ETNBTE öncesinde nanoteknolojinin en fazla ifade edilen dezavantajı “sağlık” ve “çevre” kategorilerinde yer alırken, uygulanan eğitim sonrasında “sosyal” kategorisinde yer almıştır. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmaların sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Örneğin Cobb ve Macoubrie (2004) toplumun nanoteknoloji algılarını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, küçük gözetleme cihazlarının kullanımıyla kişisel gizliliğin kaybedilmesinin, toplum için nanoteknolojinin en önemli riskini oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Scheufele vd. (2007) tarafından yapılan, toplum ve bilim insanları tarafından nanoteknolojinin risk ve yararlarının nasıl algılandığını karşılaştıran çalışmada, toplum için nanoteknolojinin en önemli riski “gizliliğin kaybı” olarak ifade edilmiştir. Bu durum mevcut çalışmada fen bilimleri öğretmen adayları tarafından “kişisel gizliliğin tehdit edilmesi” ya da “özel hayatın kalmaması” şeklinde ifade edilmiş ve sosyal kategorisinde değerlendirilmiştir. Nanoteknoloji alanında uzman kişilerin görüşlerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmalarda da nanoteknolojinin en önemli riski olarak sağlık ve çevresel zararların öne çıktığı görülmektedir (Besley vd., 2008; Corley vd., 2009; Scheufele vd., 2007). Öğretmen adaylarının ETNBTE öncesinde nanoteknolojinin avantajları ve dezavantajları için verdikleri örneklerin sınırlı sayıda olduğu, uygulanan eğitim sonrasında ise örneklerin arttığı ve yaklaşık olarak tüm kategorileri temsil eden bir örneğin bulunduğu belirlenmiştir. Bu artış öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji anlayışlarında bir gelişmenin olduğuna işaret etmektedir. ETNBTE boyunca nanoteknoloji uygulamaları için çok sayıda ve farklı alanlara yönelik örneklerin verilmesi ve bu örnekler üzerine tartışmalar yapılmasının yanı sıra öğretmen adaylarının bu süreçte birçok yeni malzeme ve uygulamayla ilk kez karşılaşmış ve bunları tanıma ve test etme fırsatı yakalamış olması, nanobilim ve nanoteknoloji anlayışlarında gelişmeye olanak sağlamış olabilir. Ayrıca ETNBTE sonrasında “sosyal” kategorisinin nanoteknolojinin hem avantajı hem de dezavantajı için öne çıkmış olması, öğretmen adaylarının gerçekçi bir anlayış edindiklerinin ve böylece nanoteknolojiyi birden fazla yönüyle düşünüp değerlendirebildiklerinin bir göstergesi olarak düşünülebilir. Aynı doğrultuda öğretmen adaylarının nanoteknolojinin toplumu nasıl etkileyeceği sorusuna verdikleri yanıtların, ETNBTE öncesinde en fazla “olumlu” kategorisinde

yer alırken, uygulanan eğitim sonrasında “kullanım amacına göre değişen” kategorisinde yer alması nanobilim ve nanoteknoloji anlayışlarındaki değişimin bir işareti olarak değerlendirilebilir.

NBT-KT’nden elde edilen bulgular genel olarak yorumlandığında fen bilimleri öğretmen adaylarının ETNBTE sonrasında nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik kavramsal anlayışlarında olumlu değişimlerin meydana geldiği görülmektedir.

NBT-FA’nden elde edilen bulgulara göre öğretmen adaylarının ETNBTE öncesinde orta düzeyde nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığına sahip oldukları görülmektedir. Literatürde bulunan birçok çalışmada nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı, bu kavramlara yönelik duyularla ilişkilendirilmiştir. Peter D. Hart Research Associates (2008) tarafından hazırlanan raporda katılımcıların %75’inin ve Retzbach vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada katılımcıların %78,4’ünün nanoteknoloji konularında duyularının olmadığı ya da çok az olduğu ve Amerikan toplumunun bu konularda farkındalığının yeterli düzeyde olmadığı belirtilmiştir. Farshchi vd. (2011) İran halkının nanoteknolojiye karşı farkındalık ve tutumlarını araştırdıkları çalışmada, toplumun %79,8’inin nanoteknoloji konularında duyularının olmadığı ya da çok az olduğunu belirlemiş ve bu doğrultuda toplumun nanoteknolojiye yabancı olduğunu ve farkındalık düzeylerinin düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Senocak (2014) Türk halkının nanoteknoloji anlayışlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, toplumun %56,4’ünün büyük kısmının nanoteknoloji duyularının olmadığı ya da çok az olduğunu ve toplumun nanoteknolojiye yabancı olduğunu tespit etmiştir. Ahmed vd. (2015) Pakistan’ın bazı eğitim kurumlarındaki öğretmen ve öğrencilerin nanoteknolojiye karşı tutum ve farkındalık düzeylerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, katılımcıların yaklaşık %77’sinin nanoteknoloji duyularının olduğunu, bununla birlikte katılımcıların %47’sinin konu ile ilgili çeşitli kaynaklar okuduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle araştırmacılar, katılımcıların yalnız %44’ünün konu ile ilgili farkındalığa sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2015) Çin halkının nanoteknolojiye karşı algı ve tutumlarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada halkın nanoteknoloji duyularının yüksek oranda olması (%88,4) nedeniyle farkındalıklarının da yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.



Çalışmalarda elde edilen verilerin çoğunluğunun, katılımcıların kendilerinin bildirdiği farkındalık düzeyine odaklanması, toplumun nanobilim ve nanoteknoloji konusunda bilgilerinin yeterli düzeyde olmadığı şeklinde varılan fikir birliğinin altında yatan temel nedeni oluşturmaktadır. Oldukça az sayıdaki çalışma katılımcıların kendi bildirimleri dışında, özel anlamda gerçekten ne kadar bilgiye sahip olduklarını değerlendirmek amacıyla yapılan testleri içermektedir ve bu testler aracılığıyla nanobilim ve nanoteknoloji konusunda sahip olunan anlayışların farklı yönleri belirlenebilmekte (Besley, 2010) ve böylece katılımcıların mevcut durumu hakkında daha ayrıntılı bilgiler edinilebilmektedir. Mevcut çalışmada da bu düşünce doğrultusunda nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı, sadece bu iki kavrama yönelik duyuların, katılımcıların farkındalık düzeylerini açıklamak için yeterli olmayacağı düşüncesiyle duyularla ilişkilendirilmemiştir. Kavram testinden elde edilen bulgularda belirtildiği üzere, öğretmen adaylarının bu kavramlara yönelik duyuları yüksek olmasına rağmen farkındalık testinden aldıkları puanların yüksek olmaması da bu düşüncüyü destekleyen bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Yukarıda da belirtildiği gibi amacına uygun olarak hazırlanan testlerle katılımcıların duyum oranlarından fazlası elde edilebilir. Çünkü bu testler değerlendirilmek üzere hazırlandığı konunun farklı boyutlarını içerir ve böylece yapılacak değerlendirme için daha geniş bir bakış açısı sunar. Ancak Lin vd. (2013)'nin belirttiği gibi katılımcıların gerçek anlayışlarını tam olarak değerlendirebilmek mümkün görülmemektedir. Buna karşılık ana konuları kapsayan bir ölçme aracı yoluyla elde edilen ölçümler, katılımcıların kendi bildirimleri ile birleştirilerek yorumlandığında, mevcut durum ile ilgili daha net bir görüntü sunar ve katılımcıların anlayışları üzerine elde edilen ölçümlerden yaptığımız çıkarımlarda bize daha büyük bir güven verir.

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının farkındalık ortalama puanlarının arttığı ve öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarında meydana gelen bu artışın anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, düzenlenen ETNBTE'nin öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarını geliştirmede önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir. Ayrıca NBT-FA'nde yer alan her bir madde için farkındalık ortalama puanlarının artmış olması,

ölçme aracının içeriğine uygun bir eğitim gerçekleştirildiğinin göstergesi olarak değerlendirilebilir.

ETNBTE sonrasında öğretmen adaylarının kavramsal anlayış, farkındalık ve bilişsel düzeylerinde dikkate değer bir gelişme gözlenmiştir. Bu durum, bireylerin nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlayışlarını, farkındalıklarını ve dolayısıyla nano-okuryazarlıklarını geliştirmek üzere öğretim etkinliklerinin tasarlanmasıyla ilgili olarak yapılan fen eğitimi araştırmalarını geliştirmeye teşvik eden bir sonuç olarak düşünülebilir. Bu sonuç çalışmanın genel sonucunu ifade eder ve literatürde çeşitli eğitim programları yoluyla öğretmenlerin (Albe, 2012; Blonder, 2011; Huffman vd., 2015), üniversite öğrencilerinin (Furlan, 2009; Park vd., 2009; Tahan vd., 2006) ve ilköğretim öğrencilerinin (S. Y. Lin vd., 2015; Tarng vd., 2011) nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik anlayış ve bilgisinin geliştiğini gösteren çalışmaların sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Literatürde bulunan ve farklı alanlarda yapılan etkinlik temelli öğretimin benimsendiği çalışmalarda bu yöntemin olumlu sonuçları sıklıkla ifade edilmiştir. Örneğin fen eğitimi alanında yapılan çalışmalarda etkinlik temelli öğretimin; farklı eğitim düzeyi ve meslek gruplarından katılımcıların (Okur-Berberoğlu, 2015) ve fen ve teknoloji öğretmen adaylarının (Öztürk, 2013) çevresel farkındalığın gelişmesinde, ilköğretim öğrencilerinin doğaya yönelik kavramsal yapılarının ve algılarının gelişmesinde (Yardımcı, 2009), üstün yetenekli öğrencilerin ekolojik ayak izi farkındalığının gelişiminde (Karakaş vd., 2016), fizik öğretmenliği adaylarının ışıktaki girişim ve kırınım konusunda akademik başarılarının gelişmesinde (Kaya Şengören, 2006), ilköğretim öğrencilerinin iş-güç-enerji ünitesine yönelik kavramsal öğrenme düzeylerinin ve akademik başarılarının gelişmesinde (Turgut, 2001), fen bilgisi öğretmen adaylarının bazı temel büyüklüklere yönelik kavramsal anlayışlarının ve farkındalıklarının gelişiminde (Maral vd., 2012), farklı alanlarda eğitim gören öğretmen adaylarının yapılandırmacı öğrenme ortamı algılarının gelişmesinde (Kösterelioğlu ve Yapıcı, 2016) etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca etkinlik temelli öğretim ile okulöncesi, ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin değer kazanımında (Arabacı ve Akgül, 2013), matematik öğretmeni adaylarının teorik farkındalıklarının (Sevimli ve Delice, 2015) ve kavramsal ve işlemsel yeterliklerinin gelişiminde (Sevimli ve

Delice, 2016), ilköğretim öğrencilerinin dinleme becerilerinin gelişiminde (Doğan, 2008) de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları etkinlik temelli eğitimin etkili bir öğretim yaklaşımı olduğunu göstermekte ve bu durum mevcut çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir.

