

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ



**DOĞADAKİ MİKRO VE NANOYAPILARIN 3B BASKILI
MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI VE ARGÜMAN TEMELLİ
NANOBİLİM ÖĞRETİMİNDE KULLANILMASI**

DUYGU IŞIK EROL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: **Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA** (Tez Danışmanı)
 Dr. Öğr. Üyesi Hasene Esra YILDIRIR (Eş Danışman)
 Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin KORKUSUZ
 Dr. Öğr. Üyesi Sakıp KAHRAMAN

BALIKESİR, OCAK 2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Duygu IŞIK EROL tarafından hazırlanan “DOĞADAKİ MİKRO VE NANOYAPILARIN 3B BASKILI MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI VE ARGÜMAN TEMELLİ NANOBİLİM ÖĞRETİMİNDE KULLANILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 31 Ocak 2020 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Eğitimi YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA

Balıkesir Üniversitesi

Üye

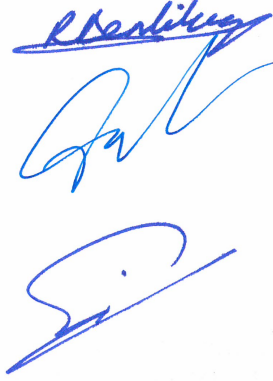
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin KORKUSUZ

Balıkesir Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sakıp KAHRAMAN

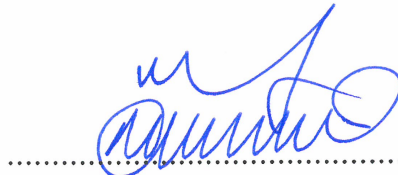
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR



ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “Doğadaki Mikro ve Nanoyapıların 3B Baskılı Modellerinin Oluşturulması ve Argüman Temelli Nanobilim Öğretiminde Kullanılması” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Duygu IŞIKEROL

Bu tez alışması Balıkesir Üniversitesi Rektrlė Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (2018/162) no'lu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

**DOĞADAKİ MİKRO VE NANOYAPILARIN 3B BASKILI MODELLERİNİN
OLUŞTURULMASI VE ARGÜMAN TEMELLİ NANOBİLİM ÖĞRETİMİNDE
KULLANILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DUYGU IŞIK EROL
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. RUHAN BENLİKAYA)
(EŞ DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ HASENE ESRA YILDIRIR)
BALIKESİR, OCAK - 2020**

Bu çalışmanın amacı, doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve bu modellerin nanobilim kapsamında “Yüzey Özellikleri ve Etkileşimler” konusunun argümantasyon yöntemiyle öğretiminde kullanılmasının lisans düzeyindeki öğrencilerin kavramsal anlamalarına etkisinin incelenmesidir. Çalışmanın örneklemini 2019-2020 eğitim öğretim yılı güz döneminde üniversite seçmeli ders olarak “Nanobilim ve Nanoteknoloji” dersini seçen 29 öğrenci oluşturmaktadır. Öncelikle Lotus yaprağı yüzeyi, Köpek balığı derisi ve Gecko ayak yapısı gibi seçilen doğal örneklerdeki mikro ve nanoyapıları gösteren 3B baskılı modeller hazırlanmış ve bu modeller pilot çalışma sonrasında geliştirilmiştir. Yüzey Özellikleri ve Etkileşimler Kavramsal Anlama Testi (YÖEKAT) ön test sonuçlarına göre “kontrol”, “argümantasyon” ve “argümantasyon +3B Model” olmak üzere üç grup oluşturulmuştur. Moleküller arası etkileşimler, büyüklük-ölçek lotus, köpekbalığı ve Gecko gibi doğadaki mikro ve nanoyapılar üzerinden hidrofilitikten süperhidrofilitiğe ve hidrofobiklikten süperhidrofobikliğe yüzey özelliklerindeki (bileşim ve morfoloji) değişim ve bu canlıların özellikleri konularını içeren etkinlikler, üç yöntemle sekiz hafta süren bir öğretimle gruplara uygulanmıştır. YÖEKAT ön test ve son test sonuçlarından elde edilen veriler SPSS paket programı ile analiz edilmiş ve testteki sorulara verilen cevaplar kavram yanlışları açısından da incelenmiştir. Ayrıca etkinliklere katılan öğrenciler ile yapılandırılmış ikili görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda yöntemlerin akademik başarıya katkıları arasında anlamlı farklılık olmadığı gözlenirken, YÖEKAT’nin ön test son test puan farklılığına ait ortalama değerler incelendiğinde, argümantasyon yöntemiyle gerçekleştirilen derslere katılan öğrencilerin ortalamasının diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca öğretim sonucunda kavram yanlışlığı ifadelerinde gözlenen olumlu yöndeki değişimin diğer gruplara oranla argümantasyon+3B Model grubunda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. İkili görüşmelerde argümantasyon yönteminin, 3B modellerin ve etkinlik kâğıtlarının öğretimde kullanılmasının konuları öğrenmede etkili olduğu ve konunun doğada bulunan ilgi çekici canlılar ile ilişkilendirilmesinin fen derslerine karşı olumlu tutumu arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca her iki argümantasyon grubunda konuyu öğrenmede en faydalı olan etkinliklerin Köpek balığı ve Gecko olduğu belirtilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Nanobilim, yüzey özellikleri, etkileşimler, argümantasyon, 3B baskılı model, kavram yanlışlığı
Bilim Kod / Kodları : 11403

Sayfa Sayısı : 108

ABSTRACT

CREATING 3D PRINTED MODELS OF MICRO- AND NANOSTRUCTURES IN NATURE TO BE USED ARGUMENT BASED NANOSCIENCE TEACHING

MSC THESIS

DUYGU IŞIK EROL

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION

CHEMISTRY EDUCATION

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. RUHAN BENLİKAYA)

(CO-SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. HASENE ESRA YILDIRIR)

BALIKESİR, JANUARY - 2020

This study aims both to create 3D printed models of micro- and nanostructures in nature and to examine the implications thereof when used in teaching “Surface Properties and Interactions” within the scope of nanoscience via the argumentation method based on the conceptual understanding of undergraduate students. The sample of this study consists of 29 students who took elective “Nanoscience and Nanotechnology” course in the fall semester of 2019-2020 academic year. First, 3D printed models showing the micro and nanostructures in selected natural species such as lotus leaf surface, shark skin and Gecko foot structure and the activities related to the models were prepared and then improved after a pilot study. Three groups, namely "control", "argumentation" and "argumentation+3D Model", were determined according to the Conceptual Understanding Test of Surface Properties and Interactions (CUTSPI) pretest results. Having undertaken the activities involving intermolecular forces, size and scale, and the changes in surface properties (composition and morphology) from hydrophilicity/hydrophobicity to superhydrophilicity/superhydrophobicity and the features of these species were applied to these groups with an eight-week instruction by using three methods. The data obtained from the CUTSPI pre-test and post-test results were analyzed with the SPSS package program and the answers in these tests were examined in terms of misconceptions. Additionally, the structured interviews were conducted with the students participating in the activities. According to the results, although there was no significant difference between the contributions of the methods to academic achievement, those of the students in the argumentation group were higher than others when the mean scores of the pre-test and post-test were examined. In addition, it was found that the decrease in the misconceptions determined with the pre-test results was higher in the argumentation+3D Model group than the other groups. During the interviews it was suggested that the employment of the argumentation method, the 3D models and the activity papers in teaching the subject was effective in learning and that the idea to associate the subject with interesting creatures in nature prompted positive attitude towards science classes. It was also stated that the most instructive ones were those activities labeled as “Shark” and “Gecko” for both of the argumentation groups.

KEYWORDS: Nanoscience, surface properties, interactions, argumentation, 3D printed model, misconception

Science Code / Codes :11403

Page Number : 108

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Nanobilim ve Nanoteknoloji.....	2
1.2 Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi.....	2
1.3 Argümantasyon ve Argüman	5
1.4 Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojileri.....	6
2. ALANYAZIN İNCELEMESİ	9
2.1 Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi.....	9
2.1.1 Uluslararası Çalışmalardan Örnekler	9
2.1.2 Ulusal Çalışmalardan Örnekler	14
2.1.3 Nanobilimi Öğrenmede Kavramsal Zorluklar	16
2.2 Fen Eğitiminde Argümantasyon Yöntemi	18
2.2.1 Uluslararası Çalışmalardan Örnekler	18
2.2.2 Ulusal Çalışmalardan Örnekler	19
2.3 Nanobilim Öğretiminde Argümantasyon.....	21
2.4 Fen Eğitiminde 3B Yazıcı Teknolojilerinin Kullanıldığı Çalışmalar	23
2.4.1 Fen Öğretiminde 3B Baskılı Modellerin Kullanıldığı Çalışmalar	24
2.5 Nanobilim Öğretiminde 3B Baskılı Modellerin Kullanıldığı Çalışmalar.....	24
2.6 Problem Durumu.....	25
2.6.1 Problem Cümleleri	26
2.6.1.1 Alt Problem Cümleleri	26
2.7 Araştırmanın Sınırlılıkları	27
2.8 Araştırmanın Varsayımları.....	27
2.9 Araştırmanın Önemi.....	27
2.10 Araştırmanın Amacı.....	28
3. YÖNTEM	29
3.1 Pilot Çalışma	29
3.1.1 Araştırma Modeli	29
3.1.2 Çalışma Grubu	30
3.1.3 Öğretim Tasarımı	30
3.1.3.1 3B Modellerin Hazırlanması	30
3.1.3.2 Öğretim Etkinliklerinin Hazırlanması	31
3.1.4 Öğretim Süreci	31
3.2 Gerçek Çalışma	36
3.2.1 Araştırma Modeli	36
3.2.2 Çalışma Grubu	37
3.2.3 Öğretim Tasarımı	37
3.2.3.1 3B Modellerin İyileştirilmesi	38
3.2.3.2 Öğretim Etkinliklerinin İyileştirilmesi	38

3.2.4 Öğretim Süreci	38
3.3 Veri Toplama Araçları	42
3.3.1 Pilot Çalışma Veri Toplama Aracı	42
3.3.2 Gerçek Çalışma Veri Toplama Araçları.....	42
3.3.3 Verilerin Analizi.....	43
3.3.3.1 Nicel Analiz.....	43
3.3.3.2 Nitel Analiz	43
4. BULGULAR.....	47
4.1 Öğretim Yönteminin Kavramsal Anlamaya Etkisi İle İlgili Nicel Bulgular	47
4.1.1 Birinci Alt Probleme Ait Bulgular	49
4.1.2 İkinci Alt Probleme Ait Bulgular	50
4.1.3 Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular.....	50
4.1.4 Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular	51
4.1.5 Beşinci Alt Probleme Ait Bulgular	51
4.2 Öğretim Yönteminin Kavram Yanılgılarındaki Değişime Etkisi ile ilgili Nitel Bulgular	52
4.2.1 Altıncı Alt Probleme Ait Bulgular	52
4.3 Öğretim Yöntemi ile İlgili İkili Görüşme Bulguları	59
4.3.1 Yedinci Alt Probleme Ait Bulgular	60
4.3.2 Sekizinci Alt Probleme Ait Bulgular	64
4.3.3 Dokuzuncu Alt Probleme Ait Bulgular.....	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
5.1 Sonuçlar	73
5.1.1 Öğretim Yönteminin Kavramsal Anlamaya Etkisi İle İlgili Sonuçlar	73
5.1.2 Öğretim Yönteminin Kavram Yanılgılarındaki Değişime Etkisi İle İlgili Sonuçlar ..	73
5.1.3 Öğretim Yöntemi İle İlgili İkili Görüşme Sonuçları.....	75
5.2 Öneriler	76
6. KAYNAKLAR	79
EK A: Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi Özet Kitapçığı Kapak Sayfası ve Bildiri Özeti	88
EK B: Etkinlik Kâğıtlarından Örnekler	90
EK C: Büyüklük – Ölçek Konusu Öğretiminde Kullanılan Kartlardan ve Modellerden Örnekler.....	101
EK D: Pilot Uygulamada Kullanılan 3B Baskılı Modellerden Örnekler	102
EK E: Gerçek Uygulamada Kullanılan 3B Baskılı Modellerden Örnekler.....	103
EK F: YÖEKAT	104
EK G: Yapılandırılmış İkili Görüşme Formları	105
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Toulmin argümantasyon modeli	5
Şekil 1.2 : 3B yazıcıların kullanıldığı eğitim alanları.....	8
Şekil 3.1 : Pilot çalışma sürecinde izlenen basamaklar	30
Şekil 3.2 : Gerçek çalışma sürecinde izlenen basamaklar	37

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1 : 3B yazıcıların olumlu ve olumsuz yönleri	7
Tablo 3.1 : Pilot çalışmadaki deneysel modelin simgesel görünümü	29
Tablo 3.2 : Pilot çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı.....	32
Tablo 3.3 : Gerçek çalışmadaki deneysel modelin simgesel görünümü	37
Tablo 3.4 : Gerçek çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı.....	39
Tablo 3.5 : Gecko ile ilgili soru için örnek analiz	45
Tablo 3.6 : İkili görüşmelerde görüşleri verilen öğrencilerin akademik başarı düzeyleri.....	46
Tablo 4.1 : Puanların normallik testleri sonuçları	47
Tablo 4.2 : Normallik testleri	48
Tablo 4.3 : YÖEKAT'ye ait puanlara ilişkin Levene F testi sonuçları	48
Tablo 4.4 : Gruplara göre YÖEKAT'nin ön test puanlarına ait ortalamaları ve standart sapmaları.....	49
Tablo 4.5 : YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ANOVA sonuçları.	49
Tablo 4.6 : G1'e ait ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları	50
Tablo 4.7 : G2'ye ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları.....	51
Tablo 4.8 : G3'e ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları	51
Tablo 4.9 : Gruplara göre YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ortalamaları ve standart sapmaları	52
Tablo 4.10 : YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ANOVA sonuçları	52
Tablo 4.11 : Soru-1 ile ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ifadeleri	53
Tablo 4.12 : Soru-2 ile ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ifadeleri.....	54
Tablo 4.13 : Soru-3 ile ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ifadeleri.....	56
Tablo 4.14 : Soru-4 ile ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ifadeleri.....	57
Tablo 4.15 : Soru-5 ile ilgili belirlenen kavram yanlışlığı ifadeleri.....	58
Tablo 4.16 : YÖEKAT'nin nitel analizi sonucu belirlenen kavram yanlışlığı ifadelerinin değişimi	59

SEMBOL LİSTESİ

3B	: 3 Boyutlu
2B	: 2 Boyutlu
ABS	: Akrilonitril Butadien Stiren
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
G1	: Birinci Deney Grubu
G2	: İkinci Deney Grubu
G3	: Üçüncü Deney Grubu
nm	: Nanometre
NBM	: Nanobilim
NCLT	: National Center for Learning and Teaching (Ulusal Öğrenme ve Öğretme Merkezi)
MIT	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
NSF	: Uluslararası Bilim Kurulu
NSTA	: National Science Teacher Association, (Ulusal Bilim Öğretmenleri Birliği)
PLA	: Polilaktik Asit
SLA	: Stereolitografi
SRI	: Stanford Research Institute, (Stanford Araştırma Enstitüsü)
STEM	: Science, Technology, Engineering ve Mathematics (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik)
STM	: Taramalı Tünelleme Mikroskobu
TGA	: Tahmin Et Gözle Açıkla
ÜSD	: Üniversite Seçmeli Ders
YÖEKAT	: Yüzey Özellikleri ve Etkileşimler Kavramsal Anlama Testi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında benden rehberliğini esirgemeyen, bilimsel çalışmalarda izlenecek yolları hakkı ile öğreten, yılmamlıklarımda bana yapabileceğimi ve öğrenmenin yaşı olmadığını gösteren saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA'ya, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanma aşamasında özverili rehberlikleri, bilimsel ve manevi katkılardan dolayı eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasene Esra YILDIRIR'a ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin KORKUSUZ'a teşekkür ederim.