Uygulanan eğitim sonrasında öğretmen adaylarının ETNBTE boyunca en çok ilgilerini çeken ve en iyi öğrendiklerini düşündükleri konu “Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları” olurken, en az ilgilerini çeken ve iyi öğrenemediklerini düşündükleri konu “Nanoboyut ve ölçeklendirme” olmuştur. Öğretmen adaylarının en çok ilgilerini çeken konu ile en iyi anladıklarını düşündükleri konunun aynı olması ve en az ilgilerini çeken konu ile iyi öğrenemediklerini düşündükleri konunun aynı olması dikkat çekici bir bulgudur ve öğretmen adaylarının kendi öğrenmeleri hakkında tutarlı bir değerlendirme yaptıkları şeklinde yorumlanabilir.

ETNBTE programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji konularına benzer konuların üniversitede lisans öğretim programlarına eklenmesine yönelik, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu olumlu görüş belirtmiştir. Bu bulgu Elmarzugi vd. (2014) tarafından elde edilen bulgularla uyum göstermektedir. Araştırmacılar gerçekleştirdikleri çalışmada katılımcıların %60'ının nanobilim ve nanoteknoloji konularının lisans düzeyindeki öğretim programlarına eklenmesine yönelik olumlu görüş belirtmişlerdir. Nanobilim ve nanoteknoloji konuları üzerine ilköğretim (Feather ve Aznar, 2011; Poteralska vd., 2007) ve lise (Lu, 2011; Poteralska vd., 2007; Sagun-Gököz, 2012) düzeyi için eğitim programlarının hazırlanmış olması (Jones vd., 2015), nanobilim ve nanoteknoloji eğitimin tüm eğitim düzeylerine entegre edilebileceğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir. Öğretmenlerin hizmet öncesi ve hizmet içi eğitim dönemlerinde nanobilim ve nanoteknoloji konularıyla karşılaşmamış olması, bu konuların öğretimi ile ilgili öğretmenlerin karşısında bir engel oluşturmaktadır (Bamberger ve Krajic, 2012; Blonder ve Mamlok-Naaman, 2014; Greenberg, 2009). Öğretmenlerin bu yeni içeriklerin öğretiminden er ya da geç sorumlu tutulacak olması öğretmenlerin mesleki gelişimini zorunlu kılmaktadır (Hingant ve Albe, 2010). Bu nedenle üniversitelerin lisans eğitimi programlarına, özellikle fen bilgisi, fizik, kimya ve biyoloji öğretmenliği bölümleri için temel

düzeyde nanobilim ve nanoteknoloji öğretimi üzerine zorunlu ya da seçmeli derslerin eklenmesi faydalı olabilir.

Öğretmen adaylarının çoğunluğu ETNBTE'ni faydalı bulduğu belirtmiştir. Öğretmen adaylarından bu düşüncelerinin nedenlerini açıklamaları istendiğinde; sıklıkla eğitimin etkinlik temelli olması, deneysel olması, görsel öğelere ve materyallere yer verilmesi, işbirlikli ve yaparak-yaşayarak öğrenme imkanı vermesi gibi ifadelere başvurdukları görülmüştür. Aslında bu özelliklerin tamamının etkinlik temelli eğitimin bünyesinde bulunduğu söylenebilir ve yapılan birçok araştırmada etkinlik temelli öğretimin, etkili ve faydalı bir öğretim yaklaşımı olduğu vurgulanmaktadır. Daha özel anlamda düşünülecek olursa, nanobilim ve nanoteknoloji öğretiminde uygulamalı etkinliklerin (Cheng vd., 2014; Hutchinson vd., 2007) ve materyal kullanımının öğrencilerin bu konulara gösterdikleri ilgi üzerinde büyük payının olduğu bilinmektedir (Hutchinson vd., 2007). Bu nedenle nanobilim ve nanoteknoloji konuları üzerine öğretimsel çalışmalar ya da öğretim programları tasarlanırken etkinlik temelli öğretim yaklaşımlarına yer verilmesi, öğrencilerin yaparak-yaşayarak öğrenmeler gerçekleştirmelerine ve bilgilerini kendilerinin yapılandırmalarına olanak sağlayarak kalıcı bilgiler edinmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca konu ile ilgili mümkün olduğunca fazla ve birbirinden farklı materyaller sunulması öğrencilerin öğrendikleri bilgilerle bu bilgilerin günlük yaşamdaki yeri arasında ilişki kurmalarına yardımcı olabilir.

## 6. 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, <http://doi.org/10.1166/jne.2015.1074>.
- Akbaş, T. ve Özarıslan, C. (2007). Nanoteknoloji ve tarımda uygulama olanakları. *Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi*, 5-6 Eylül, 2007, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Akdoğan Eker, A. (2008). *Nano malzemeler*. [http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/endustriyelmalzeme/Nano\\_Malzemeler.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/endustriyelmalzeme/Nano_Malzemeler.pdf), Erişim Tarihi: 25.10.2016.
- Akkuş, Z. (2015). Activity – based teaching in social studies education : An action research. *Educational Research and Reviews*, 10(14), 1911–1921, <http://doi.org/10.5897/ERR2015.2261>.
- Aktürk, C. (2013). *ZnO nano sistemlerinin sentezlenmesi ve manyetik özelliklerinin elektron paramanyetik rezonans (Epr) spektroskopisi ile incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Albe, V. (2012). Nanoscience and nanotechnologies education: Teachers' knowledge. C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Ed.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Lyon, France.
- Amin, J. A. (2011). *Development and implementation of an activity based science teaching programme for pre service student teachers*. Doktora Tezi, Maharaja Sayajirao University of Baroda, Department of Education (CASE) Faculty of Education and Psychology.
- Anıl, Ö. ve Küçüközer, H. (2010). Ortaöğretim 9. sınıf öğrencilerinin düzlem ayna konusunda sahip oldukları ön bilgi ve kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(3), 104–122.
- Arabacı, İ. B. ve Akgül, T. (2013). Elazığ ilinde uygulanan etkinlik temelli değer öğretimi uygulamalarının değerlendirilmesi. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 11(25), 7-31.
- Asaduzzaman, A., & Asmatulu, R. (2016). A learner-centered computational experience in nanotechnology for undergraduate STEM students. *6<sup>th</sup> IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 05 Mar, 2016, Princeton, NJ, USA.
- Aslan, O. ve Şenel, T. (2015). Fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363–389.

- Aslan, O., Şenel, T., & Zor, E. (2014). Preservice science teachers' awareness of nanoscience and nanotechnology. *10<sup>th</sup> Nanoscience and Nanotechnology Conference*, June 17–21, 2014, İstanbul, Turkey.
- Autumn, K., & Gravish, N. (2008). Gecko adhesion : Evolutionary nanotechnology. *Philosophical Transactions of Royal Society A*, 366, 1575–1590. <http://doi.org/10.1098/rsta.2007.2173>.
- Aydin, F. (2016). The relationship between pre-service science teachers ' cognitive styles and their cognitive structures about technology. *Research in Science & Technological Education*, 33(1), 88-110.
- Bach, A.-M., & Waitz, T. (2015). International activities in nanoscale science and engineering education. *International Conference New Perspectives In Science Education*.
- Bahar, M. ve Özatlı, N. S. (2003). Kelime iletişim test yöntemi ile lise 1. Sınıf öğrencilerinin canlıların temel bileşenleri konusundaki bilişsel yapılarının araştırılması, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 75-85.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33(3), 134–141, <http://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655653>.
- Bainbridge, W. S. (2002). Public attitudes toward nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 4, 561–570.
- Bamberger, Y. M., & Krajic, J. (2012). Teacher belief and change about integrating nanoscale science and technology into a secondary science curriculum. *Electronic Journal of Science Education*, 16(1), 1-20.
- Ban, K., & Kocijancic, S. (2011). Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula. *2<sup>nd</sup> World Conference on Technology and Engineering Education*, 5-8 September, 2011, Ljubljana, Slovenia.
- Bansal, V., & Kumar, R. (2012). Activity based learning new method of learning : A case study of teach-next. *International Journal of Research in Economics & Social Sciences*, 2(2), 414–428.
- Baran, E., Canbazoğlu Bilici, S. ve Mesutoğlu, C. (2015). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) spotu geliştirme etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi (ATED)*, 5(2), 60–69.
- Benli, B. (2008). Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nanoyapılar. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi (Kibited)*, 1(3), 143–162.
- Besley, J. (2010). Current research on public perceptions of nanotechnology. *Emerging Health Threats Journal*, 3(e8). <http://doi.org/10.3134/ehjt.10.164>.

- Besley, J. C., Kramer, V. L., & Priest, S. H. (2008). Expert opinion on nanotechnology: Risks , benefits , and regulation. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 549–558. <http://doi.org/10.1007/s11051-007-9323-6>.
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: Lessons from nature – An overview. *Philosophical Transactions of Royal Society A*, 367, 1445–1486. <http://doi.org/10.1098/rsta.2009.0011>.
- Bhushan, B. (2010). Introduction to nanotechnology. B. Bhushan (Ed.), *Springer Handbook of Nanotechnology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Dordrecht, London.
- Bhushan, B. (2016). Introduction to nanotechnology: History, status, and importance of nanoscience and nanotechnology education. K. Winkelmann & B. Bhushan (Ed.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*, Springer International Publishing, Switzerland, <http://doi.org/10.1007/978-3-319-31833-2>.
- Bilgin, I., Coşkun, H., & Aktaş, I. (2013). The effect of 5E learning cycle on mental ability of elementary students. *Journal of Baltic Science Education*, 12(5), 592–607.
- Blonder, R. (2010). The influence of a teaching model in nanotechnology on chemistry teachers' knowledge and their teaching attitudes. *Journal of Nano Education*, 2, 67–75, <http://doi.org/10.1166/jne.2010.1004>.
- Blonder, R. (2011). The story of nanomaterials in modern technology: An advanced course for chemistry teachers. *Journal of Chemical Education*, 88(1), 49–52.
- Blonder, R., & Dinur, M. (2012). Teaching nanotechnology using student-centered pedagogy for increasing students' continuing motivation. *Journal of Nano Education*, 3, 1–11, <http://doi.org/10.1166/jne.2011.1016>.
- Blonder, R., & Mamlok-Naaman, R. (2014). Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(3), 345–372.
- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 500–516, <http://doi.org/10.1039/c2rp20026k>.
- Bowen R, Hilal N. (2009). *Atomic Force Microscopy in Process Engineering*, Oxford, Elsevier.
- Bowman, D. M., & Hodge, G. A. (2007). Nanotechnology and public interest dialogue: Some international observations. *Bulletin of Science Technology Society*, 27, 118-132, DOI:10.1177/0270467606298216.

- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Brune, H., Ernst, H., Grünwald, W., Hofmann, H., Krug, H., Janich, P., Mayor, M., Rathgeber, W., Schmid, G., Simon, U., Vogel, V. (2006). *Nanotechnology: Assessment and Perspectives*, Springer:Heidelberg.
- 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, <http://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0029>.
- Büyüköztürk, Ş. (2012), *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı* (17. Baskı), Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2013). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (14. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Caballero-Diaz, E., Simonet, B. M., & Valcarcel, M. (2013). The social responsibility of nanoscience and nanotechnology : An integral approach. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(1554), <http://doi.org/10.1007/s11051-013-1534-4>.
- Carlos, L. D., Sá Ferreira, R. A., & Zea Bermudez, V. (2009). Organic–inorganic hybrids for light-emitting devices and integrated optics. L. Merhari (Ed.), *Hybrid Nanocomposites for Nanotechnology: Electronic, Optical, Magnetic and Biomedical Applications*, Springer.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M., & Crone, W. C. (2007). Nanotechnology and the public : Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9, 183–189, <http://doi.org/10.1007/s11051-006-9160-z>.
- Celep, Ş. ve Koç, E. (2008). Nanoteknoloji ve tekstilde uygulama alanları. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, 17-7, 43–52.
- Chang, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nanotoday*, 1(2), 6–7.
- Chanunan, S. (2010). A hands-on experiment based professional training program on fundamental nanoscience and nanotechnology for Thai high school science teachers. I. Maciejowska & P. Cieśla (Ed.), *10<sup>th</sup> European Conference on Research in Chemistry Education*, July 04-07, 2010, Pedagogical University of Kraków, Kraków.
- Chen, A. (2002). *The ethics of nanotechnology*. <http://www.actionbioscience.org/biotechnology/chen.html?print=1>, Erişim Tarihi: 20.02.2017.



- Cheng, J.-C., Hung, J.-F., & Huang, T.-C. (2014). Promoting middle school students' understanding and situational interest in integrating nanotechnology into science curriculum. *US-China Education Review A*, 4(1), 48–53.
- Choo, C. B. (2007). Activity-based approach to authentic learning in a vocational institute. *Educational Media International*, 44(3), 185–205. <http://doi.org/10.1080/09523980701491633>.
- Cobb, M. D., & Macoubrie, J. (2004). Public perceptions about nanotechnology : Risks , benefits and trust. *Journal of Nanoparticle Research*, 6, 395–405.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Cohen, L., Manion, L. & Marison, K. (2007). *Research Methods in Education*. 6th edition, New York and London: Routledge.
- Corley, E. A., Scheufele, D. A., & Hu, Q. (2009). Of risks and regulations : How leading U.S . nanoscientists form policy stances about nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 11, 1573–1585, <http://doi.org/10.1007/s11051-009-9671-5>.
- Coughlan, A., Johnson, D., Diefes-Dux, H. A., Douglas, K. A., Erk, K., Faltens, T. A., & Strachan, A. (2014). Enhanced learning of mechanical behavior of materials via combined experiments and nanoHUB simulations: Learning modules for sophomore MSE students. *Proceedings of the Materials Research Society Symposium*, Boston, MA.
- Crerar, B. (2014). *The lycurgus cup: Transformation in glass*, <https://blog.britishmuseum.org/?s=lycurgus>, Erişim Tarihi: 08.11.2016.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative Inquiry and Research: Choosing Among Five Traditions*. 3<sup>rd</sup> edition, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Cullinane, A., Murphy, J., & Walshe, G. (2013). Applications of nanoscience in the biology classroom. *Resource & Research Guides*, 4(6), 1–4.
- Çıracı, S. (2006). Ulusal nanoteknoloji araştırma merkezi (UNAM): Nanobilim ve Nanoteknolojide Türkiye'nin bir mükemmeliyet merkezi. *Bilim ve Teknik*, (Aralık), 2-4.
- Çıracı, S. (2007). UNAM-Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü: Nanobilim ve Nanoteknolojide Türkiye'nin Bir Mükemmeliyet Merkezi, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, XXVI, <http://www.mfa.gov.tr/unam--malzeme-bilimi-ve-nanoteknoloji-enstitusu--nanobilim-ve-nanoteknolojide-turkiye-nin-bir-mukemmeliyet-merkezi-.tr.mfa>. Erişim Tarihi: 20.10.2016.
- Çıracı, S., Gülseren, O., Akkaya, E., Arıkan, S., Dağ, Ö., Erkoç, Ş., Hakioglu, T., Oral, A., Özbay, E., Özenbaş, M., Öztürk, M., Pişkin, E., Turan, R. (2004).

*Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri.* Ankara, TÜBİTAK.  
[http://www.emo.org.tr/ekler/118806694c9d9b1\\_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube](http://www.emo.org.tr/ekler/118806694c9d9b1_ek.pdf?tipi=38&turu=X&sube)  
 Erişim Tarihi: 28.08.2014.

- Demirel, R. ve Aslan, O. (2014). Kavram karikatürleriyle desteklenen fen ve teknoloji öğretiminin öğrencilerin akademik başarıları ve kavramsal anlamalarına etkisi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 10(2), 368–392.
- Deppert, K., Kullberg, R., & Samuelson, L. (2008). Engineering nanoscience: A curriculum to satisfy the future needs of industry. A. E. Sweeney & S. Seal (Ed.), *Nanoscale Science and Engineering Education*. American Scientific Publishers.
- Doğan, Y. (2008). İlköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin dinleme becerisini geliştirmede etkinlik temelli çalışmaların etkililiği. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 261-286.
- Dowling, A., Clift, R., Grobert, N., Hutton, D., Oliver, R., O'Neill, O., Pethica, J., Pidgeon, N., Porritt, J., Ryan, J., Seaton, A., Tendler, S., Welland, M., & Whatmore, R. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Latimer Trend Ltd, Plymouth, UK.
- Drexler KE. (1986). *Engines of Creation*, Garden City, N.Y., Anchor Press/Doubleday.
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 37–60, <http://doi.org/10.1080/03057268308559904>.
- Ekli, E. (2010). *İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgi ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarının bazı değişkenler açısından araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- 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, <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.392>.
- Elmarzughi, N. A., Keleb, E. I., Mohamed, A. T., Benyones, H. M., Bendala, N. M., Mehemed, A. I., & Eid, A. M. (2014). Awareness of Libyan students and academic staff members of nanotechnology. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(06), 110–114.
- Ercan, F., Taşdere, A. ve Ercan, N. (2010). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla bilişsel yapının ve kavramsal değişimin gözlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(2), 136–154.

- Erkoç, Ş. (2007). *Nanobilim ve Nanoteknoloji*, (2. Baskı). Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- European Commission (EC). (2005). *Nanosciences and nanotechnologies: an action plan for Europe 2005-2009*. Brussels: European Commission.
- European Commission (EC). (2013). *Nanoyou report summary*. [http://cordis.europa.eu/result/rcn/56067\\_en.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/56067_en.html), Erişim Tarihi: 31.10.2016.
- European Commission (EC). (2016). *Nanotechnology education for industry and society*. [http://cordis.europa.eu/project/rcn/105496\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/105496_en.html), Erişim Tarihi: 31.10.2016.
- Evans, B. J. (2008). Nanotech clothing fabric “ never gets wet ”. *New Scientist*, 2–3, <http://doi.org/10.1002/adfm.200800755>.
- Farshchi, P., Sadrnezhad, K. S., Nejad, N. M., Mahmoodi, M., & Ibrahimi Ghavam Abadi, L. (2011). Nanotechnology in the public eye : The case of Iran , as a developing country. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 3511–3519, <http://doi.org/10.1007/s11051-011-0274-6>.
- Feather, J. L., & Aznar, M. F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL.
- Ferris, R. (2014). *Process Engineering of Nanotechnology*. <https://www.emersonprocessxperts.com/2014/01/process-engineering-of-nanotechnology/>, Erişim Tarihi: 08.11.2016.
- Feynman R. P. (1960). There is plenty of room at the bottom. *Engineering and Science*, 23(5), 22-36.
- Foley, E. T., & Hersam, M. C. (2006). Assessing the need for nanotechnology education reform in the United States. *Nanotechnology Law & Business*, 3(4), 467–484.
- Fonash, S. J. (2001). Education and training of the nanotechnology force. *Journal of Nanoparticle Research*, 3, 79–82.
- Furlan, P. Y. (2009). Engaging students in early exploration of nanoscience topics using hands-on activities and scanning tunneling microscopy. *Journal of Chemical Education*, 86(6), 705–711.
- Gardner, G., Jones, G., Taylor, A., Forrester, J., & Robertson, L. (2010). Students’ risk perceptions of nanotechnology applications : Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32(14), 37–41, <http://doi.org/10.1080/09500690903331035>.
- Geller, J., & Dios, R. (1998). A low-tech, hands-on approach to teaching sorting algorithms to working students. *Computers & Education*, 31, 89-103.

- Gowthaman, N.S.K., Kesavan, S., John, S. A. (2016). Monitoring isoniazid level in human fluids in the presence of theophylline using gold@platinum core@shell nanoparticles modified glassy carbon electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 230, 157-166, <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2016.02.042>.
- Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom : Perspectives on nanoscience education projects. *ACS Nano*, 3(4), 762-769.
- Güneşoğlu, C. (2009). Nanoteknoloji ve tekstil sektöründeki uygulamaları (nano tekstiller). *Mühendis ve Makina*, 50(591), 25-34.
- Gyalog, T. (2007). Nanoscience education in Europe. *Europhysicsnews*, 38(1), 13-15.
- Heeren, H. Van. (2006). *Nanotechnology and lifestyle*. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a476779.pdf>, Erişim Tarihi: 25.10.2016
- Herr, D. J. C. (2016). The need for convergence and emergence in twenty-first century nano-STEAM+ educational ecosystems. K. Winkelmann & B. Bhushan (Ed.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*, Springer International Publishing, Switzerland.
- 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.
- Hovardas, T., & Korfiatis, K. J. (2006). Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Learning and Instruction*, 16, 416-432, <http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.003>.
- Huang, H., Chen, W., Chen, S., & Wee, A. T. S. (2008). Bottom-up Growth of Epitaxial Graphene on 6H-SiC(0001). *ACS Nano*, 2(12), 2513-2518.
- Huffman, D., Ristvey, J., Tweed, A., & Palmer, E. (2015). Integrating nanoscience and technology in the high school science classroom. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 81-102, <http://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0020>.
- Hunt, G., & Mehta, M. (2005). Introduction: The challenge of nanotechnologies. G. Hunt & M. Mehta (Ed.), *Nanotechnology: Risk, Ethics and Law*, London: Earthscan.
- Hutchinson, K., Bryan, L., & Bodner, G. (2009). Supporting secondary teachers as they implement new science and engineering curricula: Case examples from nanoscale science and engineering education. *2009 Annual Conference & Exposition*, Austin, Texas.
- Hutchinson, K., Shin, N., Stevens, S. Y., Yunker, M., Delgado, C., Giordano, N., & Bodner, G. (2007). Exploration of student understanding and motivation in

nanoscience. *National Association for Research in Science Teaching*, April 15-18, 2007, New Orleans, Louisiana.