Çalışmada emeği geçen Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı öğrencisi Alperen DÖNMEZ ve Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Anabilim Dalı öğrencisi Mehmet KAHRIMAN'a teşekkür ederim

Çalışmalarım esnasında benden manevi desteğini esirgemeyen ve her yılmamlığımda beni tekrar tekrar cesaretlendiren mesai arkadaşım Ayşe Pınar DÜLKER' teşekkür ederim.

Ve tabii ki yüksek lisans eğitimim süresinde benden desteğini esirgemeyen başarabileceğime olan güvenini daima hissettiren eşim Zafer EROL'a; bir gülümsemesiyle bana bütün yorgunluklarımı unutturan, canım oğlum Selçuk Efe EROL'a teşekkür ederim.

Bu hayatta sevgi ve saygı gibi iki önemli insanî değeri öğreten eğitimin insan hayatında çok önemli bir yeri olduğunu aşıl原因 annem Fatma IŞIK ve babam Hilmi IŞIK'a teşekkür ederim.

Balıkesir, 2020

Duygu IŞIK EROL

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojiadaki gelişmelerin tarihsel gelişimine bakıldığında, insanlık tarihi ile aynı seyirde ilerlediği gözlenmektedir. İnsanoğlu yeryüzünde var olduğundan günümüze kadar sürekli kendini yenileme ve araştırma çabası içinde olmuştur. Bu çaba insanın genlerinde bulunan merak duygusunun eseridir. İnsanoğlu bu merakı sayesinde tekerleği keşfedip; ateşin gelişmiş kontrolünü sağlayıp, bakır, bronz ve demiri teknolojiye kullanmıştır. 18. yüzyılın sonunda endüstri 1.0 devrimi ile köylerde tarım ile uğraşan insanların kitleler halinde şehirlere göç etmesi ile toplulukların ihtiyaçlarını karşılamak için üretimin makineleşmesi tarihte yerini almıştır. 20. yüzyılın başında elektrik enerjili kitlesel üretim şeklinde tanımlanan endüstri 2.0 devrimi gerçekleştirilmiş ve nanoteknoloji alanında çalışmalar başlamıştır. 20. yüzyılın ortalarında imalatın otomasyonunu ileri safhalara taşımayı başaran elektronik ve bilgi teknolojilerinin devreye girişi ile endüstri 3.0 devrimi ile nanoteknolojik gelişmeler devam etmiştir. Günümüzde ise endüstri 4.0 yani siber-fiziksel sistemlere dayalı üretimin devreye girişi ile nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki çalışmalar hızlanmıştır (Soylu, 2018).

29 Aralık 1959 tarihli California Teknoloji Enstitüsü Amerikan Fizik Derneği Toplantısı'nda fizikçi Richard Feynman'ın "There's Plenty of Room at the Bottom", başlıklı konuşması nanoteknoloji alanında gelişmelerin başlangıç noktası ve temel taşıdır (Feynman, 1959; akt: Ateş, 2015). Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Taniguchi tarafından 1974 yılında ilk kez bir örneğin nanometre boyutunda üretim teknolojisini ifade etmek için, "Nanoteknoloji" terimini kullanılmıştır (Taniguchi, 1974; akt: Ateş, 2015). Dr. Eric Drexler tarafından 1986 yılında yazılan "Engines of Creation" ve 1992 yılında yazılan "Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation" adlı kitaplarında, moleküler boyutta üretim kavramı üzerinden moleküler nanoteknolojiden ve nanoölçekteki cihazların öneminden bahsedilmiştir. Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından 1981 yılında IBM'in Zurich Araştırma Laboratuvarında Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM)'nin keşfedilmesi ile atomların görüntüleri alınabilmıştır. 1986 yılında Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) keşfedilerek artık atomların yalnızca görüntülerini almak ile yetinmeyip atomları yönlendirebilmek de mümkün olmaya başlamıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde, nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanmış ve 2000'li yılların başında nanoteknoloji ile üretilen ürünler ticari piyasalarda yerini almaya başlamıştır (Ateş, 2015; Erkoç, 2014).

Nanobilim ve nanoteknolojinin kapsadığı alan oldukça geniştir ve gün geçtikçe genişlemeye devam etmektedir. Fizik, kimya, biyoloji, bilgisayar, malzeme bilimi, elektronik gibi alanlarda kullanımının yanında, tıp, çevre problemlerinin çözümü, enerji üretimi, savunma sanayi, tarım, havacılık ve uzay çalışmaları alanında da oldukça çarpıcı gelişmelere imkân sağlamaya başlamıştır (Aizenberg, Fratzl, 2013). Günümüzde kısıtlı sayıda uygulamaları olsa da gelecekte uygulamaların daha geniş alanlara yayılacağı ortadadır. Bu durum “Nanobilimi” bilim, teknoloji, yatırım ve ticaret dünyasının merkezi hale getirmiştir. Nanobilim ve nanoteknoloji alanında ihtiyaçların giderilmesi için nanobilim öğretimi gelişmiş ülkelerin eğitim politikalarına dâhil edilmiş olup, örgün eğitim kapsamında farkındalık oluşturma çalışmalarına başlanmıştır (Ak, 2009).

1.1 Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nanobilim (NBM), nanoölçekte (1-100 nm) olan sistemlerdeki değerler ve olaylarla ilgilenen bir bilim; nanoteknoloji ise nanoölçek ebatlarındaki yapıların bileşenlerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile değişen malzeme ve sistemlerle ilgilenen mühendislik ve kimyayı birleştiren bir çalışma alanıdır (Erkoç, 2014).

1.2 Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Nanoteknoloji alanında gerçekleşen gelişmelerin ekonomiye olan yansımaları ile bu alanda yetişmiş insan gücüne olan ihtiyaç artmaktadır. Amerikan Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation, NSF) nanoteknoloji üst düzey danışmanı Roco (2003), global piyasalarda 2000’li yılların ortalarına gelindiğinde, nanoteknoloji alanlarında çalışacak yaklaşık iki milyon yetişmiş kişiye ihtiyaç duyulacağını ön gördüklerini ve bu sayıda kişiyi çalışma alanlarına entegre etmek için nanoteknoloji eğitiminin önemli ve öncelikli olduğunu belirtmiştir (İpek, 2017). Bu sayıda vasıflı insan yetiştirmek zor ve uzun bir mesai gerektirmektedir (Laherto, 2010a; akt: İpek, 2017). Nanoteknolojinin dayandığı endüstrilerden faydalanmak isteyen gelişmiş toplumlar nanoteknoloji eğitimi için genel bütçelerinden büyük miktarda maddi kaynak ayırmaktadır (Roco ve Bainbridge, 2005; Wansom, Mason, Hersam, Drane, Light, Cormia, Stevens ve Bodner, 2009; akt: İpek, 2017). Dünyada gerçekleştirilen eğitim politikaları incelendiğinde, nanoteknoloji öğretiminin ortaokul ve lise döneminde yapılması yönünde öğretim programları olduğu görülmektedir (İpek, 2017; Akdeniz, 2017).

NBM'yi öğrenme deneyimlerinin gelişimiyle birlikte, bilim adamları ve fen eğitimcileri, üniversite öncesi düzeyde nanobilimi öğrenmenin önemini farkına varmışlardır. Bunun için nanobilimin ve mühendisliğin “Büyük Fikirleri (Big ideas)” hakkında fikir birliği geliştirmek ve 7-12. sınıflar için uygun öğrenme hedeflerini belirlemek amacıyla düzenlenen bir dizi atölye çalışması gerçekleştirilmiştir. Stevens, Suherland, Krajcik (2009) göre Büyük Fikirler, “öğretmenlerin ve öğrencilerin 7-12. sınıf müfredatı boyunca fikirlerini tekrar gözden geçirmelerine ve o yıllarda kavramsal anlayış geliştirmelerine olanak tanıyan bir çerçeve sağlar”. National Science Teacher Association (Ulusal Bilim Öğretmenleri Birliği, NSTA) ve Stanford Research Institute (Stanford Araştırma Enstitüsü, SRI) iş birliği, nanoölçekli bilimi öğrenmedeki dokuz büyük fikrin, 7-12. sınıflar için uygun olduğunu belirlemiştir. Bu konular; büyüklük ve ölçek, maddenin yapısı, kuvvetler ve etkileşimler, kuantum etkileri, büyüklüğe bağlı değişen özellikler, kendi kendine düzenlenme, aletler ve araçlar, modeller ve simülasyonlar, bilim, teknoloji ve toplumdur. 2009 yılında, NSTA tarafından “Nanoölçekli Bilim ve Mühendisliğin Büyük Fikirleri: Ortaokul Öğretmenleri için bir Rehber” adlı bir kitap yayınlamıştır. Bu kitap, bugüne kadar NBM kavramlarına karşılık gelen öğrenme hedefleriyle ve 7-12. Sınıflarda yapılacak açıklayıcı bilgileri içeren en kapsamlı belge olmaya devam etmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinde Wisconsin Madison'daki Kimya Eğitimi Enstitüsü'nde yürütülen “Nanoworld Cineplex” ve “NanoVenture” programları, Northwestern Üniversitesi'ndeki “Materials World Modules” ve “Nanocos” programları, Albany Üniversitesi'ndeki “Nano for Kids”, “Nanohigh” ve “NanoEducation Summit” isimli programlarda, öğretmen ve öğrencilere kısa ve uzun dönem atölye çalışmaları, yaz okulları, okul dışı müze sergileri, görsel deneyler, fen ve bilim müzelerinde çoklu ortam gösterileri gibi birçok çalışmayı içeren eğitim faaliyetleri gerçekleştirilmiştir (Feather ve Aznar, 2011; akt: İpek, 2017).

Avrupa kıtasında bulunan gelişmiş ülkelerde de nanoteknoloji alanında eğitime yönelik programlar ve eğitimler hazırlanmıştır. Almanya'da nanoteknoloji ile ilgili deney kitleri sunan “NanoBioNet”; İsviçre'de “TopNano21” ve “Original Virtual Nano Lab”, İngiltere'de “U.K. NanoMission” ve “U.K. Nanotechnology for Schools”, Bulgaristan'da “Nanopolis”, öğretmen ve öğrencilere nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili eğitim materyalleri ve öğretim programları sunmuştur (Feather ve Aznar, 2011; akt: İpek, 2017). Amerika ve Avrupa kıtalarının haricinde dünyanın diğer kıtalarında da nanobilim ve

nanoteknoloji eğitimi üzerine çalışmalar başlamıştır. Örneğin; Avustralya’da “In2science” ve “AccessNano”, Mısır’da “In2nano” ve Rusya’da “Nanoeducator” isimli programlar ile nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki gelişmelerin ortaöğretim programlarına entegre edilmesi amaçlanmıştır (Sagun-Gököz ve Akaygün, 2013).

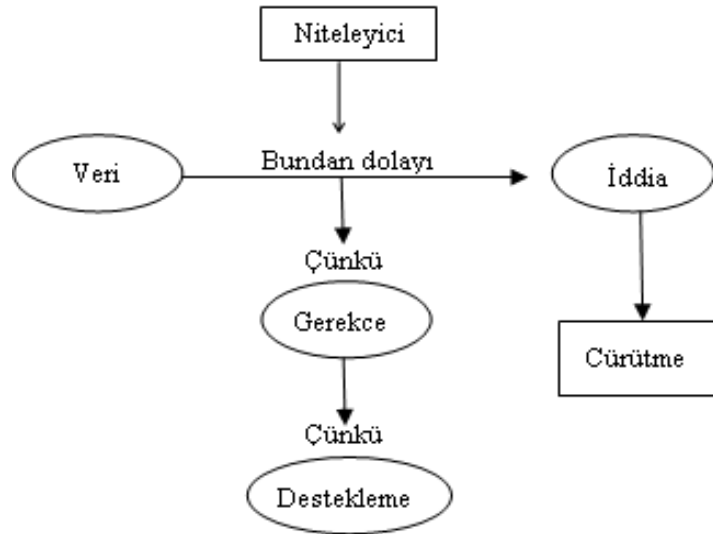
Dünyada nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi alanında yapılan çalışmaların aksine ülkemizde bu alanda yeterli çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. TÜBİTAK tarafından 2004 yılında yayınlanan Vizyon 2023 Türkiye Ulusal Teknoloji Öngörü belgesinde nanoteknoloji, stratejik teknoloji alanlarında gösterilmiştir (Sarıtaş, Taymaz ve Tumer, 2007). Öğretim programları incelendiğinde, 2013 yılına kadar nanobilim ve nanoteknoloji alanında ortaokul ve lise öğretim programlarında bir başlık yer almamıştır. 2013 yılında uygulamaya konulan Ortaöğretim Biyoloji ve Kimya dersi öğretim programlarında nanobilim ve nanoteknoloji konularına hiç değinilmediği; Ortaöğretim Fizik Dersi programında 12. sınıf “Modern Fiziğin Teknolojideki Uygulamaları” ünitesi içerisinde nanoteknoloji başlığı altında iki ders saatlik zaman ayrıldığı görülmektedir (MEB, 2013). 2017/2018 eğitim-öğretim yılından itibaren uygulanan Ortaöğretim Kimya dersi öğretim programında “Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler” ünitesinde nanoteknoloji başlığı altında iki ders saati zaman ayrılmıştır. Ortaöğretim Fizik öğretim programında 12. Sınıfta “Modern Fiziğin Teknolojide Kullanımı” ünitesi içerisinde nanobilim ve nanoteknolojiye iki ders saati yer verilmiştir. Ancak 2017’de uygulanmaya başlanan Ortaöğretim Biyoloji öğretim programında nanobilim ve nanoteknoloji konusuna herhangi bir ünite içerisinde yer verilmemiştir (MEB, 2017).

Üniversitelerimizin ders içerikleri incelendiğinde; lisans düzeyinde az sayıda üniversitemizin mühendislik ve fen fakültelerinde seçmeli dersler başlığı altında nanobilim ve nanoteknoloji alanında dersleri bulunduğu görülmektedir. Lisansüstü düzeyde ise Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM), Anadolu Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Birimi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı ve Ar-Ge Merkezi, Gebze Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, Koç Üniversitesi Mikro-Nano Teknolojileri Araştırma Merkezi, Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi (SUNUM), Marmara Üniversitesi Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Araştırma Merkezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, TÜBİTAK, Hacettepe Üniversitesi Nanotıp ve İleri Teknolojiler Uygulama Merkezi, Gazi Üniversitesi Nanotıp ve İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi nanoteknoloji alanında

çalışmaların yapıldığı kurumlardır. Bu merkezlerin yaygınlaşabilmesi ve bu merkezlerde etkin bir şekilde çalışabilecek nitelikli bireyler yetiştirmek için gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ilköğretim öğretim programlarından lisansüstü öğretim programlarına kadar tüm öğretim programlarında nanobilim ve nanoteknoloji konularına yer verilip planlanma yapılmalıdır (Aslan ve Şenel, 2015).

1.3 Argümantasyon ve Argüman

Argümantasyon; Toulmin (1958) tarafından açıklayıcı bir sonucu, modeli ya da tahmini desteklemek ya da çürütmek için ortaya atılan teorilerin ve kanıtların koordinasyonu olarak tanımlanırken, Keogh ve Naylor (2007) tarafından öğrencilerin alternatif fikirleri düşünmesini, düşüncelerini savunmasını, kanıt ve muhakeme ile kararlarını temellendirdiği süreç olarak tanımlanmaktadır. Argüman ise bu süreç sonunda ortaya çıkan ürün olarak nitelendirilmektedir. Şekil 1.1'deki Toulmin argümantasyon modeline göre bir argümanda iddia, iddiayı destekleyen kanıtlar, kanıt ile iddia arasındaki ilişkiyi açıklayan gerekçeler ve karşı fikri çürütmeye dayalı veriler bulunmalıdır.



Şekil 1.1: Toulmin argümantasyon modeli (Toulmin, 1958).

Araştırmacılar argümantasyonu birçok açıdan ele alarak tanımlamışlardır. Bu araştırmacıların tanımları incelendiğinde, argümantasyon, belirli bir problemi çözmek amacıyla stratejilerin geliştirildiği bir süreçtir (Jimenez- Aleixandre, Rodriguez, Duschl, 2000, Garcia-Mila, Andersen, 2008). Karşıt fikirde olan insanların sosyal bir etkileşim ortamında kendi iddialarını savunarak birbirlerini ikna etmeye ve inandırmaya çalıştıkları bir muhakeme süreci olarak tanımlanmıştır (Jermann ve Dillenbourg, 2005; Andriessen,

Baker ve Suthers, 2003; akt: Karışan, 2011). Araştırmacılar, argümantasyonu öğrencilerin alternatif fikirleri düşünmesini, düşüncelerini savunmasını, kanıt ve muhakeme ile kararlarını temellendirdiği süreç olarak tanımlamaya çalışmışlardır (Keogh ve Naylor, 2007). Bunun yanında, Yaman (2019)fen içeriği ile ilişkilendirerek argümantasyonu, bilgiyi savunma ve ikna etme olarak gruplandırmıştır. Fen bilimlerinde bilgi yapılandırma, bilgiyi savunmayla ilişkilidir ve iddiaların ya mantıklı cümlelerle ya da farklı kaynaklardaki doğru, güvenilir ve geçerli kanıtlarla ilişkisi olması gerekir. Bu nedenle, bilimsel konulardaki argümantasyon, savunmalar sırasında iddia ve veri arasındaki bağlantılar veya deneysel ya da teorik delilin ışığında, bilgi iddialarının değerlendirilmesi (Jimenez-Aleixandre, Erduran, 2008) ve İkna etme olarak argümantasyon ise bir dinleyiciyi inandırma süreci olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar argümantasyonun sosyal yapılandırmacılığa dayalı bir süreç olduğunu belirterek sosyal yapılandırmacılıkta öğrenmenin sosyal ve iletişimci bir süreçte gerçekleştiğini, öğrenenlerin diyalog, anlaşmazlığa düşme ve müzakere sayesinde anlamları oluşturduğunu ve bilgiyi paylaştığını kabul ederler (Jimenez-Aleixandre, Erduran, 2008). Bu tanımlarda, argümantasyonun öğrencilerin yaptıkları tartışmalar sonucunda, işbirlikçi bir ortamda bilgiyi paylaştıkları, bilgiyi yapılandırdıkları ve farklı görüşlerin müzakeresinin olduğu sosyal bir aktivite olduğu vurgulanmaktadır. Görüldüğü gibi, argümantasyon öğrencilerin bilgiye tartışarak ulaştıkları ve bilgiyi paylaştıkları hem bilişsel hem de sosyal bir süreçtir. Bu sürecin sonunda ise öğrenciler bireysel veya işbirlikçi muhakemelerinin ürünleri olan argümanlarını oluştururlar. Bu nedenle argümantasyon bir süreç argüman ise bu sürecin ürünüdür (Jimenez-Aleixandre, Erduran, 2008).

1.4 Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojileri

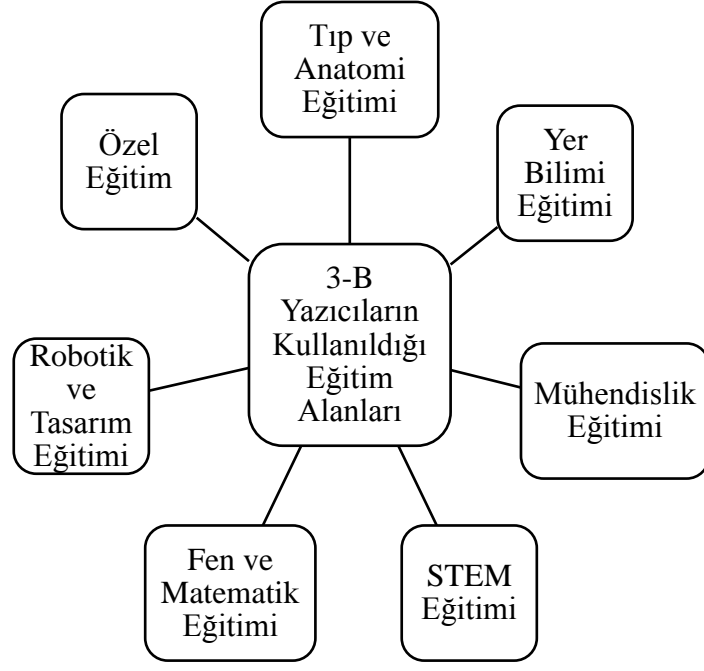
Geçmişten günümüze teknolojik gelişmeler incelendiğinde, devrim niteliği taşıyan cihazlar üretilmiştir. Üç boyutlu (3B) yazıcılar da bu cihazların başında gelmektedir. “The Economist” dergisinin 2011 yılındaki bir sayısında, 3B yazıcılar dünyayı değiştirecek üretim teknolojisi olarak nitelendirilmektedir (Karaduman, 2018). 3B yazıcılar, tüketim topluluklarını üretim topluluklarına dönüştürebilecek ve insanoğlunun yaşam biçimini değiştirebilecek bir teknoloji olarak görülmektedir (Karaduman, 2018). Üç boyutlu yazdırma işlemi sanal olarak tasarlanmış olan dijital objelerin katı hale dönüştürülebilmesi işlemidir (Karaduman, 2018). 3B yazıcılar; iki boyutlu yazıcılara alternatif olarak sunulmuş yalnız x-y ekseninde çıktı almak yerine x-y-z eksenlerinde çıktı almak için kullanılan cihazlardır (Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018).

3B yazıcıların insanoğlunun yaşantısında yerini alması, 1980'li yılların başına dayanmaktadır. Ancak ilk üretildiklerinde pahalı bir teknoloji olduğundan yaygın kullanım alanı yok iken, teknoloji ilerledikçe ücretleri ulaşılabilir düzeylere gerilemiş ve 2000'li yıllarda kullanımı yaygınlaşmıştır. İlgili alan yazına göre 3B yazıcıların kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri Tablo 1.1'de (Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018) belirtilmiştir.

Tablo 1.1: 3B yazıcıların olumlu ve olumsuz yönleri.

Olumsuz Yönleri	
Geniş bir kullanım alanına sahip olması.	Pahalı bir ürün olduğu için bireysel kullanımda yaygınlaşmamış olması.
İş gücü, zaman ve mali tasarruf sağlaması.	Hammadde olarak kullanılan malzemelerin renk ve doku seçeneklerinin sınırlı olması.
Geometrik özgürlük sağlaması.	Malzemenin orijinal boyutlarında ürün geliştirme zorluğu.
Çevre kirliliği yaratmadan üretim gücüne sahip olması.	Toplu üretime göre maliyetinin daha yüksek olması.
Malzeme yedekleme fırsatı sağlaması.	Patent alınmış ürünlerin izinsiz çoğaltılmasına imkan sağlaması.
Orijinale benzer ürünleri daha hızlı elde etme fırsatı tanınması.	Kötü amaçlı kullanıma sebep olabilmesi (silah, tüfek vb. yapımı).

Günümüzde 3B yazıcıların sağlık sektöründe, mühendislik alanlarında, sanatsal çalışmalarda, moda-giyim sanayinde, yemek sektöründe ve diğer birçok alanda yaygın bir şekilde kullanıldığı gözlenmektedir (Kuzu Demir, Çaka, Tuğtekin, Demir, İslamoğlu ve Kuzu, 2016). 3B yazıcılarla üretilen modellerin eğitim alanlarında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. 3B baskılı modelleri Fen, Teknoloji, Matematik, Mühendislik eğitimine entegre etmek, öğrencilerde eleştirel düşünme, problem çözme, bilimsel sorgulama ve yaratıcılık becerilerini geliştirecektir (Karaduman 2018).



Şekil 1.2: 3B yazıcıların kullanıldığı eğitim alanları.

3B yazıcıların eğitimde kullanıldığı alanlar Şekil 1.2’de (Kuzu Demir ve diğ., 2016; Ford, Minshall, 2019) gösterilmiştir. 3B yazıcıların kullanımı öğretmenlere öğretim materyali oluşturmada kolaylık sağladığı gibi öğrencileri de sorgulayıcı ve yaratıcı düşünmeye teşvik etmesi açısından önemlidir. Çeşitli disiplin alanlarının öğretiminde 3B yazıcılar ile geliştirilmiş öğretim materyalleri öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştıracaktır. 3B yazıcıların eğitim ortamlarında kullanımının henüz yaygınlaşmamış olması nedeniyle gerçekleştirilen çalışmalar çok sınırlıdır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, büyük çoğunluğun yükseköğretim düzeyinde gerçekleştirilmiş olduğu, ortaokul ve lise düzeyindeki çalışmaların sınırlı sayıda olduğu gözlenmiştir (Ratto, Ree, 2012).

2. ALANYAZIN İNCELEMESİ

Bu bölümde nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi, fen eğitiminde argümantasyon yönteminin kullanımı, nanobilim öğretiminde argümantasyon kullanımı, fen eğitiminde 3B baskılı modellerin kullanımı ve nanobilim öğretiminde 3B baskılı modellerin kullanımına yönelik ulusal ve uluslararası çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine yönelik çalışmalar uluslararası ve ulusal çalışmalar olarak iki kısımda verilmiştir:

2.1.1 Uluslararası Çalışmalardan Örnekler

Bryan, Magana ve Sederberg (2015)'nin 2003 ve 2014 yıllarını kapsayan nanobilim eğitimi ile ilgili derleme çalışmasında, üniversite öncesi öğrencileri ve öğretmenleri içeren yirmi altı deneysel çalışma; öğretim materyallerinin/ortamının değerlendirmesini içeren üniversite öncesi programları, dersleri ve/veya etkinlikleri tanımlayan sekiz çalışma; üniversite öncesi programları, dersleri ve/veya etkinlikleri içeren dört çalışma; beş araştırma incelemesi, pozisyon belgeleri ve teorik makalelerden oluşan sekiz araştırma makalesi özetlenmiştir. İncelenen 26 makaleden 15'i 'büyüklük ve ölçek' konusuna ait olduğu için nanobilim öğrenmesiyle ilgili araştırmalarda en fazla dikkat çeken konu 'büyüklük ve ölçek'tir. Büyüklük ve ölçekle ilgili öğrenme araştırmaları, özellikle bireylerin farklı kavramsallaştırmalarına ve bu kavramsallaştırmaların STEM disiplinlerinde yaş, sınıf düzeyi, günlük deneyim, kültür ve uzmanlığa göre nasıl değiştiğine odaklanmıştır.