Işıklı, M., Taşdere, A. ve Göz, N. L. (2011). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla öğretmen adaylarının atatürk ilkelerine yönelik bilişsel yapılarının incelenmesi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 50–72.

İpek Akbulut, H., Şahin, Ç. ve Çepni, S. (2013). İş ve enerji konusu ile ilgili kavramsal değişimin incelenmesi : İkili yerleşik öğrenme modeli örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 241–268.

İpek Akbulut, H., Şahin, Ç. ve Çepni, S. (2014). İkili yerleşik öğrenme modeline göre geliştirilen öğretim materyalinin öğrencilerin bilişsel öğrenme düzeylerine ve kavramsal anlamalarına etkisinin incelenmesi. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 47–75.

Jeykumari, D. R. S.& Narayanan, S. S. (2009). Functionalized carbon nanotube-biopolymer biocomposite for amperometric sensing. *Carbon*, 47, 957–966.

Jones, M. G., Andre, T., Kubasko, D., Bokinsky, A., Tretter, T., Negishi, A., Taylor, R., Superfine, R. (2003). Remote atomic force microscopy of microscopic organisms : Technological innovations for hands-on science with middle and high school students. *Science Education*, 88(1), 55–71, <http://doi.org/10.1002/sce.10112>.

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013a). Nanotechnology and nanoscale science : Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490–1512, <http://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828>.

Jones, M. G., Falvo, M. R., Taylor, A. R., & Broadwell, B. P. (2007). *Nanoscale Science: Activities for Grades 6-12*. Arlington, VA: NSTA Press.

Jones, M. G., Gardner, G. E., Falvo, M., & Taylor, A. (2015). Precollege nanotechnology education : A different kind of thinking. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 117–127. <http://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0014>.

Jones, M. G., Paechter, M., Yen, C., Gardner, G., Taylor, A., & Tretter, T. (2013b). Teachers' concepts of spatial scale : An international comparison. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2462–2482, <http://doi.org/10.1080/09500693.2011.610382>.

Jones, M. G., Tretter, T., Taylor, A., & Oppewal, T. (2008). Experienced and novice teachers' concepts of spatial scale. *International Journal of Science Education*, 30(3), 409–429, <http://doi.org/10.1080/09500690701416624>.

Kadıoğlu, F. (2010). *Fen öğretiminde öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik düşünceleri*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- 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*.
- Kan, A. (2009). Ölçme sonuçları üzerinde istatistiksel işlemler. H. Atılğan (Ed.), *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*, Ankara: Anı Yayıncılık.
- Karakaş, H., Doğan, A. ve Sarıkaya, R. (2016). Etkinlik temelli eğitimin üstün yetenekli öğrencilerin ekolojik ayak izi farkındalığına etkisi. *Turkish Studies*, 11(3), 1365-1386.
- Karanfil, T. (t.y.). *Nanoteknolojinin uzay ve havacılıkta kullanımı* <http://tolgakaranfil.webnode.com.tr/products/nanoteknolojinin-uzay-ve-havacilikta-kullanimi/>, Erişim Tarihi: 26.10.2016.
- Karataş, F. Ö. ve Ülker, N. (2014). Kimya öğrencilerinin nano bilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(3), 103–118, <http://doi.org/10.12973/tused.10121a>.
- Kawasaki, E. S., & Player, A. (2005). Nanotechnology , nanomedicine , and the development of new , effective therapies for cancer. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 1, 101–109, <http://doi.org/10.1016/j.nano.2005.03.002>.
- Kaya Şengören, S. (2006). *Optik dersi ışıkta girişim ve kırınım konularının etkinlik temelli öğretimi: İşbirlikli öğrenme yönteminin etkilerinin araştırılması*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Khan, A. S. (2014). Ethics and nanotechnology. *Proceedings of the IEEE 2014 International Symposium on Ethics in Engineering, Science, and Technology* Chicago, Illinois: IEEE Press Piscataway, NJ, USA.
- Kırtak Ad, V. N. ve Kocakulah, M. S. (2013). Fizik ve fen bilgisi öğretmen adayları farkı fark edebiliyor mu ? Kütle ve ağırlık merkezi kavramları örneği. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 10(4), 56–74.
- Kocakulah, S., Ustunluoglu, E. ve Kocakulah, A. (2005). The effect of teaching in native and foreign language on students' conceptual understanding in science courses. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(2), 1–30.
- Kocakulah, A. (2006). *Geleneksel öğretimin ilk, orta ve yükseköğretim öğrencilerinin görüntü oluşumu ve renklere ilişkin kavramsal anlamalarına etkisi*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Kocakulah, M. S. ve Kenar Açıl, Z. (2011). İlköğretim öğrencilerinin gözüyle “Yerçekimi nerededir?” *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 8(2), 135–152.
- Kocakulah, M. S. ve Kural, M. (2012). Ortaöğretim öğrencilerinin üretken öğrenme modeline göre tasarlanan öğretim ile tek yarıktaki kırınım konusundaki kavramsal

- değişimlerinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(1), 338–375.
- Kösterelioğlu, İ. ve Yapıcı, M. (2016). Etkinlik temelli öğrenme sürecinin öğretmen adaylarının yapılandırmacı öğrenme ortamı algılarına etkisi. *International Journal of Human Sciences*, 13(1), 1342-1354, doi: 10.14687/ijhs.v13i1.3640.
- Kulik, T., & Fidelus, J. D. (2007). *Nanoforum report: Education in the field of nanoscience*. Warsaw.
- Kumar, D. D. (2007). Nanoscale science and technology in teaching. *Australian Journal of Education in Chemistry*, 68, 20–22.
- Kural, M. ve Kocakulah, M. S. (2014). Fikirler arası çatışmaya dayalı öğretimin öğrencilerin ince zarda girişim konusundaki kavramsal anlamalarına etkisi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1), 50–97.
- Laherto, A. (2010a). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160–175.
- Laherto, A. (2010b). Interdisciplinary aspects of nanoscience and nanotechnology for informal education. M. F. Taşar & G. Çakmakçı (Ed.), *Contemporary Science Education Research: Teaching*. Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- Laherto, A. (2011). Incorporating nanoscale science and technology into secondary school curriculum : Views of nano-trained science teachers. *Nordiana*, 7(2), 126–139.
- Laherto, A. (2012). Research-based strategies for illustrating the nanoscale in an exhibition. A. Lindell, A. L. Kähkönen, & J. Viiri (Ed.), *Physics Alive. Proceedings of the GIREP-EPEC Conference*, 1-5 August, 2011, Jyväskylä. Jyväskylä.
- Lakhtakia, A. (2006). Priming pre-university education for nanotechnology. *Current Science*, 90(1), 37–40.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Lee, C., Scheufele, D. A., & Lewenstein, B. V. (2005). Public attitudes toward emerging technologies. *Science Communication*, 27(2), 240–267, <http://doi.org/10.1177/1075547005281474>.
- Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I., & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education*, 33(1), 22–37, <http://doi.org/10.1080/02635143.2014.971733>.

- Lin, S.-F., Chen, J.-Y., Shih, K.-Y., Wang, K.-H., & Chang, H.-P. (2015). Science teachers' perceptions of nanotechnology teaching and professional development: A survey study in Taiwan. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 71–80, <http://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0019>.
- Lin, S.-F., Lin, H.-S., & Wu, Y.-Y. (2013). Validation and exploration of instruments for assessing public knowledge of and attitudes toward nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 548–559, <http://doi.org/10.1007/s10956-012-9413-9>.
- Liu, X., Yu, M., Kim, H., Marnett, M., & Stellacci, F. (2012). Determination of monolayer-protected gold nanoparticle ligand–shell morphology using NMR. *Nature Communications*, 3, 1-9.
- Lu, C. (2011). Effect of nanotechnology instructions on senior high school students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(2), 1–18.
- Macoubrie, J. (2006). Nanotechnology: Public concerns, reasoning and trust in government. *Public Understanding of Science*, 15, 221–241, <http://doi.org/10.1177/0963662506056993>.
- Maral, Ş., Oğuz-Ünver, A. ve Yürümezoğlu, K. (2012). Temel ölçme bilgi ve becerilerinin etkinlik temelli öğretimine yönelik bir çalışma. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12(1), 541-563.
- Maynard, V., Hsu, M., Chen, K., & Chang, R. P. H. (2006). Laying the foundation for nanoscience and nanotechnology with an introductory module for high school students. *113<sup>th</sup> Annual ASEE Conference and Exposition*, 18-21 June, 2006, Chicago, IL, United States.
- Mcfarland, A. D., Haynes, C. L., Mirkin, C. A., Duyne, R. P. Van, & Godwin, H. A. (2004). Color my nanoworld. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 544A–544B.
- Miles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative Data Analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2013a). *İlköğretim Kurumları (İlkokullar ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2013b). *Ortaöğretim Biyoloji Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2013c). *Ortaöğretim Kimya Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.



- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2013d). *Ortaöğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Murday, J. S. (2009). *NSF workshop report: Partnership for nanotechnology education*. University of South California, Los Angeles, [http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/educ09\\_murdyworkshop.pdf](http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/educ09_murdyworkshop.pdf), Erişim Tarihi: 10.12.2015.
- Murday, J. S. (2010). *Workshop report: International benchmark workshop on K-12 nanoscale science and engineering education (NSEE)*. Washington, DC.
- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013). *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-28030-6>.
- Nanoscale Science, Engineering, and Technology Subcommittee; Committee on Technology; National Science and Technology Council. (2004). *National Nanotechnology Initiative Strategic Plan*. [https://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nni\\_strategic\\_plan\\_2004.pdf](https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_strategic_plan_2004.pdf) Erişim Tarihi: 08.09.2015.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education. Board on Science Education and Board on Testing and Assessment, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- 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 & Society*, 9(2), 159–171, <http://doi.org/10.1080/13698570701306856>.
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington: The National Academies Press.
- Ng, W. (2009). Nanoscience and nanotechnology for the middle years. *Teaching Science*, 55(2), 16–24.
- Nouailhat, A. (2010). The revolution in techniques used in observation and imagery, in *An Introduction to Nanoscience and Nanotechnology*, ISTE, London, UK. doi: 10.1002/9780470610954.ch3.
- Okur-Berberoğlu, E. (2015). Ekopedagoji temelli sınıfdışı çevre eğitiminin çevre farkındalığı üzerinde etkisi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12-1(23), 67-81.