Castellini, Walejko, Holladay, Theim, Zenner, Crone (2007) yedi soruluk bir anket ile 7 yaşından büyük 95 kişinin büyüklük-ölçek ve nanoteknoloji hakkında temel bilgilerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda katılımcıların eğitim seviyesindeki artış ile nesne büyüklüklerinin sıralamasındaki doğruluğun artış gösterdiği, tanımlanabilen en küçük şeyler kategorisinde katılımcıların mikroskobik nesnelere, atom ve atom altı parçacıkları belirttikleri gözlenmiştir.

Delgado (2013) çalışmasında, etnik kökenin büyüklük-ölçek konusunu anlamlandırmada oluşturduğu farklılıkları araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmanın örneklemini Meksika'da

yerli 17 ortaokul öğrencisi ve yabancı 31 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak ikili görüşme formu ve başarı testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, etnik kökenin büyüklük-ölçek konusunu anlamlandırmada farklılık oluşturmadığını ve okullaşmanın öğrencilerin büyüklük-ölçek bilgisini oluşturmalarına yardımcı olduğunu gözlemlemiştir.

Tretter, Jones, Minogue (2006) yaptıkları çalışmada, öğrencilerin büyüklük-ölçek konusunu kavramsallaştırmasının yaşa göre nasıl değiştiğini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini 37 5.sınıf, 71 7.sınıf, 59 9.sınıf, 38 12. sınıf ve 10 üniversite öğrencisi olmak üzere toplamda 215 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak nesne sıralama kartları ve başarı testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, üniversite öğrencilerinin kesin bir matematik dili ile nesnelere ölçeklendirebildiği, daha küçük yaşta öğrencilerin ise günlük hayattaki kavramlar ile ilişkilendirerek nesnelere ölçeklendirebildiğini gözlemlemiştir.

Waldron, Sepencer, Batt (2006)'nin büyüklük-ölçek ve nanoteknoloji farkındalığı konusunda 6 yaşından büyük 1500 katılımcı üzerinde yapmış olduğu araştırmada, örneklem grubunun çeşitli nesnelere büyüklüklerini tayin etme becerisinin ve nanoteknoloji farkındalığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak ikili görüşme ve yazılı anket kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, 14-28 yaş aralığında bulunan katılımcıların dışındakilerin %60' ından fazlasının daha önce nanoteknoloji kavramını hiç duymadığı gözlenmiştir.

Bryan ve diğerlerinin (2015) derleme çalışmasında incelenen makalelerden dördü büyüklüğe bağlı olarak değişen özellikler ile ilgili olup, öğrencilerin ve/veya öğretmenlerin konu hakkındaki görüşlerini içermektedir. Büyüklüğe bağlı özelliklere odaklanan çalışmalar arasındaki en yaygın tema, yüzey alanı ve hacim (yüzey alanı /hacim) ilişkisidir. Bryan, Sedeberg, Daly, Sears, Giordano (2012)'nin ortaokul öğretmenlerinin bir yıl boyunca süren nanobilim mesleki gelişim programında büyüklüğe bağlı özellikleri anlamalarını analiz eden çalışması, büyüklüğün nanoölçekteki materyalleri nasıl ve niçin etkileyebileceğinin önemini anlamadaki zorluğun bir kanıtıdır. Bu çalışmada öğretmenler çok sayıda laboratuvar etkinliği (ferrofluidin sentezi, altın biyosensörünün üretilmesi ve kuantum noktalarının sentezi) ile büyüklüğe bağlı özelliklerin değişimini incelemiştir. Program sonunda, öğretmenlerin çoğu büyüklüğün bir fonksiyonu olarak farklılık gösteren

nanoölçekteki özelliklere örnekler verirken, bu farklılıkların nasıl ve niçin ortaya çıktığını açıklama konusunda daha az başarılı olmuşlardır.

Taylor ve Jones (2009) tarafından yapılan çalışmada, orantılı akıl yürütme yeteneği ile öğrencinin yüzey alanı/hacim ilişkilerini anlama becerisi arasındaki ilişkinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın örneklemini, 19 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Bir hafta süre ile fiziksel ve biyolojik sistemler üzerinde sınırlayıcı bir faktör olarak yüzey alanı/hacim oranına ilişkin çalışma yapılmıştır. Veri toplama aracı olarak başarı testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, araştırmacılar mantıksal akıl yürütme yeteneği ile öğrencilerin yüzey alanı/hacim ilişkilerini anlamaları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Blonder ve Sakhnini (2012) çalışmalarında, çeşitli öğretim tekniklerini kullanarak, öğrencilerin büyüklük-ölçek ve yüzey alanı/hacim oranı konularını anlamalarına yardımcı olacak bir nanoteknoloji öğretim modülü geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini 60 dokuzuncu sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışma, haftada 45 dakikalık bir ders saati gerçekleştirilerek, on iki hafta boyunca sürmüştür. Dersler sonunda, öğrencilerin final projesi oluşturması ve sunması sağlanmıştır. Veri toplama aracı olarak kavramsal anlama testi, yapılandırılmış ikili görüşme formları ve öğrencilerin final proje sunum etkinlikleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, gerçekleştirilen öğretimin öğrencilerin kavramları keşfetmelerini sağladığı ve özellikle ortalamanın altında kalan öğrencilerin öğrenmesini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Bryan ve diğerleri (2012), “büyüklüğe bağlı özellikler, büyüklük ve ölçek, araç ve gereçler, modeller ve simülasyon” konuları üzerinde Fen öğretmenlerinin genel nanobilim içerik bilgisi ile ilgili pedagojik gelişimlerini incelemişlerdir. Bu amaçla, öğretmenler 2 haftalık pedagoji kursuna katılmışlardır. Çalışmada veri toplama aracı olarak ön test ve son test olarak kavramsal başarı testi, kalıcılık testi ve ders planları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, katılımcıların konular üzerinde akademik başarılarının son test lehine artış gösterdiği, ancak kalıcılık testi sonuçlarında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir.

Daly ve Bryan (2010) yaptıkları çalışmada, 1 ortaokul ve 18 lise fen öğretmenin, NBM öğretimi için model tasarlama amaçlarını ve model kullanım şekillerini araştırmışlardır. Çalışma yoğun bir öğretim çerçevesinde iki haftada gerçekleştirilmiş ve sonrasında bir yıl

boyunca öğretmenlerin çalışmaları izlenmiştir. Veri toplama aracı olarak, açık uçlu sorulardan oluşan bir başarı testi ve ders planları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, modellemenin, fikirleri görselleştirerek somutlaştırmada ve sorgulamayı kolaylaştırmada etkili olduğu gözlenmiştir (Daly, Bryan, 2010).

Menthe ve Heller (2015) yaptıkları çalışmada, Hamburg Üniversitesi Kimya Eğitimi Bölümü ve Kimya Bölümü tarafından ortaklaşa geliştirilen yeni bir bilim kursunda, öğrencilerden NBM içeren güncel bir sosyo-bilimsel sorunu kendi başlarına araştırmaları istenmiştir. Kursun bir parçası olarak, lise öğrencileri üniversitede iki gün geçirmiş, deneyler yapmış, bilgileri araştırmış ve son olarak çamaşırları sterilize etmek için tasarlanan gümüş nanoparçacıkların olumsuz çevresel bir etkiye sahip olup olmayacağını değerlendirmişlerdir. Sekiz kez tekrar edilen bu kursa yaklaşık 190 lise öğrencisi katılmıştır. Kurstan sonra öğrencilerden geri bildirim vermeleri istenmiştir. Bu bildirimler öğrencilerin hem konuyu hem de katıldıkları laboratuvar çalışmalarını ilginç bulduğunu göstermiştir.

Bryan ve diğerleri (2015)'nin derleme çalışmasında incelenen makalelerden biri kuvvetler ve etkileşimler ile ilgilidir. Sockman, Ristvey ve Jones (2012)'in çalışmasında, doğadaki statik güçlerle ilgili eğitim deneyimleri, bir kertenkelenin yerçekiminin etkisine rağmen yüzeylere yapışması ile ilgili mekanizmalarla bağlamsallaştırılmıştır. Çalışmanın amacı öğrencilerin etkileşimli yüzeyler arasındaki temas kuvvetlerinin gücünü etkileyen faktörlerin neler olduğunu belirlemelerini sağlamaktır. Araştırmacılar, öğrencilerin kertenkelenin ayağının yüzeylerle nasıl etkileşime girdiğine ve etkileşimli yüzeyler arasındaki temas kuvvetlerinin gücünü etkileyen faktörlere dair gözlemler ve yorumlar yapmaları gereken NanoLeap adlı bir ders geliştirmişlerdir. NanoLeap ünitesinin, öğrencilerin etkileşimli yüzeyler arasındaki temas kuvvetlerinin gücünü etkileyen faktörleri belirlemeleri için hazırlanan etkinlikte, öğrenciler (n = 100) kertenkelenin yüzeye yapışmasının altında yatan nedenler hakkında yazdıkları bir kompozisyon ile değerlendirilmiştir. Öğrencilerin kompozisyonlardaki en büyük yanlış anlaşılma, elektrik kuvvetleri bilgisi ve bunların kertenkelenin yapışmasındaki rolü ile ilgili olduğu belirlenmiştir.

Üniversite öncesi NBM eğitiminde, farklı tür mikroskoplar, bunların sınırları ve atomik kuvvet mikroskobunun (AFM) nasıl çalıştığı tanımlanmaktadır (Jones, Taylor, 2003).

Bryan ve diğeri (2015)'nin derleme çalışmasında, öncelikle üniversite öncesi dönemde araç ve gereçlerin öğrenilmesine odaklanan dört çalışma bulunmuştur. Blonder (2010) tarafından yapılan çalışmanın örneklemini, 14 Fen Bilgisi öğretmeni oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı; bir AFM modelini kullanan öğretmenlerin AFM ile ilgili bilgilerindeki artışı, bu modeli sınıflarında kullanmaya yönelik tutumlarını ve nanoteknolojide farklı geçmişlere sahip öğretmenlerin AFM öğretim modelinden etkilenme düzeylerini araştırmaktır. Çalışma sürecinde uygulamalı öğrenme ve gösteri deneyi metotları kullanılmıştır. Veri toplama araçları olarak kişisel bir anlam haritalama tekniği ve laboratuvar raporları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, öğretim modelinin öğretmenin AFM hakkındaki bilgisini geliştirdiği, öğretmenlerin modeli okulda kullanma ve nanokimya öğretmeye yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Ristvey ve Pacheco (2013), lise öğretmenlerinin nanobilim ve teknoloji kavramları hakkındaki anlayışlarını geliştirmek amacıyla büyüklük ve ölçek, AFM ve STM kullanımı, NBM ve nanoteknolojiyi müfredata dâhil etme konularında ders planları hazırlamışlardır. Çalışmanın uygulama aşamasında, öğretmenlere yoğun 2 haftalık yaz kursu ile birlikte bir yıl boyunca sürecek olan NBM ve teknoloji üzerine pedagojik eğitim verilmiştir. Veri toplama aracı olarak, kavramsal anlama testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, araştırmacılar öğretmenlerin NBM ve nanoteknoloji uygulamaları, AFM ve STM cihazlarının işlevi ve işleyişi ile ilgili içerik bilgilerini kazanmaları yanında okul müfredatlarında NBM ve nanoteknoloji kavramlarının öğretimini başarıyla gerçekleştirdiklerini belirlemişlerdir.

Menon ve Devadas (2019) çalışmalarında, Fen Bilimleri öğretmen adayları için ortaöğretim eğitim kurumunda nanobilim yaklaşımı kullanılarak yürütülen bir enerji dersinin uygulamasını paylaşmıştır. Bu çalışmada ilk olarak, öğretmen adayları alternatif enerji kaynaklarıyla ilgili tartışmalara dâhil edilmiştir. Düşük maliyetli, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için güneş enerjisi (nanoparçacık kullanan güneş pilleri) sorununu ve gerçek dünyadaki enerji eksikliği problemini ele alan bir vaka çalışması yaklaşımı izlenmiştir. Öğretmen adayları nanoparçacıkların boyutlarını anlamak ve göstermek için gerçek küp modelleri kullanılmıştır. UV-spektrumunun lazerlerini ve görsellerini kullanan ve floresan katkılı nanoparçacık çözeltisi olan ve olmayan kalay oksit elektrotları için voltaj ve akım çıktılarındaki eğilimleri gözlemleyen gruplarda uygulamalı araştırmalar yapmıştır. Kanıta dayalı açıklamaları formüle eden öğrenciler, bulgularını

enerji açığı sorununa çare olarak nanoparçacık yaklaşımıyla ilgili bir vaka çalışması raporu şeklinde özetlemiştir. Dersin Fen Bilimleri öğretmen adaylarına yeşil enerji anlayışı geliştirmeleri için fırsatlar sağladığı belirtilmiştir.

2.1.2 Ulusal Çalışmalardan Örnekler

Sagun-Gököz ve Akaygün (2013), ortaöğretim düzeyindeki öğrencilerde nanobilim ve nanoteknoloji konusunda farkındalık yaratmak, NBM ile ilgili bilimsel kavram ve süreçleri kavramalarını sağlamak ve kimyayı günlük hayat ile ilişkilendirmelerini sağlamak amacıyla bir atölye çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın örneklemini 42'si devlet okulunda, 37'si ise özel okulda 11. sınıfta öğrenim görmekte olan 79 öğrenci oluşturmaktadır. Uygulama süreci bir atölyede 20 öğrenci olmak üzere dört ayrı atölye şeklinde gerçekleştirilmiştir. Atölyelerde sunu, görsel demo etkinlikleri, grup çalışması etkinlikleri ve gruplar arası tartışmalar yer almıştır. Veri toplama aracı olarak 10 tane açık uçlu sorudan oluşan bir anket kullanılmıştır. Veri analizinde, öğrencilerin cevapları kodlanarak kategorilere ayrılmış ve yüzde frekansları hesaplanmıştır. Çalışma sonunda, ortaöğretim öğrencilerinde nanobilim ve nanoteknoloji alanında anlamlı düzeyde farkındalık oluştuğu ve nanobilim ve nanoteknolojik kavramların ortaöğretim düzeyinde öğrenilebileceği gözlenmiştir.