- Öner Armağan, F. (2015). Cognitive structures of elementary school students : What is science ? *European Journal of Physics Education*, 6(2), 54–73.
- Özer, Y. (2008). *Nanobilim ve nanoteknoloji: Ülke güvenliği / etkinliği açısından doğru modelin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Ankara.
- Özgüz, V. (t.y.). Türkiye’ de Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme. [http://www.sp.k12.tr/IMG/pdf/tr\\_nanotek\\_st\\_pulcherie\\_150512-2.pdf](http://www.sp.k12.tr/IMG/pdf/tr_nanotek_st_pulcherie_150512-2.pdf), Erişim Tarihi: 25.10.2016.
- Öztürk, E. (2013). *Uluslararası bir çevre eğitimi projesinin fen ve teknoloji öğretmen adaylarının çevre bilincine etkisi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pajares, M. Frank. (1992). Teachers’ beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-332.
- Palmquist, B. C., & Finley F. (1997). Preservice teachers’ views of the nature of science during a post baccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 595-615.
- Park, E. J., Swarat, S., Light, G., & Drane, D. (2009). Student awareness of conceptual variations in a key nanoscience concept: Conceptual change in an engineering course. *Research in Engineering Education Symposium*. Palm Cove, QLD.
- PCAST. (2008). *The National Nanotechnology Initiative: Second Assessment and Recommendations of the National Nanotechnology Advisory Panel*. [ADA481269](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_fifth_nni_review_oct2014_final.pdf), Erişim Tarihi: 08.09.2015.
- PCAST. (2014). *Report to the president and congress of the fifth assessment of the national nanotechnology initiative*. [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast\\_fifth\\_nni\\_review\\_oct2014\\_final.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_fifth_nni_review_oct2014_final.pdf), Erişim tarihi 08.09.2015.
- Peter D. Hart Research Associates. (2008). *Awareness of and attitudes toward nanotechnology and synthetic biology*. Washington, DC. <https://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7040/final-synbioreport.pdf>, 07.09.2014.
- Planinšič, G., & Kovač, J. (2008). Nano goes to school: A teaching model of the atomic force microscope. *Physics Education*, 43(1), 37–45, <http://doi.org/10.1088/0031-9120/43/01/002>.
- Poire, N. P. 2011. *The Great Transformation of 2021*. USA: Publisher (ISBN: 9780557948901).

- Poteralska, B., Zielinska, J., & Mazurkiewicz, A. (2007). The development of education and training systems in the field of nanotechnology. *Journal of College Teaching & Learning*, 4(6), 7–16.
- Pradeep, T. (2007). *Nano: The Essentials Understanding Nanoscience and Nanotechnology*. TataMcGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Rajab, M., Mougin, K., Derivaz, M., Josien, L., Luchnikov, V., Toufaily, J., Hariri, K., Hamieh, T., Lohmus, R., & Haidar, H. (2015). Controlling shape and spatial organization of silver crystals by site-selective chemical growth method for improving surface enhanced Raman scattering activity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 484, 508–517.
- Ramsden J. J. (2011). Chapter 2 - The Nanoscale. In Ramsden J. J. (Eds) *Nanotechnology*. Oxford: William Andrew Publishing.
- Ratner, M., & Ratner, D. (2002). *Nanotechnology : A Gentle Introduction to the Next Big Idea*. New Jersey: Prentice Hall Pub.
- Retzbach, A., Marschall, J., Rahnke, M., Otto, L., & Maier, M. (2011). Public understanding of science and the perception of nanotechnology: The roles of interest in science , methodological knowledge , epistemological beliefs , and beliefs about science. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 6231–6244, <http://doi.org/10.1007/s11051-011-0582-x>.
- Roco, M. C. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: Opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*, 21(10), 1247–1249.
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: The national nanotechnology initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 427–445, <http://doi.org/10.1007/s11051-010-0192-z>.
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2001). *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*. Arlington, Virginia.
- Roco, M. C., Mirkin, C. A., & Hersam, M. C. (2010). *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020: Retrospective and Outlook*. NSF/WTEC report, Springer, [http://www.wtec.org/nano2/Nanotechnology\\_Research\\_Directions\\_to\\_2020/](http://www.wtec.org/nano2/Nanotechnology_Research_Directions_to_2020/).
- Rubab, S. (2012). Introducing nano science education at pre-university level. *School Science*, 49(4), 24–28.
- Sagun-Gököz, B. (2012). *Design and implementation of a nanoscience & nanotechnology workshop: Investigating 11<sup>th</sup> grade students' awareness and conceptual understanding of nanoscience & nanotechnology*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Sahin, N., & Ekli, E. (2013). Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, <http://doi.org/10.1007/s10798-013-9233-0>.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38(3), 521–538, <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1152518>.
- Sanal. (2012). *Maryland State STEM Standards of Practice*. [http://mdk12.msde.maryland.gov/instruction/academies/marylandstatestemstandards/sofpractice\\_.pdf](http://mdk12.msde.maryland.gov/instruction/academies/marylandstatestemstandards/sofpractice_.pdf), Erişim Tarihi: 06.11.16
- Sanal. (t.y.-a). *Nanotechnology Timeline*. <http://www.nano.gov/timeline>, Erişim Tarihi: 11.09.2015.
- Sanal. (t.y.-b). *Nanoteknoloji araştırma ve uygulama merkezi (SU-NUM)*. <http://www.sabanciuniv.edu/en/research/nanotechnology-research-and-application-center-sunum>, Erişim Tarihi: 20.10.2016.
- Sanal. (t.y.-c). *Nanoteknoloji ve uygulamaları*. <http://nanoteknolojinedir.com/upload/files/201303190540Nanoteknoloji-ve-uygulamalari.pdf>, Erişim Tarihi: 11.13.2014.
- Sanal. (t.y.-d). *How does a SEM work?* <https://www.purdue.edu/epps/rem/rs/sem.htm>, Erişim Tarihi: 23.03.2017.
- Sanal. (t.y.-e). *Nanoscience classroom product overview*. <http://www.nanoscience.com/applications/education/nanoscience-classroom/nanoscience-classroom/>. Erişim Tarihi: 17.11.2014.
- Sanal. (t.y.-f). *Üç boyutlu yüksek çözünürlüklü optik mikroskobun çalışma prensibi*. <http://deneyselfip.istanbul.edu.tr/prensibi/>, Erişim Tarihi: 17.11.2014.
- Sanal. (t.y.-g). *Why a nationwide information campaign about nanotechnology?* <http://www.nanotruck.de/en/initiative-nanotruck/project-goal.html>, Erişim Tarihi: 15.10.2013.
- Sanal. (t.y.-ğ). *What is nanosense?* <http://nanosense.sri.com/>. Erişim Tarihi: 31.10.2016.
- Sanal. (t.y.-h). *Nanotechnology Made Clear*, <http://www.understandingnano.com>, Erişim Tarihi: 31.11.2016.
- Sanal. (t.y.-ı). *Şimdi nano zamanı*. <http://www.timefornano.eu/tr>, Erişim Tarihi: 31.11.2016.
- Sanal. (t.y.-i). *Nano-tech science education proje özeti*. <http://www.ntse-nanotech.eu/index.asp?lang=TR>, Erişim Tarihi: 10.12.2014.

- Sanal. (t.y.-j). *Hands-on nano activities*. <http://www.stanford.edu/> Erişim Tarihi: 27.11.2014.
- Sandhu, A. (2006). Who invented nano ? *Nature Nanotechnology*, 1, 87.
- Schank, P., Krajcik, J., & Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a catalyst for education reform?. In: F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, J. Weckert (Editors), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*, Hobeken, NJ: Wiley Publishing.
- Scheufele, D. A., & Lewenstein, B. V. (2005). The public and nanotechnology : How citizens make sense of emerging technologies. *Journal of Nanoparticle Research*, 7, 659–667, <http://doi.org/10.1007/s11051-005-7526-2>.
- Scheufele, D. A., Corley, E. A., Dunwoody, S., Shih, T., Hillback, E., & Guston, D. H. (2007). Scientists worry about some risks more than the public. *Nature Nanotechnology*, 2(12), 732–734.
- Sebastian, V., & Gimenez, M. (2016). Teaching nanoscience and thinking nano at the macroscale : Nanocapsules of wisdom. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 489–495, <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.075>.
- Semenderoğlu, F. ve Aydın, H. (2014). Öğrencilerin biyoteknoloji ve genetik mühendisliği konularını kavramsal anlamalarına yapılandırmacı yaklaşımın etkisi. *Turkish Studies*, 9(8), 751–773.
- Senocak, E. (2014). A survey on nanotechnology in the view of the Turkish public. *Science Technology & Society*, 19(1), 79-94, <http://doi.org/10.1177/0971721813514265>.
- Senocak, E. (2015). A course to create informed turkish undergraduate students on nanotechnology. *Journal of Nano Education*, 7, 52–57, <http://doi.org/10.1166/jne.2015.1076>.
- Sevimli, E. ve Delice, A. (2015). Teknoloji destekli öğretim teorik farkındalığı geliştirebilir mi? analizin temel teoremi örneği. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 6(1), 68-92.
- Sevimli, E. ve Delice, A. (2016). Bilgisayar cebir sistemi destekli öğretimin kavramsal-işlemsel yeterliklere etkisinin incelenmesi: integral örneği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 1-17.
- Shah, I., & Rahat, T. (2014). Effect of activity based teaching method in science. *International Journal of Humanities and Management Sciences*, 2(1), 39–41.
- Sheetz, T., Vidal, J., Pearson, T. D., & Lozano, K. (2005). Nanotechnology : Awareness and societal concerns. *Technology in Society*, 27, 329–345, <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.010>.