Kılınç, Alpat, Uyulgan, Şeker, Altaş ve Gezer (2017) tarafından yapılan çalışmada, nanoteknoloji konusunda ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerine uygulanan işbirlikli öğrenme yönteminin ve öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerinin akademik başarı düzeylerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmanın örneklemini 10. sınıfta öğrenim gören 127 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmanın modeli yarı deneysel desendir. Öğrenciler deney grubu ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak kişisel bilgi formu, akademik başarı testi, yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış görüşme formları kullanılmıştır. Nanoteknoloji konusu deney grubunda işbirlikli öğrenme yöntemi ile kontrol grubunda ise sunuş yoluyla öğrenme stratejisi ile işlenmiştir. Çalışmada verilerin analizi SPSS 15.0 paket programı ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda, nanoteknoloji konusunun işbirlikli öğrenme yöntemi ile işlenmesinin sunuş yoluyla öğretim stratejisine kıyasla öğrencilerin akademik başarısını olumlu yönde etkilediği ve öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerinin akademik başarı düzeylerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Ayrıca deney grubu öğrencilerinin konu ve yöntem

ile ilgili çoğunlukla olumlu görüşlere sahip olduklarını, konuyu ilgi çekici, bilgilendirici ve faydalı bulduklarını belirtmişlerdir.

Demircioğlu ve Özdemir (2019) tarafından yapılan çalışmada, bağlam temelli öğrenme yaklaşımının Fen Bilgisi ve Kimya öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunu anlamaları üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini 21 Fen Bilgisi öğretmenliği programı 4. sınıf öğrencisi ve 10 Kimya öğretmenliği programı 4. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada yarı deneysel yöntem kullanılmıştır. Öğretmen adaylarına 4'er saat olmak üzere toplam 8 saatlik bir öğretim uygulanmıştır. Veri toplama aracı olarak başarı testi ve anket kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, nanoteknoloji konusunun öğretiminde kullanılan bağlam temelli öğrenme yaklaşımının her iki grup için de etkili olduğu ve grupların nanoteknoloji konusunu anlamaları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan materyallerin ilgi çekici ve konunun anlaşılmasında faydalı olduğuna dair görüşler ortaya çıkmıştır.

Şenocak, Özdemir, Demir, Tayhan ve McNally (2019) tarafından yapılan çalışmada lise öğrencilerine yönelik bir nanobilim ve nanoteknoloji eğitim programının tasarlanması ve ön uygulama bulgularının tartışılması amaçlanmıştır. Çalışmanın örneklemini 10. Sınıf öğrencilerinden 5 kız, 5 erkek olmak üzere 10 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma deneysel desen temelinde gerçekleştirilmiştir. Veri toplama araçları olarak başarı testi, farkındalık testi, eğitim programı değerlendirme formu ve ikili görüşme formu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda katılımcıların ön test ve son test puanları arasında son test lehine anlamlı bir farklılık ortaya çıktığı ve nanobilim ve nanoteknoloji kavramları ile ilgili akademik bilgi düzeylerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca ikili görüşme sonuçlarında katılımcıların eğitim programını oldukça etkili bulduğu gözlenmiştir.

Aslan ve Şenel (2015) çalışmalarında, ortaokul ve lise fen alanları öğretmen adaylarının, nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerini belirlemeyi ve farkındalık düzeyini cinsiyet, bölüm ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini 122 Fen Bilgisi, 60 Biyoloji, 37 Fizik ve 34 Kimya bölümlerinden 179 kız, 74 erkek olmak üzere toplam 253 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmacılar veri toplama aracı olarak "Nanobilim ve Nanoteknoloji Farkındalık Anketi" kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarının orta düzeyde olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca

araştırmacılar, öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıkları arasında bölüm değişkenine göre anlamlı fark bulunurken, cinsiyet ve akademik başarı düzeyi değişkenlerine göre anlamlı bir farklılık olmadığını gözlemlemişlerdir.

Akdeniz ve Benlikaya (2015a) çalışmalarında, Kimya öğretmen adaylarının büyüklüğe bağlı özellikler konusunda kavramsal anlayışlarını incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini 60 Kimya öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak biri çoktan seçmeli, diğeri açık uçlu olan iki farklı test kullanılmıştır. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının altın nanoparçacıklar ve kuantum noktaların renkleri, iletken ve yarı iletken arasındaki farklılıklar, nanoölçekte yüzey alanı ve etkileşimlerdeki değişiklikler ve nanoparçacıkların kendiliğinden düzenlenmesini açıklamada zorluk çektikleri ve bu konularda öğretmen adaylarının bazı kavram yanılgılarına sahip olduğu görülmüştür.

Akdeniz ve Benlikaya (2015b) çalışmalarında, Fen Bilimleri öğretmen adaylarının boyut ve büyüklük ile ilgili sahip oldukları anlayışları incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini Biyoloji, Fizik, Kimya öğretmen adaylarından 150 kişi oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak 4 açık uçlu sorudan oluşan kavramsal anlama testi kullanılmıştır. Test sonuçları temalar oluşturularak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının mikro ve nano boyuttaki nesnelere sıralamada ve birim geçişlerini uzunluk dışındaki büyüklüklere uygulamada zorluk çektikleri gözlenmiştir.

Alan yazın incelendiğinde, ülkemizde nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeyini belirleme, nanoteknoloji öğretimi, nanobilim ve nanoteknoloji eğitim programının tasarlanması, büyüklük-ölçek ve büyüklüğe bağlı özellikler konularındaki kavramsal anlamaların incelenmesi ile ilgili çalışmaların yapıldığı, ancak 'Büyük Fikirler' kapsamında verilen konulara yönelik olarak nanobilim öğretimi üzerine herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

2.1.3 Nanobilimi Öğrenmede Kavramsal Zorluklar

NBM'yi öğrenmede kavramsal zorluklardan biri, öğrencilerin nesnelere gerçek büyüklüklerini ve ölçeklerini anlama yeteneklerindeki sınırlılıktır. Swarat, Light, Park ve Drane (2011), nanoölçekli nesnelere öğrenciler tarafından gözle görülebilir bir şekilde erişilebilir olmadıklarını iddia etmektedir. Xie ve Pallant (2011), öğrencilerin

nanoölçekteki nesnelere görmesi ve manipüle etmesinin mümkün olmadığını, böylece öğrencilerin nanodünyadan gerçek bir deneyime sahip olamayacağını veya nanoölçekteki olayları incelemek için uygulamalı deneyler yapamayacaklarını belirtmektedirler. Ayrıca, özellikle mühendislik öğrencilerinin büyüklük ve ölçek konusundaki görüşlerine odaklanan bir çalışmada Swarat ve diğerleri (2011), öğrencilerin bu kavramı anlamalarındaki farklılıklara dikkat çekmektedir. Yine, katılımcıların nesnelere gözle görünürlük seviyelerine göre grupladıkları çalışmada, görsel deneyimin öğrencilerin büyüklük-ölçek anlayışı üzerine güçlü etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır. Benzer şekilde, lisans öğrencilerinin büyüklük-ölçek anlayışlarını inceleyen Magana, Brophy ve Bryan (2012), öğrencilerin çoğunun çıplak gözle görülemeyen tüm nesnelere aynı büyüklük sırasına göre gruplandığını bulmuşlardır. Ayrıca, ortaokul öğrencileriyle yapılan bir çalışmada Jones ve ark. (2013), öğrencilerin farklı büyüklüklerdeki mikroölçekli ve nanoölçekli nesnelere ayırt etmekte zorlandıklarını belirlemişlerdir. Öğrencilerin, nesnelere büyüklükleri arasındaki fark büyüdükçe, bir nesnenin diğerinden daha büyük veya daha küçük olduğunu belirlemede de güçlük çektiklerini vurgulamışlardır.

NBM'yi öğrenmede bir başka zorluk da öğrencilerin nanomalzemelerin özellik değişimini yüzey alanı/hacim oranıyla açıklayamamalarıdır. Bilim insanlarının, mühendislerin ve fen eğitimi uzmanlarının katılımıyla yapılan son çalışmalarda (Stevens, Sutherland ve Krajcik 2009;) “yüzey alanı/hacim oranı” kavramını, özellikle öğrencilerin büyüklüğe bağlı özellikleri anlayabilmeleri için ön koşul olarak tanımlanmıştır. Taylor ve Jones, (2009) yüzey alanı/ hacim oranının 'difüzyon hızı, enzimatik aktivite, kimyasal reaksiyonların oranı, hücre büyümesi ve bina yapılarının fiziği gibi birçok bilimsel süreçte farklı boyutlarda mevcut olmasının önemini altını çizmektedir. Ortaokul öğrencileriyle yaptıkları çalışmada, öğrencilerin yüzey alanı/ hacim oranını anlamalarının, oransal akıl yürütme yetenekleriyle ve dolayısıyla daha yüksek bilişsel düşünme düzeyleri ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Taylor ve Jones, 2009).

Nanobilim eğitimi, algılanamayan küçük nesnelere ve süreçleri kavramsallaştırmanın zorluğuyla mücadele etmeyi gerektirirken, 3B baskı teknolojisinin yükselişi malzeme biliminin görüntüleme problemlerine çözüm sunmaktadır (Schönborn, Höst ve Lundin Palmerius, 2016). Bu nedenle 3B baskılı modellerin nanobilim eğitiminde kullanılmasının yukarıda bahsedilen kavramsal zorlukları ortadan kaldırmaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2.2 Fen Eğitiminde Argümantasyon Yöntemi

Fen eğitiminde argümantasyon yöntemine ait çalışmalar uluslararası ve ulusal çalışmalar olmak üzere iki kısımda verilmiştir.

2.2.1 Uluslararası Çalışmalardan Örnekler

Mcneill ve Pimentel (2010) tarafından yapılan çalışmada fen sınıflarında öğretmenin tartışmayı desteklemede rolü ve öğrencilerin argümantatif tartışmaya katılımları incelenmiştir. Örneklemi 3 farklı öğretmenin 11. ve 12. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışmanın tartışma konusu evrensel iklim değişimi olarak belirlenmiştir. Çalışmada veri toplama aracı olarak video kayıtları kullanılmıştır. Veri analizinde tüm sınıf tartışmasına odaklanılmış; tartışmaların süresi, tartışma sürecinde öğretmen ve öğrencilerin toplam ifade sayısı, öğrenci-öğretmen ve öğrenci-öğrenci diyalojik etkileşimleri ve argüman yapıları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, bilimsel tartışmaların %19 ve %35'i arasında öğrencilerin iddialarını savunmak için gerekçe ve kanıt kullandıkları belirlenmiştir. Üç öğretmenden sadece birinin derslerinde öğrencilerin aktif katılımını sağladığı, diğer iki öğretmenin dersinde öğretmenlerin öğrencilerden daha aktif olduğu gözlenmiştir.

Mcneill (2011)'in başka bir çalışmasında, ilköğretim öğrencilerinin fen sınıflarında ve günlük yaşamda neler yapıldığına dair açıklama, argüman ve kanıtla ilgili görüşlerini bir öğretim yılı boyunca incelemiştir. Çalışmanın örneklemi 5. Sınıfta öğrenim gören 33 öğrenci oluşturmaktadır. Veriler video kaydı ve 24 öğrenci ile ikili görüşme yapılarak toplanmıştır. Çalışma sonucunda, öğrencilerin bir yılın sonunda daha güçlü argümanlar yazabildiklerini gözlemlemiştir.

Venville ve Dawson (2010) çalışmalarında sınıfa dayalı argümantasyonun, lise öğrencilerinin argümantasyon ve muhakeme becerilerine ve genetik konusundaki kavramsal anlamalarına etkisini araştırmayı hedeflemişler ve bunun için sosyobilimsel konular hakkında argümantasyona dayalı dersler gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, argümantasyona dayalı dersleri gerçekleştirecek olan öğretmenle uygulama öncesi, argümantasyon üzerine 2 saatlik bir zaman diliminde bire bir çalışmışlardır. Yarı deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmada, deney grubunda yer alan öğrencilere öğretmen 50 dakikalık bir ders boyunca argümantasyon becerilerini öğretmiş ve daha sonraki iki ders boyunca ise genetik konusuyla ilgili sosyobilimsel durumlar hakkında tartışmalar

gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, argümantasyonun gerçekleştirildiği sınıftaki öğrencilerin argümanlarının kalitesi ve zorluğunda anlamlı bir şekilde gelişme olduğu ve mantıklı muhakemeler içeren daha fazla açıklama yaptıklarını belirlemişlerdir. Deney grubunda yer alan öğrencilerin genetik konusunda kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduklarını belirleyerek, argümantasyonun öğrencilerin kavramsal anlamalarına pozitif bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

2.2.2 Ulusal Çalışmalardan Örnekler

Tozlu, Gülseven ve Tüysüz (2019), Fen Bilimleri dersi “Kuvvet ve Enerji” ünitesi kapsamında argümantasyon temelli Cunningham mühendislik tasarım süreci ile örnek bir FeTeMM etkinliği geliştirip, yedinci sınıf öğrencilerinin günlük yaşam problemlerini kazanımlar ile ilişkilendirerek konuyu kavratmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda “Argümana Dayalı Sorgulama” modelini temel alan laboratuvar yönteminin öğrencilerin akademik başarılarına olumlu yönde etki ettiğini gözlemlemişlerdir.

Yaman (2019)’ın ortaokul altıncı sınıfta öğrenim gören 16’sı erkek 21’i kız olmak üzere toplam 37 öğrenci ile yapmış olduğu çalışmada, “Maddenin Tanecikli Yapısı” ünitesinde yer alan konulara yönelik öğrencilerin kavramsal anlamaları ve gösterim kullanma ile ilgili görüşleri araştırmıştır. Veri toplama aracı olarak iki aşamalı kavramsal başarı testi ve gösterim anketi kullanılmıştır. Kavramsal başarı testi ve gösterim anketi verileri SPSS paket programı ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, öğrencilerin kavramsal anlamaları ve gösterim kullanma ile ilgili anlamalarının son testte istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ve argümantasyon yöntemi ile bilgilerinin daha iyi yapılandırıldığı gözlemlenmiştir.

Ecevit ve Kaptan (2019), Fen Bilgisi öğretmen adaylarının argümantasyon destekli araştırma ve sorgulamaya dayalı öğretim yeterliliklerinin gelişimini araştırmışlardır. Bu amaçla, 38 Fen Bilgisi öğretmen adayı ile çalışmışlardır. Veri toplama aracı olarak öğretme-öğrenme anlayışları ölçeği, deney tasarlama kâğıtları ve öz değerlendirmeleri, yarı-yapılandırılmış görüşme formu ve yansıtıcı değerlendirme yazıları kullanılmıştır. Nicel veriler betimsel ve yordayıcı istatistik yöntemleri ile, nitel veriler betimsel ve içerik analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, nicel bulgular öğretmen adaylarının öğretme-öğrenme anlayışlarında anlamlı bir fark olmadığını gösterse de nitel bulgular öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerinin öğretime yönelik

farkındalıklarının oluştuğunu göstermiştir. Bunun yanında, araştırmanın öğretmen adaylarının argümantasyon destekli araştırma ve sorgulamaya dayalı öğretim yeterliliklerinin gelişimine katkı sağladığı belirlenmiştir.

Kaya, Doğan ve Kılıç (2005) çalışmalarında, öğrencilerin Genel Kimya Laboratuvarında hazırladıkları laboratuvar öncesi ve sonrası kavram haritalarına dayalı gerçekleştirilen tartışmaların Kimya dersine karşı tutumlarını etkileyip etkilemediğini araştırmayı hedeflemişlerdir. Bu amaçla, kontrol ve deney grupları belirleyerek, kontrol grubu öğrencilerine geleneksel yaklaşımla, deney grubu öğrencilerine ise laboratuvar öncesi ve sonrası hazırladıkları kavram haritalarının tartışılmasıyla laboratuvar dersleri yürütülmüştür. Reaksiyon ısı, kimyasal reaksiyonların hızına konsantrasyonun ve sıcaklığın etkisi, kimyasal denge ve zayıf bir asidin pKa'sı, asit ve baz indikatörleri şeklinde beş konuda Genel Kimya Laboratuvar derslerini gerçekleştirmişlerdir. Geliştirdikleri kimya tutum ölçeğini öğrencilere ön test-son test olarak uygulamışlardır. Yapılan testin analizlerinden, deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha olumlu ve iyi sonuçlara ulaştıklarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, gözlemleri ve öğrencilerle yaptıkları görüşmeler sonucunda, öğrencilerin argümantasyona dayalı olarak gerçekleştirdikleri laboratuvar dersi sayesinde, bilginin nasıl oluşturulduğunu, göreceli kavramlar hakkında nasıl düşünmeleri gerektiğini, sınıf içi tartışmalar sayesinde yeni bilgi yapılandırmanın eğlenceli olduğunu düşündüklerini, kendilerini güvenli ve yetenekli hissettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca bireysel ve grup çalışmaları sırasında ilgili kavramlar hakkında eksikliklerini fark eden öğrencilerin kavramsal anlayışlarını geliştirmek için çabaladıklarını vurgulamışlardır. Araştırmacılar argümantasyona dayalı bu tür bir kimya laboratuvarının öğrencilere kendi öğrenmeleriyle meşgul olmaları için fırsat sağladığını ve kendi öğrenmeleri ile ilgili sorumluluk duygusu kazandırdığını vurgulamışlardır. Bu tarz bir ders ile öğrencilerin kimya laboratuvarı dersine karşı olumlu duygular kazandıklarını belirtmişlerdir.

Özkara (2011), çalışmasında bilimsel tartışma odaklı öğretim etkinlikleri ile öğrencilerin basınç konusundaki akademik başarılarının, fene yönelik tutumlarının, bilimsel bilgiye yönelik görüşlerinin ve edindikleri bilgilerin kalıcılığının değişimini incelemeyi hedeflemiştir. Yarı deneysel tasarımın kullanıldığı çalışmada, kontrol grubu öğrencilerine basınç konusunun öğretimi fen ve teknoloji öğretim programında öngörülen etkinliklerle gerçekleştirilirken, deney grubuna bilimsel tartışma odaklı öğretim etkinlikleri ile

gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel olarak yapılan analizler sonucunda, çalışmada deney grubu öğrencilerinin basınç konusundaki akademik başarılarının anlamlı düzeyde değiştiği ve bilgi yapılarının kalıcılığını sağladığı ancak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin bilimsel bilgiye yönelik görüş ve fene yönelik tutumları arasında bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Aydeniz, Pabuçcu, Çetin ve Kaya, (2012) çalışmalarında, üniversite Kimya Bölümü öğrencilerinin gazların özellikleri ve davranışları konusundaki kavramsal anlamaları üzerine argümantasyona dayalı pedagojinin etkisini araştırmayı hedeflemişlerdir. Aynı öğreticinin gerçekleştirdiği Genel Kimya dersinde bir grubu kontrol diğer grubu deneysel olarak belirleyip, kontrol grubunda geleneksel deneysel grupta ise argümantasyona dayalı pedagojiye uygun dersler gerçekleştirmişlerdir. Derslerden önce ve sonra gazlarla ilgili bir kavram testi uygulamışlardır. Bu testin uygulanması sonucunda, deneysel grup öğrencilerinin son testte kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini belirlemişlerdir. Deneysel grupta yer alan öğrencilerin %80'inin başlangıçta belirlenen 17 alternatif kavramın hepsiyle ilgili başlangıç fikirlerini terk ettikleri, ancak kontrol grubundaki öğrencilerde bu oranın %50'den az olduğunu belirlemişlerdir.

2.3 Nanobilim Öğretiminde Argümantasyon

Short, Lundsgaard ve Krajcik (2009) yaptıkları çalışmada nanobilimdeki yeni gelişmeleri açıklayabilmek için, Gecko kertenkelesinin ıslak ve pürüzsüz zeminlerde ve tavanda yerçekimine meydan okuyan hareketini tartışma ortamı oluşturarak kavratmayı amaçlamışlardır. Çalışmanın örneklemini, 11. ve 12. sınıf düzeyindeki 14 kız ve 14 erkek olmak üzere 28 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmanın uygulama sürecinde öğrenciler ile birlikte küçük grup tartışmaları, konu ile ilgili kaynak araştırması ve büyük grup tartışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada veri toplama araçları olarak kavramsal anlama testi ve yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, araştırmacılar öğrencilerin nanobilim kapsamında elektrostatik yük ve farklı moleküller arası etkileşimler ile ilgili içerik bilgisinde önemli bir artış olduğunu, mantıksal düşünme ve bilimsel argüman yazma becerilerinin belirgin düzeyde arttığını gözlemlemişlerdir.

Bir İsveç ortaöğretim kurumunun fen dersinde 18 yaşında olan 12 öğrenci, nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yedi dersten oluşan bir öğretime katılmıştır. Öğretim üç alanı kapsamaktadır: 1) Öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel bilgileri

öğrenmesi, 2) Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili risk anlayışları 3) Bir tartışma sırasında nanobilim ve nanoteknolojiyi sosyo-bilimsel bir konu olarak tartışabilmeleri. Enghag ve Schenk (2016)'nın çalışmasında, bu öğretimde kaydedilen üç dersin videosu incelenmiştir. Çalışmada nanobilim ve nanoteknolojideki temel bilgilerle ilgili anket uygulanmış ve anket sonuçları istatistiksel yöntemler ile analiz edilmiştir. Tartışma kısmı, Kolstø (2006)'daki risk ve fayda senaryolarında değiştirilen argümantasyon temaları kullanılarak analiz edilmiştir. Her tema, risk ve faydalardan elde edilen belirleyici bilgi ve değerin var olduğu argümanlar içermektedir. Tartışmalar, sınıfta farklı bir iklimi tanıtmının küçük kaynaklarla ve az sayıda dersle mümkün olduğunu ve öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji konusunda nitelikli tartışmalara katılabileceğini göstermiştir. Öğrencilerin risk yargısı, ders materyallerinde rapor edilen riskler ve faydalar bilgisine dayanırken kararların öğrencilerin kişisel değerlerine dayandığı sonucuna varılmıştır.

Seifried ve Figueroa (2016)'nın çalışmasında, üç lise STEM sınıfında yüzey ıslanabilirliği konusunda sorgulamaya dayalı bir NBM etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte yüzey ıslanabilirliği kavramı, suyu çeken veya suyu iten kendi kendini temizleme özellikleri (örneğin, Teflon, Rain-X, vb.) olan ticari ürünler, bir sınıf tartışmasıyla her sınıfta kısaca tanıtılmıştır. Öğrenciler dörtlü gruplara ayrılarak, gruplara farklı ıslanabilirlik derecelerinde (hidrofilik, hidrofobik ve süperhidrofobik) önceden hazırlanmış üç şeffaf cam yüzey verilmiştir. Öğrencilerin görevleri, her bir cam üzerine su damlacıkları bırakarak suyun davranışlarını gözlemek ve her bir yüzeyi tanımlamaktır. Öğrencilerin ilgili içeriği nasıl yorumladıklarını ölçmek için açıklamaları ve çizimleri toplanmış ve analiz edilmiştir. Tüm uygulamalarda gözlemlenmemesine rağmen, öğrencilerin deneylerde etkili bir şekilde gözlem yaptıkları, sonuçları gruplar arasında tartıştıkları ve hidrofobik ve hidrofilik yüzeyleri doğru bir şekilde tanımlamak için argümanlar oluşturdukları gözlenmiştir. Soruşturmaya dayalı bir etkinlik olarak uygulanan derste öğrencilerin kendi deneylerini oluşturma ve topladıkları verilerden sonuç çıkarma şansına sahip oldukları belirtilmiştir. Bunun yanında bu yaklaşımın aktif öğrenmeye teşvik ettiği ve kavramsal anlayışı arttırmada etkili olduğu vurgulanmıştır.

Alanyazın incelendiğinde, argümantasyonun fen sınıflarında kullanılması sonucu öğrencilere birçok alanda katkı sağladığını ortaya çıkaran çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda argümantasyonun fen sınıflarında uygulanması sonucunda, öğrencilerin kavramsal anlamalarının arttığı, bilimin doğasını anladıkları, eleştirel

düşünme becerilerinin arttığı, bilgilerin kalıcılığını sağladığı, tartışma eğilimlerinde, araştırma ve eleştirel düşünme becerilerinde önemli gelişmeler sağlandığı ve fen derslerine karşı olumlu tutumlar geliştirmelerine katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Jimenez Aleixandre, Rodriguez ve Duschl, 2000; Venville, Dawson 2010; Kaya ve diğ., 2005; Özkara 2011; Mcneil 2011; Jimenez Aleixandre ve Erduran, 2008; Keogh ve Naylor, 2007). Bununla birlikte nanobilim öğretiminde ise argümantasyon yönteminin kullanıldığı çok az sayıda çalışmanın (Short ve diğ. 2009) bulunduğu görülmektedir.

2.4 Fen Eğitiminde 3B Yazıcı Teknolojilerinin Kullanıldığı Çalışmalar

3B yazıcı teknolojilerinin eğitim alanında yapılan çalışmalarda kullanımı 2010 yılından itibaren bir artış göstermiştir. Eğitim alanında 3B yazıcıların kullanıldığı çalışmalar; materyal tasarlama ve geliştirme, öğretimsel etki, teknoloji tanıtımı ve laboratuvar geliştirme-araştırma alanlarında gerçekleştirilmiştir (Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018).

Kwon (2017) çalışmasında, matematiksel becerilerin gerçek yaşam becerileri ile ilişkilendirmiştir. Fen bilimlerine ve matematiğe olan ilgi ve motivasyon değişimini araştırmıştır. Çalışmanın örneklemini 47 lise öğrencisi oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak başarı testi ve anket kullanılmış olan bu araştırmada elde edilen verilerin analizinde betimsel ve nicel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda 3B yazıcıların gerçek yaşam deneyimleri kazandırması nedeni ile öğrencilerin matematiksel becerilerini arttırdığı, ayrıca Matematik ve Fen Bilimleri derslerine karşı ilgi ve motivasyonu arttırarak, öğrenmeye karşı daha istekli davranış sergilemelerine neden olduğu belirlenmiştir.

Barroso ve diğerleri (2017)'nin 26 öğretmen ile ölçek kullanarak yaptığı çalışmada yorumlayıcı analiz sonuçlarında, 3B yazıcıların mühendislik ve uzaysal becerilerin gelişiminde çok yüksek oranda etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Güleryüz, Dilber ve Erdoğan (2019) yaptıkları çalışmada, STEM uygulamaları kapsamında 3B yazıcı kullanımına yönelik Fen Bilimleri öğretmen adaylarının görüşlerini araştırmışlardır. Çalışmanın örneklemini 37 Fen Bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Elde edilen veriler içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, öğretmen adaylarının 3B yazıcılarını soyut kavramları somutlaştıran, üretkenliği arttıran ve öğrenme ortamlarına materyal desteği sağlayan teknolojik bir ürün olarak tanımladıkları ortaya çıkmıştır.

Doğa Koleji Tuzla Kampüsünde 3B tasarım atölyeleri kurularak öğrencilerin tasarımları 3B yazıcılar ile somutlaştırılmıştır. Microsoft yetkilileri tarafından ziyaret edilen tasarım atölyeleri ülkemizin geleceğine yön veren en iyi yatırım olarak nitelendirilmiştir (Demir, Çaka, Tuğtekin, Demir, İslamoğlu ve Kuzu, 2016).

2.4.1 Fen Öğretiminde 3B Baskılı Modellerin Kullanıldığı Çalışmalar

Günümüzde 3B yazıcılar ile basılabilen modeller hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin çok büyük destekçisidir (Dean, Ewan ve McIndoe, 2016). Alabama Üniversitesinde 3B yazıcı ile çeşitli kimyasal molekül ve istiflenmelerdeki atomların uzaydaki dizilimini gösteren modeller üretilmiştir. Hazırlanan modeller Anorganik Kimya derslerinde kullanılmış ve öğrencilerde anlamlı öğrenmeler elde edilmiştir (Vincent ve Thomas, 2014a).

Nevada Üniversitesinde basit plastik malzeme ile 3B yazıcıda üretilen modeller aracılığıyla SN1 ve SN2 reaksiyonlarının stokiyometrilere öğrencilere öğretilmiştir. Öğretim sonucunda, 3B baskılı modellerin iki boyutlu sunulardan daha etkili olduğu öğrencilerin doğru bir şekilde reaksiyon akışı oluşturduğu gözlenmiştir (Vincent ve Thomas, 2014b).