- Stavrou, D. (2013). Pre- service primary and science teachers' conceptions about the emergence of novel properties at the nanoscale. C. P. Constantinou, P. Nicos, & A. Hadjigeorgiou (Ed.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Nicosia, Cyprus.
- Stevens, S. Y., & Krajcik, J. S. (2009). *Defining the construct: The big ideas in nanoscale science and engineering*. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.
- Stevens, S., Sutherland, L., Schank, P., & Krajcik, J. (2009). *The Big Ideas of Nanoscience: A Guidebook for Secondary Teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Sweeney, A. E., Seal, S., & Vaidyanathan, P. (2003). The promises and perils of nanoscience and nanotechnology: Exploring emerging social and ethical issues. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 23, 236–245. <http://doi.org/10.1177/0270467603256078>.
- Şahin, F. ve Hacıoğlu, Y. (2010). Bilimsel tartışma destekli örnek olayların 8 . sınıf öğrencilerinin “kalıtım” konusunda kavram öğrenmelerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisi. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, 11-13 November, 2010 Antalya-Turkey.
- Şenel, A. (2009). *Nanoteknoloji kavramlarına ilişkin rehber materyal geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şenel, T. ve Aslan, O. (2014). Ortaokul ve lise fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarının çeşitli değişkenlere göre incelenmesi. *XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 11-14 Eylül, 2014, Adana, Türkiye.
- Tahan, C., Leung, R., Zenner, G. M., Ellison, K. D., Crone, W. C., & Miller, C. A. (2006). Nanotechnology and society: A discussion-based undergraduate course. *American Journal of Physics*, 74(5), 443-448, <http://doi.org/10.1119/1.2178845>.
- Taniguchi N. (1974). On the basic concept of 'nano-technology'. *Proceedings of The International Conference on Production Engineering*. Tokyo, Japan Society of Precision Engineering.
- Tarnag, W., Chang, C., Lin, C., Pei, J., & Lee, C. (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 (IJRRCS)*, 2(6), 1255–1263.
- Taştan Kırık, Ö. ve Kaya, H. (2014). 6. sınıf öğrencilerinin hücre konusundaki kavramsal yapıları hakkında nitel bir çalışma. *International Online Journal of Educational Sciences*, 6(3), 737–760.

- Taylor, A., & Jones, G. (2009). Proportional reasoning ability and concepts of scale : Surface area to volume relationships in science. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1231-1247, <http://doi.org/10.1080/09500690802017545>.
- Tessman, J. M. (2009). *Students' Conceptions of Nanoscience Phenomena: The Beginning of A Nanoscience Concept Inventory*. Yüksek Lisans Tezi, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Tilya, F. (2003). *Teacher support for the use of MBL in activity-based physics teaching in Tanzania*. Doktora Tezi, Enschede: University of Twente.
- Turgut, H. (2001). *Fen bilgisi öğretiminde yapılandırmacı öğretim yaklaşımı ile modellendirilmiş etkinliklerin öğrencide kavramsal gelişime ve başarıya etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uldrich, J., & Newberry, D. (2005). *Sıradaki Büyük Şey Aslında Çok Küçük*. (Çeviren: Tolga Alıcı). Ledo Yayınları.
- Vikipedi. (t.y.-a). Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Ulusal\\_Nanoteknoloji\\_Ara%C5%9Ft%C4%B1rma\\_Merkezi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Ulusal_Nanoteknoloji_Ara%C5%9Ft%C4%B1rma_Merkezi), Erişim Tarihi: 20.10.2016.
- Vikipedi. (t.y.-b). Taramalı Elektron Mikroskobu. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Taramalı\\_elektron\\_mikroskobu](https://tr.wikipedia.org/wiki/Taramalı_elektron_mikroskobu), Erişim Tarihi: 16.11.2014.
- Vikipedi. (t.y.-c). *Scanning tunneling microscope*. [http://www.wikiwand.com/en/Scanning\\_tunneling\\_microscope#/References](http://www.wikiwand.com/en/Scanning_tunneling_microscope#/References), Erişim Tarihi: 05.01.2017.
- Vikipedi. (t.y.-d). [https://tr.wikipedia.org/wiki/Atomik\\_kuvvet\\_mikroskobu](https://tr.wikipedia.org/wiki/Atomik_kuvvet_mikroskobu), Erişim Tarihi: 05.01.2017.
- Waldron, A. M., Spencer, D., & Batt, C. A. (2006). The current state of public understanding of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 8, 569-575, <http://doi.org/10.1007/s11051-006-9112-7>.
- Wansom, S., Mason, T. O., Hersam, M. C., Drane, D., Light, G., Cormia, R., Stevens, S., Bodner, G. (2009). A rubric for post-secondary degree programs in nanoscience and nanotechnology. *International Journal of Engineering Education*, 25(3), 615–627.
- Watson, G. (2006). Technology professional development: Long-term effects on teacher self-efficacy, *Journal of Technology and Teacher Education*, 14, 151-165.
- Yardımcı, A. (2012). Nanoteknoloji hızlı geliyor. *Ekonomik forum*, (Temmuz 2012), 34–39.

- Yardımcı, E. (2009). *Yaz bilim kampında yapılan etkinlik temelli doğa eğitiminin ilköğretim 4 ve 5. Sınıftaki çocukların doğa algılarına etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bolu.
- Yawson, R. M. (2012). An epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy. *International Journal of Technology and Design Education*, 22, 297–310, <http://doi.org/10.1007/s10798-010-9145-1>.
- Yawson, R. M., & Greiman, B. C. (2016). A systems approach to identify skill needs for agrifood nanotechnology: A multiphase mixed methods study. *Human Resource Development Quarterly*, 1–29, <http://doi.org/10.1002/hrdq>.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri (6. Baskı)*. Ankara: Seçkin Kitabevi.
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research Design and Methods*. (3rd ed.). London, England: Sage Publications.
- Yükseltürk, A. (2008a). *Taramalı Tünelleme Mikroskobu*. <http://nanoturkiye.blogspot.com.tr/2008/04/nano-101-tarama-tnelleme-mikroskobu.html>, Erişim Tarihi: 16.11.2014.
- Yükseltürk, A. (2008b). *Nanoçocuğun Maceraları TRT 1 Ekranlarında*. <http://nanoturkiye.blogspot.com.tr/2008/12/nanococukun-maceralari-trt-ekranlarinda.html>, Erişim Tarihi: 09.10.2013.
- Zenner, G. M., Crone, W. C., Miller, C. A., Ellison, K. D., Tahan, C., & Leung, R. (2006). Introducing nano and society issues into the undergraduate and graduate classrooms. *9th International Conference on Engineering Education*. San Juan, PR.
- 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, <http://doi.org/https://doi.org/10.1093/scipol/scv020>.
- Zhang, L., Gu, F. X., Chan, J. M., Wang, A. Z., Langer, R. S., & Farokhzad, O. C. (2008). Nanoparticles in medicine : Therapeutic applications and developments. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 83, 761-769, <http://doi.org/10.1038/sj.clp>.
- Zhang, L., Pornpattananangkul, D., Hu, C. M. J., & Huang, C. M. (2010). Development of nanoparticles for antimicrobial drug delivery. *Current Medicinal Chemistry*, 17, 585-594, <http://doi.org/10.2174/092986710790416290>.
- Zinin, P. (t.y.). *Transmission Electron Microscope*. <http://www.soest.hawaii.edu/HIGP/Faculty/sksharma/GG711/GG711Lec15TEM.pdf>, Erişim Tarihi: 10.10.2016.



- Zor, E. & Bekar, N. (2017a). Lab-in-a-syringe using gold nanoparticles for rapid colorimetric chiral discrimination of enantiomers. *Biosensors and Bioelectronics*, 91, 211-216, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bios.2016.12.031>.
- Zor, E. (2016). *Grafen tabanlı modifiye elektrotların kiral yapıları ayırt etme özelliklerinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Zor, E., Morales-Narváez, E., Alpaydin, S., Bingol, H., Ersoz, M., & Merkoçi, A. (2017b). Graphene-based hybrid for enantioselective sensing applications. *Biosensors and Bioelectronics*, 87,410–416.
- Zor, E., Oztekin, Y., Ramanaviciene, A., Anusevicius, Z., Bingol, H., Barkauskas, Y., Ersoz, M., & Ramanavicius, A. (2014a). Amperometric glucose biosensor based on glucose oxidase, 1,10-phenanthroline-5,6-dione and carbon nanotubes. *Journal of The Electrochemical Society*, 161(13), H3064-H3069.
- Zor, E., Saglam, M. E., Akin, I., Saf, A. O., Bingol, H., & Ersoz, M. (2014b). Green synthesis of reduced graphene oxide/nanopolypyrrole composite: Characterization and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> determination in urine. *RSC Advances*, 4, 12457–12466.
- Zorbas, V., Ortiz-Acevedo A., Dalton, A. B., Yoshida, M. M., Dieckmann, G. R., Draper, R. K., Baughman, R. H., Jose-Yacaman, M., & Musselman, I. H. (2004). *Journal of the American Chemical Society*, 126(23), 7222–7227.

## 7. EKLER

## Ek-1: ETNBTE'nden örnek bir ders süreci

<b>Konu</b>	Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özellikler ve maddelerin davranışları
<b>Tarih</b>	17.12.2015
<b>Süre</b>	90 dakika
<b>Etkinliğin Adı</b>	Lotus Etkisini Keşfedelim!
<b>Tanıtım</b>	Bu etkinlikte öğrenciler lotus etkisini keşfetmek için, çeşitli bitki yüzeylerini ve bunların maddelerle etkileşimlerini araştırmak için 5E öğretim yaklaşımını kullanır.
<b>Amaç</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gözlem becerilerini geliştirmek,</li> <li>• Yaprakların fiziksel özellikleri hakkında çıkarımlar yapmak için gözlem becerilerini kullanmak.</li> </ul>
<b>Bilimsel Süreç Becerileri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gözlem</li> <li>• Tahmin</li> <li>• Karşılaştırma</li> <li>• Veri toplama</li> <li>• Verileri analiz etme</li> </ul>
<b>Malzemeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 tane damlalık</li> <li>• 5 küçük bardak / beher</li> <li>• Mısır şurubu</li> <li>• Sıvı tutkal</li> <li>• 1 tüp toz grafit</li> <li>• Sahte kanlı damlalıklı şişe</li> <li>• Lotus etkisine sahip bitki örneği</li> <li>• Bitki yaprağı örneği</li> <li>• Su</li> <li>• Tebeşir tozu</li> </ul>
<b>Hazırlık</b>	Araştırmacı derse başlamadan önce laboratuvarında örnek olay metninde açıklanan suç sahnesini hazırlar.
<b>Uygulama</b>	<b>Giriş</b>
	Öğretmen adayları derse geldikten sonra selamlaşılır ve derse başlanır. Araştırmacı gruplara örnek olay metnini dağıtır ve gönüllü bir öğretmen adayı metni yüksek sesle okur. Öğretmen adaylarından bu süreçte örnek olayda anlatılan durumu hayal etmeleri ve önemli gördükleri durumları not almaları istenir.
	<b>Keşfetme</b>
	Bu aşamada öğretmen adaylarına örnek olay metninde geçen bitkileri temsil eden bitki örnekleri ve ilgili çalışma kağıtları dağıtılır ve verilen yönergelere göre çalışma kağıtlarını grupça tamamlamaları istenir.
	<b>Açıklama</b>
	Öğretmen adayları çalışma kağıtlarındaki etkinlikleri tamamladıktan sonra elde ettikleri verileri sınıftaki diğer gruplarla paylaşmak ve sonuçları tartışmak üzere teşvik edilir. Başlangıç olarak grup sözcülerinin kaydettikleri verileri ve bu verilere nasıl ulaştıklarını paylaşmaları istenir ve sonuçlar tahtaya yazılır. Öğretmen adaylarının elde ettikleri verilere göre örnek olayda verilen açıklamaları yorumlamaları istenir.
	<b>Derinleştirme</b>
Açıklama aşamasından sonra öğretmen adaylarının konuyu pekiştirmeleri için lotus etkisinin uygulanabileceği yeni ürünler hayal etmeleri istenir. Bu tür ürünlerin sağlayabileceği potansiyel faydalar üzerine düşünceleri için zaman verilir. Beyin fırtınası yaptıktan sonra öğrenciler kendini temizleyen ürünlerin toplumu nasıl etkileyeceği üzerine düşüncelerini ifade ederler. Son olarak deney kitinde yer alan materyaller aracılığıyla lotus etkisine sahip yüzeyler oluşturulur ve bu yüzeyler test edilir.	
<b>Değerlendirme</b>	
Bu aşamada öğretmen adaylarının lotus etkisini açıklamaları istenir. Ayrıca neden bazı bitkilerin lotus etkisi gösterirken bazılarının göstermediği üzerine düşünceleri ve düşüncelerini sınıfla paylaşarak tartışmaları istenir. Lotus etkisine sahip teknolojik ürünler açıklanır.	