Danil, Kaliakin, Ryan, Zaari, Sergey, Varganov (2015) tarafından yapılan çalışmada serbest yüzey enerjisini gösteren modeller üretilmiştir. Bu modellerin kimya öğretimini daha etkili hale getirmek için moleküler model kitleri gibi geleneksel eğitim materyalleri ile birleştirilerek kullanılabilmesi belirtilmiştir.

2.5 Nanobilim Öğretiminde 3B Baskılı Modellerin Kullanıldığı Çalışmalar

Nanoölçekte gerçekleşen olaylar günümüzde önemli bir araştırma alanı oluşturmuştur. Bu önemin ortaya çıkması ile beraber nanoölçekte gerçekleşen olayların eğitimde yerini alması kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Ancak öğrencilerin bunu iki boyutta (2B) anlamlandırabilmeleri oldukça güç olduğundan 3B eğitim materyalleri ile desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İşte bu noktada 3B yazıcıların önemi anlaşılmaktadır. 3B yazıcılar ile öğretim materyalleri tasarlama ve model uygulamaları yaygınlaşmaktadır.

Nanoölçekte karmaşık kimyasal moleküllerin 3B yazıcı ile oluşturulmuş modelleri ile öğrencilere nanobilim anlatımının, power point sunuları ile anlatımından daha etkili olup olmadığı inceleyen bir çalışmada 150 lise öğrencisi ile çalışılmıştır. Kontrol grubuna

power point sunuları ile bazı kimyasal moleküller anlatılmış; deney grubuna ise 3B yazıcı ile oluşturulmuş modeller üzerinden kimyasal moleküller anlatılmıştır Kontrol ve deney grubunun nanoölçekte bulunan moleküller ile ilgili ön bilgilerini sorgulamak amaçlı test uygulanmıştır. Öğretim sonunda kontrol ve deney grubunun öğrenmelerini incelemek için test uygulanmıştır. Verilerin analizi için varyans analizi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda deney grubunun sahip olduğu öğrenmeler ile kontrol grubunun sahip olduğu öğrenmelerin arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Deney grubunda bulunan öğrencilerin daha etkin öğrenmeler elde ettiği gözlenmiştir. Öğrencilerdeki öğrenmelerin anlamlı ve kalıcı olması için 3B yazıcılar ile hem zaman hem de maddi gelir açısından ekonomik eğitim materyalleri hazırlanıp; öğrencilerin soyut kimyasal molekülleri görerek ve dokunarak daha kolay öğrenmesinin sağlanabileceği belirtilmiştir (Moeck, Stone Sundberg, Snyder ve Kaminsky, 2014) .

Son 10 yıldır 3B yazıcılar ile öğretim materyalleri tasarlama ve model uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Kimyasal moleküller ve kristal katılarda istiflenme (Vincent ve Thomas, 2014a), serbest yüzey enerjisi (Danil ve diğ. 2015) ve SN1 - SN2 tepkimeleri (Vincent ve Thomas, 2014b) gibi konuların öğretiminde 3B baskılı modellerin etkili araçlar olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Ancak nanobilim öğretiminde bu tür modellerin kullanımıyla ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

2.6 Problem Durumu

Nanobilim eğitiminin hala nispeten gelişmemiş bir alan olduğu açıktır. Tüm dünyada üniversite öncesi NBM eğitime tahsis edilen milyonlarca kaynağa bakıldığında, üniversite öncesi öğrencilerinin ve öğretmenlerin NBM öğrenmeleri üzerine yayınlanan araştırmaların azlığı hayal kırıklığı yaratmaktadır. Ayrıca, çalışmalarda ele alınan NBM kavramlarının alanı oldukça dardır. Bugüne kadar yürütülen en fazla deneysel çalışma yoğunluğu, öğrencinin büyüklük ve ölçek anlayışına ve bununla ilgili birkaç konuya (örneğin, yüzey alanı/hacim oranı, büyüklüğe bağlı değişen özellikler) odaklanmaktadır (Bryan ve diğ., 2015). Bu nedenle nanobilim öğretimine yönelik yeni konularda öğretim tasarımlarının yapılmasına ve geliştirilmesine ihtiyaç olduğu açıktır.

Öğrencilerin okulda öğrendikleri bilim genellikle onu ders kitaplarına dönüştüren sağlam ve tartışmasız bilgi etrafında dönerken, nanobilim hala birçok tartışmanın olduğu gelişen bir alandır (Menthe ve Heller 2015). Bu nedenle argümantasyon yönteminin NBM'nin

öğrenilmesi için gerekli şartlardan biri olduğu düşünülmektedir. Argümantasyonun fen sınıflarında kullanılması sonucu öğrencilere birçok alanda katkı sağladığını ortaya çıkaran çalışmaların yapıldığı görülürken, nanobilim öğretiminde ise argümantasyon yönteminin kullanıldığı çok az sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir.

3B baskı teknoloji uygulamalarından bazılarının kullanımı henüz yeni yeni başlamış olsa da, 3B baskının kısa sürede ana teknoloji olacağı açıktır (Jafari, Cloutier, Allahdini ve Momen, 2019) ve bu teknoloji ile üretilen modellerin nanobilim öğrenmedeki kavramsal problemlerden biri olan algılanamayan küçük nesnelere ve süreçleri kavramsallaştırmanın zorluğunu ortadan kaldırılabileceği belirtilmektedir (Schönborn ve diğ., 2016). Son 10 yıldır 3B baskılı modellerin oluşturularak ve çeşitli konuların öğretimi için kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yeni ve gelişen bir alan olan NBM için ise öğretimde 3B baskılı modellerin kullanımıyla ilgili sadece birkaç çalışmanın bulunması beklenen bir durumdur. Bu da bize zamanla bu alandaki çalışmaların artacağını göstermektedir.

Nanobilim eğitimi ile ilgili alan yazında belirtildiği gibi, nanobilim öğretiminde ‘Büyük Fikirler’de belirtilen farklı konulara yönelik deneysel çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu deneysel çalışmalarda argümantasyon ve 3B modellerinin birlikte kullanımının ilgili alan yazında yukarıda belirtilen boşlukları doldurmada katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada aşağıda belirtilen problem ve alt problem cümlelerine yanıt aranmaktadır.

2.6.1 Problem Cümleleri

Araştırmanın ana problem cümleleri “Nanobilim kapsamında *Yüzey özellikleri ve etkileşimler* konusunun öğretiminde kullanılan yöntemin lisans öğrencilerinin konu ile ilgili kavramsal anlamalarına etkisi var mıdır?”, “Nanobilim kapsamında *Yüzey özellikleri ve etkileşimler* konusunun öğretiminde kullanılan yöntemin lisans öğrencilerinde bulunan kavram yanlışlarının (yüzdeler oranının) değişimine etkisi var mıdır?” ve “Nanobilim kapsamında *Yüzey özellikleri ve etkileşimler* konusu ile ilgili olarak gerçekleştirilen öğretimler hakkında öğrencilerin görüşleri nelerdir?” şeklindedir.

2.6.1.1 Alt Problem Cümleleri

1. Grupların kavramsal teste ait ön test puanları arasında anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?

2. Birinci deney grubunun (argümantasyon) kavramsal teste ait ön test ve son test puanları arasında son test lehine anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?
3. İkinci deney grubunun (argümantasyon +3B Model) kavramsal teste ait ön test ve son test puanları arasında son test lehine anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?
4. Kontrol grubunun kavramsal teste ait ön test ve son test puanları arasında son test lehine anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?
5. Grupların kavramsal teste ait ön test son test puan farkları arasında anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?
6. Gruplarının kavramsal teste ait ön testte ortaya çıkan kavram yanılığsı ifadeleri ile son testte ortaya çıkan kavram yanılığsı ifadeleri arasında nasıl bir değişim vardır?
7. Birinci deney grubunun “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun argümantasyonla öğretimi ile ilgili görüşleri nelerdir?
8. İkinci deney grubunun “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun 3B baskılı modellerin kullanıldığı argümantasyon ile öğretimi ile ilgili görüşleri nelerdir?
9. Kontrol grubunun “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun sunuş yolu ile öğretim stratejisi (geleneksel yöntem) ile öğretimi ile ilgili görüşleri nelerdir?

2.7 Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmada yürütölen pilot çalışma, Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakölteşi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı öğrencileri ve gerçek çalışma ise Balıkesir Üniversitesi’nde üniversite seçmeli ders (ÜSD) olarak verilen “Nanobilim ve Nanoteknoloji” dersini seçen öğrenciler ile sınırlıdır. Yapılan öğretimler nanobilim kapsamındaki “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusu ve bu konunun öğrenilmesi için ön koşul olan büyüklük ve ölçek ve moleküller arası etkileşimler konuları ile sınırlıdır. Çalışmadaki veri toplama araçları kavramsal anlama testi ve yapılandırılmış ikili görüşme formları ile sınırlıdır.

2.8 Araştırmanın Varsayımları

Öğrencilerin çalışmaya samimiyet ve içtenlikle katıldığı kabul edilmiştir.

2.9 Araştırmanın Önemi

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin önemi ve özellikle ortaöğretim düzeyindeki gerekliliği her geçen gün artarken, dünyadaki pek çok öлке ile karşılaştırıldığında, Türkiye’de yapılan nanobilim öğretimine yönelik çalışmalarının henüz yeterli düzeyde

olmadığı görülmektedir. Argümantasyonun fen sınıflarında uygulanmasına yönelik yapılmış çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin kavramsal anlamasına yönelik fizik, kimya, biyoloji ve fen gibi birçok alanda araştırmalar yapıldığı ve ancak nanobilimle ilgili çok az sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. 3B baskılı modellerin oluşturulması ve çeşitli konuların öğretimi için kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yeni ve gelişen bir alan olan NBM için ise öğretimde 3B baskılı modellerin kullanımıyla ilgili az sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modelleri üzerinden argüman temelli nanobilim öğretimi ile ilgili olarak yapılacak olan bu çalışma, her üç alandaki eksikliği tamamlamada gerekli adımlardan birini oluşturacaktır.

2.10 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun doğadaki nanoyapılar üzerinden üç yöntemle öğretiminin (argümantasyon, argümantasyon + 3B Model ve geleneksel) lisans öğrencilerinin konu ile ilgili kavramsal anlama ve kavram yanılgılarına etkilerini incelemektir.

3. YÖNTEM

Bu bölüm; pilot çalışma ve gerçek çalışma için araştırma modeli, çalışma grubu, öğretim tasarımı ve öğretim süreci başlıklarını ve veri toplama araçlarını ve veri analiz yöntemlerini içermektedir.

3.1 Pilot Çalışma

3.1.1 Araştırma Modeli

Bu çalışmada deneysel desen olarak seçkisiz atamayı içermeyen ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen uygulanmıştır. Doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun doğadaki nanoyapılar üzerinden üç yöntemle öğretiminin (argümantasyon, argümantasyon + 3B Model ve 3B Model) lisans öğrencilerinin konu ile ilgili kavramsal anlama ve kavram yanılgılarına etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Deneysel desenler, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla kullanılmaktadır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2011). Araştırmada grup (öğretim yöntemi) bağımsız değişken, kavramsal anlama testi ön test-son test puanları bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan modelin simgesel görünümü Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Pilot çalışmadaki deneysel modelin simgesel görünümü.

Gruplar	Ön Test	Uygulama	Son Test
G1 (Argümantasyon Grubu)	Ö1	X1	Ö2
G2 (3-B model Grubu)	Ö3	X2	Ö4
G3 (Argümantasyon+ 3-B model Grubu)	Ö5	X1+X2	Ö6

X1: Argümantasyon yöntemi ile öğretim, X2: 3B modelleri ile öğretim.

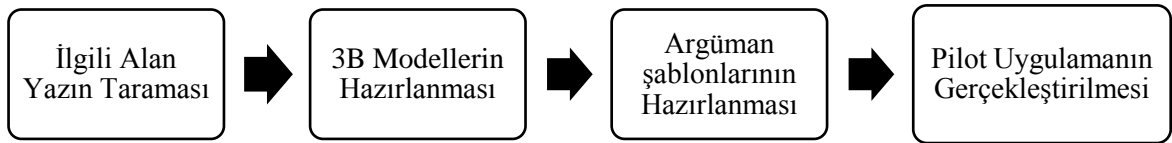
Tablo 3.1 incelendiğinde, pilot çalışmaya 3 grup dâhil edilmiştir. Birinci deney grubunda argümantasyon yöntemi, ikinci deney grubunda doğadaki nanoyapıların 3B baskılı modelleri ile geleneksel öğretim, üçüncü deney grubunda argümantasyon ve doğadaki nanoyapıların 3B baskılı modelleri ile öğretime bağlı kalınarak dersler işlenmiştir.

3.1.2 Çalışma Grubu

Pilot çalışmanın örneklemini 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği programının 3.sınıfında okuyan toplam 44 öğrenci oluşturmaktadır. Argümantasyon yöntemi ile öğretimin gerçekleştirildiği G1 grubunda 15 öğrenci, doğadaki nanoyapıların 3B modelleri ile geleneksel öğretim yönteminin uygulandığı G2 grubunda 15 öğrenci ve argümantasyon ve doğadaki nanoyapıların 3B modelleri ile öğretimin gerçekleştirildiği G3 grubunda 14 öğrenci bulunmaktadır. Araştırmanın başlangıcında tüm gruplarda öğrenci sayısı eşit olup 15 iken, üçüncü deney grubunda yer alan bir öğrencinin son teste katılmaması nedeniyle bu gruptaki öğrenci sayısı 14 olmuştur.

3.1.3 Öğretim Tasarımı

Pilot çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında izlenen basamaklar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Pilot çalışma sürecinde izlenen basamaklar

3.1.3.1 3B Modellerin Hazırlanması

Çalışmamızda kullanılan modellerin hazırlanması aşamasında FDM (Katman Biriktirme Modelleme) yazıcılar kullanılmış olup; modeller, Fusion 360 ve Tinkercad programlarında tasarlanmış ve CURA programı ile dilimlenmiştir. Gcode dosyaları Kartezyen yazıcılarda basılmıştır. Kullanılan modellerde baskı materyali olarak polilaktik asit (PLA) tercih edilmiştir.