Şekil-18: “Lotus Etkisini Keşfedelim” etkinliği için hazırlanan sunum

**ETKİNLİK TEMELLİ  
NANOBİLİM ve NANOTEKNOLOJİ  
EĞİTİMİ**

**2.HAFTA: NANOBOYUTTA  
MADDELERİN SAHİP OLDUĞU  
ÖZELLİKLER VE MADDELERİN  
DAVRANIŞLARI**

**ETKİNLİK 3: LOTUS ETKİSİ**



**Vaka A3207-2015**

17 Aralık sabahı, mücevher mağazası müdürü Leyla Hanım ofise girdi. Şaşkınlık içinde ofisinin talan edildiğini, kasanın açılarak içindeki paraların ve vitrindeki tüm mücevherlerin çalındığını gördü. Güvenlik görevlisine seslendi ancak cevap alamadı. Leyla hanım güvenlik görevlisini girişe yakın bitkilerin yanında vurulmuş bir şekilde yatarak buldu. Öncelikle 112'yi arayarak durumu haber verdi. Güvenlik görevlisine yapılan ilk yardımdan sonra polisi çağırdı ve neler olduğunu anlattı.  Oldukça hevesli ve hırslı olmasına karşın bir o kadar da beceriksiz olan Ahmet komiser olay yerine ilk geldi ve başkomiser havasını olayı incelemeye başladı.  Dedektif Galip Derviş, olay yerine Ahmet komiserden bir saat sonra geldi. Galip Derviş olay yerinin kuralcandığını görünce şüphelendi ve hemen bu işte Ahmet komiserin parmağı olduğunu düşünmeye başladı. Birilerinin olay yerinin ortasına bir bitki koyduğunu ortaya çıktı. Ahmet komiser ise olay yerine müdahale edilmesini yalanladı. Eğer Ahmet komiser vurulma olayından sonra olay yerine bir bitki getirmediyse, o zaman neden bazı bitkiler kan kaplı iken bitkilerden biri gizemli bir şekilde kanla kaplı değil? Dedektif Galip Derviş, gizemli bitkinin neden olay yerinin kalanı gibi kanla kaplı olmadığını belirlemek için, yardımcısı Hülya'yı  ve hem arkadaşı hem de cinayet bürosunun baş komiseri olan İzzet Merdan'ı aradı. 

**Nanoboyutun Özellikleri ve Önemi**

- Nano boyutlarda malzemelerin sahip oldukları özellikler makroskopik boyutlardaki özelliklerinden tamamen farklı olmakta ve nano boyuta yaklaştıkça birçok farklı ve yararlı özelliklerle karşılaşmaktadır.
- Bu duruma; momentum, enerji ve kütle gibi iletim özelliklerinin **sürekli yerine kesikli** olarak tarif edilmesi, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışların **klasik yerine kuantum** olarak tanımlanması örnek gösterilebilir (TÜBİTAK, 2004).



- Kral Lycurgus Kupası camdan yapılmış olup ışığı geçirdiğinde kırmızı, ışığı yansıttığında ise yeşil renkli görünmektedir. MS 4. yüzyıla ait olan bu kupa 70 nm boyutlarında partiküller içermektedir (URL2, URL3).



- Farklı boyutlarda altın nanopartikül içeren çözeltiler

- Nanoboyutta maddelerin sahip olduğu özelliklerin makro boyuttaki özelliklerinden farklı olması kısaca 3 özellik ile açıklanmaktadır.

**yapışkan**



**titreşimli**



**pürüzlü**



**Lotus etkisi nedir?**

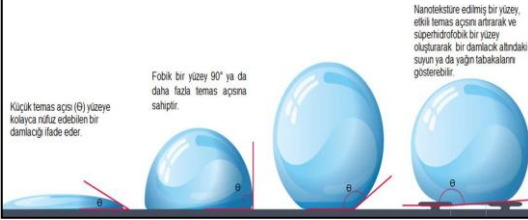
- Lotus çiçeği (Nelumbo nucifera), yaprakların kendi kendisini temizleyebilme özelliği nedeni ile birçok Asya ülkesinde temizlik sembolü olarak bilinmektedir.



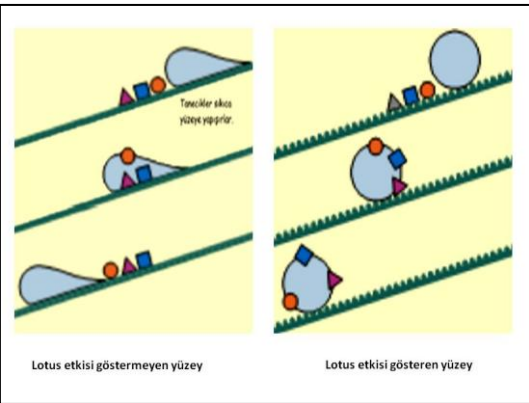
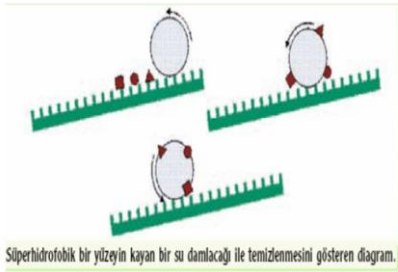


- Bu pürüzlülük, mumsu maddenin hidrofobik doğası ile birlikte yaprak yüzeyinin süperhidrofobik olmasına neden olur, çünkü yaprak yüzeyi ve su arasındaki temas alanı azaltılmıştır.

Temas açısı, bir damlamanın bir yüzeye çarptığı zaman nasıl yayıldığını ve böylece yüzeye nüfuz ederek onu ıslatmasının nasıl mümkün olduğunu bir ölçüsüdür.



- Bu bitkilerin yüzeylerini kuru tutmanın yanı sıra, üzerlerindeki birikinti ve sporları temizleyecek şekilde evrimleştiğine inanılır.



## Öğrenci Çalışma Kağıdı-1

**Grup No:**

**Üyeler:**

### Vaka A3Z07-2015

17 Aralık sabahı, mücevher mağazası müdürü Leyla Hanım ofise girdi. Şaşkınlık içinde ofisinin talan edildiğini, kasanın açılarak içindeki paraların ve vitrindeki tüm mücevherlerin çalındığını gördü. Güvenlik görevlisine seslendi ancak cevap alamadı. Leyla Hanım güvenlik görevlisini girişe yakın bitkilerin yanında vurulmuş bir şekilde yatarken buldu. Öncelikle 112'yi arayarak durumu haber verdi.

Güvenlik görevlisine yapılan ilk yardımdan sonra polisi çağırdı ve neler olduğunu anlattı. Oldukça hevesli ve hırslı olmasına karşın bir o kadar da beceriksiz olan Ahmet komiser olay yerine ilk geldi ve başkomiser



havasıyla olayı incelemeye başladı. Dedektif Galip

Derviş, olay yerine Ahmet komiserden bir saat sonra geldi. Galip Derviş

olay yerinin kurcalandığını görünce şüphelendi ve hemen bu işte Ahmet komiserin parmağı olduğunu düşünmeye başladı. Birilerinin olay yerinin ortasına bir

bitki koyduğu ortaya çıktı. Ahmet komiser ise olay yerine müdahale edilmesini yalanladı. Eğer Ahmet komiser vurulma olayından sonra olay yerine bir bitki getirmediyse, o zaman neden bazı bitkiler kan kaplı iken



bitkilerden biri gizemli bir şekilde kanla kaplı değildi?

Dedektif Galip Derviş, bu bitkinin neden olay yerinin kalanı gibi kanla kaplı olmadığını belirlemek için, yardımcısı Hülya'yı ve hem arkadaşı

hem de cinayet bürosunun baş komiseri olan İzzet Merdan'ı aradı.

### Aşağıdaki olay hakkında notlar alın:

Bu olayı araştıran ekibin bir parçası olarak, çevresindeki diğer bitkilerin aksine, gizemli bitkinin neden temiz kaldığını açıklamak için, bitkilerin yüzey özelliklerini siz araştırıyorsunuz.

### Tahminleriniz:

- Neden gizemli bitki kanlar içinde değil?
- Gizemli bitkinin yaprak yüzeyine kan damlatıldığında ne olur?

- Gizemli bitkinin yaprak yüzeyine 3-4 damla "kan" damlatın. Gözlemlerinizi aşağıya kaydedin.
- Kan bitkiye sıçramış ama bitkiye yapışmamış olabilir mi? Cevabınızı destekleyin.

**Ayrıca soruşturma:**

- Sizce tüm bitkilerde maddeler aynı şekilde davranır mı?

**Uygulama Süreci:**

Laboratuvar grubunda, size verilen tabloda sıralanan çeşitli maddelerle bitki yüzeylerinin etkileşimini test edin ve gözlemlerinizi tabloya kaydedin.

- Her yaprak yüzeyinin üzerine sıvı maddelerden (yapıştırıcı, kan ve su) 3-4 damla koyun ve tabloya gözlemlerinizi kaydedin.
- Yaprakların yüzeyine hafifçe katı maddeler serpin (grafit ve tebeşir tozu) ve 3-4 damla su ile durulayın. Tabloya gözlemlerinizi kaydedin.

**Analiz:**

- Bütün maddeler aynı şekilde davrandı mı? Eğer değilse, farkı nasıldı?
- Neden bazı bitkilerin diğerlerinden daha farklı etkileşim gösterdiğini düşünüyorsunuz?
- Hangi bitki örnekleri gizemli bitkiye benzer davrandı? Neden?

**Sonuç:**

Gizemli bitkinin cinayet süresince mevcut olması mümkün müdür? Topladığınız verileri kullanarak cevabınızı destekleyin.

Aşağıdaki tabloya yaprak yüzeylerinin maddelerle etkileşimlerini kaydedin.

Test edilen maddeler ile ilgili gözlemler*					
Bitki	Su	Kan	Yapıştırıcı	Grafit	Tebeşir tozu
A					
B					
C					
Gizemli bitki					

\* Yaprak yüzeyine katı maddeleri hafifçe (grafit ve tebeşir tozu) serpmeyi ve 3-5 damla su ile yıkamayı ve gözlemlemeyi unutmayın.

Şekil-19: “Lotus Etkisini Keşfedelim!” etkinliğini yapan öğretmen adayları



**Ek-2: ETNBTE'nden önce öğretmen adaylarının anahtar kavramlara verdikleri cevap kelimeler**

	Nanobilim	Nanoteknoloji		Nanobilim	Nanoteknoloji
Atom	4	8	Laboratuvar	-----	2
Bilim	6	5	Lazer	2	-----
Cüce	3	1	Metre	2	-----
Çok küçük	4	-----	Mikro bilim	1	-----
Düzye	3	2	Mikroskobik	1	-----
Fen	4	2	Mikro moleküller	-----	1
Fizik	7	1	Hayata yön veren	1	-----
Gelişme	3	2	Madde	-----	1
Gelişmiş teknoloji	4	4	Materyal	-----	1
Küçük	10	7	Modern	-----	1
Küçük bilim	3	-----	Modern bilim	-----	2
Mikro	8	1	Mol	1	-----
Minik	3	2	Küçük canlılar	-----	1
10 <sup>-9</sup>	3	2	Nanometre	2	-----
Teknoloji	10	7	Nanoteknoloji	1	-----
Nano	3	1	Nasa	1	-----
Amerika	1	2	okul	-----	1
Araştırma	-----	1	Öğretim teknolojisi	-----	1
Avrupa	1	-----	Parça	-----	2
Ayrıntı	1	1	Parçacık bilimi	-----	1
Bakteriler	1	1	Piksel	-----	1
Bilgi	-----	2	Ölçüm	1	-----
Bilim fuarı	-----	1	Saç	2	1
Bilimsellik	-----	1	Sağlık	-----	1
Bilim insanı	2	-----	SD kart	-----	1
CD	1	1	Simülasyon	1	-----
Duvar	-----	1	Son teknoloji	2	-----
Çağın teknolojisi	-----	1	Son	-----	1
Çorap	-----	1	Tedavi	-----	1
Eczacılık	-----	1	Tıp	1	2
Eğitim teknolojisi	-----	1	Toplumsal	1	-----
En küçük ölçüm	1	-----	Tutucu olmayan	-----	1
Faydalı	-----	1	Tüp	-----	1
Gelişmiş ülke	1	-----	detaylı teknoloji	-----	1
Giysi	-----	1	Ufak	2	1
Güneş	1	-----	Uzay	1	1
Gözle görülemeyen	-----	3	Uzay bilimi	-----	1
Hard disk	-----	1	Uzmanlık	-----	1
Hücre	-----	2	X -ışını	2	-----
Işık	1	1	Virüsler	-----	1
Işın	1	2	Yapı	1	1
Kaygan	1	-----	Yüksek	-----	1
Kanser	-----	1	Zararsız	-----	1
Kuarklar	-----	2	10 <sup>19</sup>	1	-----
Kimya	2	-----	9	1	-----
Küçük bilgi	1	-----	Akıllı boya	-----	1
Küçük birim	1	-----	Gelişmemiş	-----	1
Tanecik	5	2	Küçük icatlar	1	-----



**Ek-3: ETNBTE'nden sonra öğretmen adaylarının anahtar kavramlara verdikleri cevap kelimeler**

	Nanobilim	Nanoteknoloji		Nanobilim	Nanoteknoloji
10 <sup>9</sup>	6	5	Gereksinim	----	2
Atom	5	3	Görünmezlik	----	1
Boyut	4	4	Gözlük	----	1
Bilim	3	4	Güvenlik	----	1
Kendiliğinden oluşum	2	4	Güvenlik problemi	----	1
Madde	5	1	Hareketli	1	2
Ölçek	4	1	İleri düzey	1	1
Çipler	3	----	İletişim	----	1
Giysi	----	3	İzlenme	----	1
kolaylık	2	3	Kaygan	----	1
Küçük	7	7	inceleme	1	----
Lotus etkisi	5	10	Kalıtım	1	----
Mikroskop	2	3	Kendini yenileme	2	1
Molekül	4	3	Kırılmazlık	----	1
Nanobilim	-----	3	Kirlenmeyen	1	1
Nanoboyut	5	4	Krem	----	1
Nanometre	4	2	Küçük birim	----	1
Sağlık	4	4	Küçük boyut	1	----
Teknoloji	7	5	Küçük icatlar	----	1
ferrofluid	2	1	Küresel ısınma	1	----
Ferromanyetik	-----	1	Laboratuvar	----	1
Askeriye	-----	1	Metre	----	1
Araştırmak	1	----	Miknatıslar	----	1
Genellilik	-----	1	Mikro	2	2
Atomaltı parçacıklar	-----	1	Mikro eşyalar	----	1
Küçük parçacıklar	1	----	Mikrorobot	----	1
Parçacık	2	----	Mikrometre	1	----
Atomik kuvvet	1	1	Milyarda bir	2	2
Bilgi	1	----	Milyonda bir	1	1
Bilgisayar	1	----	Manyetik alan	----	1
Bilimsellik	1	1	Malzeme	1	1
Bilinçlilik	----	1	Minik	2	1
Birleşim	----	1	Matematiksel işlem	1	----
Bozulmayan saç	----	1	Nano	----	1
Cam	----	1	Nanotüp	2	1
CD	----	1	Oluşum	----	1
Cüce	2	1	Parçacık bilimi	----	1
Çevre	----	1	Plastik boyalar	1	----
Kirlilik	----	2	Nanoteknoloji	1	----
Çevre temizliği	----	2	Sanayi	----	1
Çevresel faktörler	1	----	Sileceksiz cam	----	1
Sensörler	1	1	Sorun	----	1
Çok küçük yapılar	----	1	Standart artması	----	1
Çok üretim	----	1	Su geçirmeyen ürünler	----	1
Deneyler	1	----	Süreç	----	1
DNA	2	2	Tanecik	2	----
Duvar	----	1	Tasarruf	----	1
Eldiven	----	1	Tıp	----	2
Eğitim	1	----	Tıp alanında yeni	1	----
İleri bilim	1	----	Ticari kazançlar	1	----
Ölçüm	2	----	Titreşim	----	1
En küçük boyut	----	1	Toplum	----	1
Enerji	1	3	Uygulama alanı	----	1
Etkinlikler	1	----	Uzayan saç	----	1
Etki	----	1	Üç boyut	----	1
Evrensellik	----	1	Üretim	1	2
Farklı özellikler	----	1	Yanmayan elbise	----	1
Gelişmişlik	2	----	Yaşam kalitesi	----	1
Yenilik	1	1	Yeni ürünler	----	1

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuba ŞENEL ZOR  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum Yeri ve Tarihi : Almanya-1991  
 Mail Adresi : [tubasenell@gmail.com](mailto:tubasenell@gmail.com)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
İlkokul	: Hüseyin Güllüoğlu İlköğretim Okulu, Keçiören, Ankara	2005
Lise	: Uluğbey Anadolu Lisesi (Y.D.A), Altındağ, Ankara	2009
Üniversite	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya	2013

### YABANCI DİL

Dili	Sınav	Puan	Yıl
İngilizce	YDS	: 73,75	2015
	YÖKDİL	: 82,50	2017

### YAYIN LİSTESİ

#### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler :

1. Aslan, O., Şenel Zor, T. ve Tamkavas Cicim, E. (2015). Okul Öncesi Öğretmenlerinin Fen Eğitimine Yönelik Görüşlerinin ve Hizmetiçi Eğitim İhtiyaçlarının Belirlenmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(40), 519-530.

#### Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler :

1. Şenel, T. ve Aslan, O. (2014). Okul Öncesi Öğretmen Adaylarının Bilim ve Bilim İnsanı Kavramlarına İlişkin Metaforik Alguları, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10 (2), 76-95.
2. Aslan, O. ve Şenel, T. (2015). Fen Alanları Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Düzeylerinin Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363-389.
3. Göksu, V., Aslan, O., Özel, M. ve Şenel Zor, T. (2016). Açık-Düşündürücü ve Tarih Temelli Öğretimin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Bilimin Doğası Anlayışları Üzerindeki Etkisi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(34),313-327.

**Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler :**

1. Aslan, T., Şenel Zor, T. & Tamkavas Cicim, E. (2015). Early Childhood Teachers' Views on Science Education and Relevant In-Service Training Needs, *International Academic Conference on Teaching, Learning and E-learning*, November 13-14, 2015, Vienna, Austria.
2. Senel Zor, T. & Aslan, O. (2016). The Effect of Nanoscience and Nanotechnology Education on Preservice Science Teachers' Awareness of Nanoscience and Nanotechnology, *ICNT 2016: 18th International Conference on Nanoscience and Technology*, August 11-12, 2016, Barcelona, Spain.

**Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:**

1. Aslan, O. Şenel, T. & Zor, E. (2014). Preservice Science Teachers' Awareness of Nanoscience and Nanotechnology, *Conference of 10th Nanoscience and Nanotechnology Conference of Turkey (NanoTR10)*, June 17-21, 2014, Istanbul, Turkey.
2. Şenel, T. ve Aslan, O. (2014). Ortaokul ve Lise Fen Alanları Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarının Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi, *XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 11-14 Eylül, 2014, Adana, Türkiye.

**Projelerde Yaptığı Görevler**

1. "Etkinlik Temelli Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Fen Bilimleri Öğretmen Adaylarının Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalıklarına ve Kavramsal Anlayışlarına Etkisi", **NE.Ü.BAP PROJESİ-151310005, Tez Projesi, Araştırmacı, 2015-2017.**

**Yurtiçi Katıldığı Kurslar**

1. Psikolojik Danışmanlık ve Rehberlik Kursu, (2009-2010), Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü Gençlik Merkezi, Konya, Meram.
2. Etkili İletişim ve Halkla İlişkiler Kursu, (2010), Halk Eğitim Merkezi ve Akşam Sanat Okulu, Konya, Meram.
3. İngilizce Kursu, (2010-2011), Halk Eğitim Merkezi ve Akşam Sanat Okulu, Konya, Meram.
4. Bilgisayar Kursu, (2011), KEÇMEK, Ankara, Keçiören.
5. İngilizce Kursu, (2012), Perfect English, Ankara, Keçiören.
6. İngilizce Kursu, (2014-2015), Vizyon Akademi, Konya, Selçuklu.