Pilot çalışmada Ek D’de gösterilmiş olan hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarının öğretimi için Nilüfer çiçeği ile ilgili modellerin 3B baskıları alınmış ve bu modellerden silikon malzeme ile ters kalıplar elde edilmiştir. Yüzey morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin öğretimi için Köpek balığı derisindeki pulları gösteren 3B baskılar alınmış ve pullar yüzen bebelere

yapıştırılmıştır. Gecko etkinliği için 3B baskılı modeller oluşturulamamış ve EK D’de gösterilen oyuncak ile etkinlik gerçekleştirilmiştir.

3.1.3.2 Öğretim Etkinliklerinin Hazırlanması

Öğrencilere argümantasyon yöntemini öğretmek için “Argümantasyon nedir”, “Argüman nedir?” ve “Argümanın bileşenleri nelerdir?” başlıklarını içeren power point sunusu hazırlanmıştır. Öğrencilerin incelemesi için güncel konular içeren argüman örnekleri sunulmuştur. Nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun doğadaki nanoyapılar üzerinden öğretimini sağlayacak argüman şablonları, hikâye metinleri ve TGA formları hazırlanmıştır.

3.1.4 Öğretim Süreci

Pilot çalışma, 2018-2019 eğitim-öğretim yılı içerisinde bahar döneminde beş haftalık bir zaman diliminde her bir grup için haftada iki ders saati şeklinde planlanan bir öğretim programı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretimi;

- Birinci deney grubunda öğretim, 3B yazıcılarda üretilen modeller kullanılarak power-point sunumları üzerinden düz anlatım ile gerçekleştirilmiştir.
- İkinci deney grubunda öğretim, hazırlanan argüman şablonları, hikâye metinleri, TGA formları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- Üçüncü deney grubunda öğretim hazırlanan argüman şablonları, hikâye metinleri, TGA formları ile birlikte 3B yazıcılarda üretilen modeller kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Pilot çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Pilot çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı.

Uygulamanın Yapıldığı Hafta	Uygulamalar
1.Hafta	Argümantasyon yönteminin tanıtılması ve argüman kavramının tanıtılmasına yönelik etkinliklerin yapılması
2. Hafta	Büyüklik – ölçek konusu ile ilgili argüman uygulamaları yapılması ve ön test uygulaması.
3. Hafta	<p>G1: Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarının Nilüfer çiçeği üzerinden argümantasyon yöntemi kullanılarak öğretimi</p> <p>G2: Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarının Nilüfer çiçeği üzerinden 3B modeller ile birlikte düz anlatım yöntemi ve soru cevap tekniği (geleneksel yöntem) ile power point sunumlar kullanılarak öğretimi</p> <p>G3: Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarının argümantasyon uygulamaları ve Nilüfer çiçeği modelleri kullanılarak öğretimi</p>
4. Hafta	<p>G1: Yüzey morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Köpek balığı ve kambur balina örnekleri üzerinden argümantasyon uygulamaları ile öğretimi</p> <p>G2: Yüzey morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Köpek balığı ve kambur balina örnekleri üzerinden 3B modeller ile birlikte geleneksel öğretim ile power point sunumlar kullanılarak öğretimi</p> <p>G3: Yüzey morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Köpek balığı ve kambur balina örnekleri üzerinden model ve argümantasyon uygulamaları ile öğretimi</p>
5.Hafta	<p>G1: Yüzey alanı artışının ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Gecko örneği üzerinden argümantasyon uygulamaları ile öğretimi</p> <p>G2: Yüzey alanı artışının ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Gecko örneği üzerinden 3B modeller ile birlikte geleneksel öğretim ve power point sunumlar kullanılarak öğretimi</p> <p>G3: Yüzey alanı artışının ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Gecko örneği üzerinden argümantasyon uygulamaları ve model kullanımı ile öğretimi</p>
6.Hafta	Tüm gruplara son test uygulaması

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi, öğrencilere etkinlikler öncesi ön bilgilerini ölçmek amacı “Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusuna yönelik hazırlanmış bir kavramsal anlama testi ile ön test uygulaması yapılmıştır. Öğrenciler ön test sonuçlarına göre “Argümantasyon Grubu” “3B Model Grubu” ve “Argümantasyon + 3B Model Grubu” olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

İlk hafta uygulamalarının amacı argümantasyon yöntemini öğrencilere tanıtip; uygulama ortamı oluşturmaktır. İkinci hafta uygulamalarının amacı; öğrencilere büyüklük ve ölçek konusunu kavratmanın yansira öğrencilerin ölçülebilen en büyük ve en küçük nesnelere hakkında fikir üretmeleri, nesnelere büyüklüklerine göre gruplamaları, nesnelere gerçek büyüklüklerini tahmin etmeleri, nesnelere gerçek büyüklüklerine göre sıralamaları ve nesnelere bağıl büyüklüklerine göre kıyaslamalarını sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Öğrenciler 3’er kişilik gruplara ayrılarak; gruplara ölçülebilen en büyük ve en küçük nesnelere hakkında fikir üretebilmeleri için büyüklük-ölçek etkinlik kâğıdı verilmiştir. Gruplar kendi içinde tartışıp, argüman şablonunu doldurmuşlardır. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır.
- Nesnelere resimlerini içeren kartlar gruplara dağıtılmıştır. Öğrenciler grup içinde tartışarak nesnelere büyüklüklerine göre gruplayarak argüman şablonunu doldurmuşlardır. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır.
- Öğrenciler grup içinde tartışarak nesnelere küçükten büyüğe doğru sıralamış ve argüman şablonunu doldurmuşlardır. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır.
- Öğrencilerin grup içinde tartışarak nesnelere gerçek büyüklüklerini tahmin etmeleri ve tahminlerini-gereçlerini dikkate alarak argüman şablonunu doldurmaları istenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup, farklı fikirdeki grupların tartışarak nesnelere bağıl büyüklükleri hakkında fikirlerini tartışmaları sağlanmıştır.
- Ders sonunda katılımcılara “Büyüklük-Ölçek” konusu ile ilgili power point sunusu üzerinden teorik kavramsal bilgiler verilmiştir.

Üçüncü hafta uygulamalarının amacı; öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzey kavramlarını öğretmek ve yüzeylerin özelliklerine polarlık-apolarlık, yüzey alanı ve yüzey morfolojisinin etkilerini anlayabilmelerini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Argümantasyon grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Hikâye ve fotoğraflar içeren etkinlik kâğıtları gruplara dağıtılıp, gruplardan hikâyeyi okumaları ve resimleri incelemeleri istenmiştir. Etkinlik kağıdında bulunan fotoğraflarda su damlacıklarının yaprak yüzeylerinde neden farklı durduğuna dair fikirlerini kendi grupları içinde tartışmaları ve argüman şablonunu doldurmaları istenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda, öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik ve süperhidrofobik kavramları hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

- 3B Model grubunda bulunan öğrencilere 3B baskılı modeller üzerine su damlatılarak damlaların modellerin üzerinde duruş şekline göre yüzey özelliklerini incelemeleri sağlanmıştır. İncelemelerin ardından öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik ve süperhidrofobik kavramları hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

- Argümantasyon+ 3B Model grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Hazırlanan modeller, su ve etkinlik kağıtları gruplara dağıtılmıştır. Öğrencilerden modellerin yüzey özellikleri ile ilgili tahminlerini yapıp; tahminlerini argüman şablonuna yazmaları istenmiştir. Öğrencilerin modellerin üzerine su damlattıktan sonra damlaların duruş şekillerine göre, modellerin yüzey özelliklerini belirlemeleri ve gözlemlerini kendi grupları içinde tartışarak gerekçeleri ile birlikte argüman şablonuna not etmeleri sağlanmıştır. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda, öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik ve süperhidrofobik kavramları hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

Dördüncü hafta uygulamalarının amacı; öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzey özelliklerinin ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özellikleri kavratmaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Argümantasyon grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Köpek balığı ve kambur balina fotoğrafları ve bu canlıların doğadaki davranışları hakkında bilgi içeren etkinlik kâğıdı ve kanıt kartları gruplara dağıtılıp, incelemeleri sağlanmıştır. Öğrenciler etkinlik kâğıdında bulunan fotoğraflardaki Köpek balığı ve kambur balina deri yüzeylerinin farklılıklarına dair fikirlerini kendi grupları içinde tartışarak, düşüncelerini gerekçeleri ile birlikte argüman şablonuna yazmaları beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda, öğrencilere Köpek balığı ve kambur balinanın özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

- 3B Model grubunda bulunan öğrencilere hazırlanan farklı modeller (üzerinde 3-B baskılı pulcukların bulunduğu yüzen bebek ve üzerinde 3B baskılı pulcuklar bulunmayan yüzen bebek), yüzdürme kabı ve su verilmiştir. Öğrencilerden modellerin su dolu yüzdürme kabında süre tutarak yüzen bebekleri gözlemlenmeleri ve hızlarını hesaplamaları istenmiştir. Dersin sonunda, Köpek balığı ve kambur balinanın özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

- Argümantasyon+3B Model grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. 3B baskılı pulcukların bulunduğu yüzen bebek ve 3B baskılı pulcukların bulunmayan yüzen bebek fotoğraflarını içeren etkinlik kâğıdı gruplara dağıtılmıştır. Katılımcıların hangi bebeğin daha hızlı yüzeceğini tahmin etmeleri istenmiştir. Gruplara üzerinde 3B baskılı pulcukların bulunduğu yüzen bebek ve üzerinde 3B baskılı pulcukları bulunmayan yüzen bebek modelleri, su tankı ve su verilmiştir. Öğrencilerin, bebekler su tankında yüzerken gözlem yapıp, süre tutmaları istenmiştir. Öğrenciler tarafından su tankının boyu ölçülerek bebeklerin hızları hesaplanmıştır. Öğrencilerden tahmin ve gözlemlerini kıyaslayıp, tahmin ve gözlemlerinin birbiri ile olan uyumu hakkında grupları içinde tartışıp, argüman şablonunu doldurmaları beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda, öğrencilere Köpek balığı ve kambur balinanın özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

Beşinci hafta uygulamalarının amacı; katılımcılara yüzey alanı artışının ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özellikleri kavratmaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Argümantasyon grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Gecko kertenkelesinin fotoğrafları ve doğadaki davranışları hakkında bilgi içeren etkinlik kâğıdı gruplara dağıtılıp, incelemeleri istenmiştir. Öğrencilerin, etkinlik kağıdında bulunan fotoğraflardaki kertenkelenin diğer dört ayaklı canlılardan farklılıklarını kendi grupları içinde tartışmaları ve argümanlarını gerekçeleri ile birlikte argüman şablonuna yazmaları istenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda, öğrencilere Gecko kertenkelesinin özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.
- 3B Model grubunda bulunan katılımcılara hazırlanan model verilmiş ve öğrencilerden modeli duvara atarak, duvarda ilerlemesini gözlemlemeleri istenmiştir. Dersin sonunda öğrencilere Gecko kertenkelesinin özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.
- Argümantasyon + 3B Model grubunda bulunan öğrenciler 3'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Öğrencilerden, dağıtılan etkinlik kağıdında Gecko kertenkelesinin fotoğraflarını incelemeleri ve kertenkelenin dikey zeminlerde nasıl düşmeden hareket edebildiği konusunda tahminlerini yazmaları beklenmiştir. Gruplara model verilerek modeli duvarda hareket ettirmeleri sağlanmıştır. Öğrencilerden tahmin ve gözlemlerini kıyaslayarak, tahmin ve gözlemlerinin birbiri ile olan uyumu hakkında grupları içinde tartışıp, argüman şablonunu doldurmaları beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Ders sonunda öğrencilere Gecko kertenkelesinin özellikleri hakkında power point sunumu üzerinden teorik bilgi verilmiştir.

Altıncı haftada tüm gruplara “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” kavramsal anlama testi son test olarak uygulanmıştır.

3.2 Gerçek Çalışma

3.2.1 Araştırma Modeli

Bu çalışmada deneysel desen olarak seçkisiz atamayı içermeyen ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen uygulanmıştır. Doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun doğadaki nanoyapılar üzerinden üç yöntemle öğretiminin (argümantasyon, argümantasyon + 3B Model ve geleneksel) lisans öğrencilerinin konu ile ilgili kavramsal

anlama ve kavram yanılgılarına etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Deneysel desenler, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla kullanılmaktadır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2011). Araştırmada grup (öğretim yöntemi) bağımsız değişken, kavramsal anlama testi ön test-son test puanları bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan modelin simgesel görünümü aşağıda Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3: Gerçek çalışmadaki deneysel modelin simgesel görünümü.

Gruplar	Ön Test	Uygulama	Son Test
G1 (Birinci Deney Grubu)	Ö1	X1	Ö2
G2 (İkinci Deney Grubu)	Ö3	X1+X2	Ö4
G3 (Kontrol grubu)	Ö5	Geleneksel öğretim	Ö6

X1: Argümantasyon yöntemi, X2: 3B modelleri ile öğretim

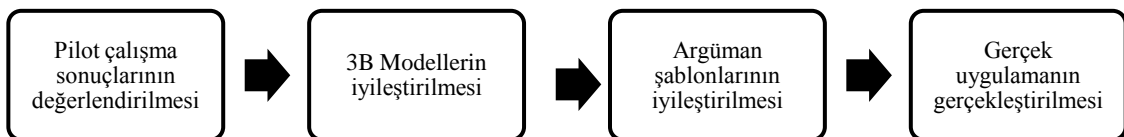
Tablo 3.3 incelendiğinde, gerçek çalışmaya ikisi deney, diğeri ise kontrol grubu olmak üzere 3 grup dâhil edilmiştir. Birinci deney grubunda argümantasyon yöntemi ile, ikinci deney grubunda ise argümantasyon ve doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B modelleri kullanılarak dersler gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda ise aynı konu düz anlatım yöntemi ve soru-cevap tekniği kullanılarak geleneksel öğretim ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.2 Çalışma Grubu

Çalışmanın örneklemini, 2019-2020 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Balıkesir Üniversitesi’nde, ÜSD dersi olarak verilen “Nanobilim ve Nanoteknoloji” dersini seçen toplam 29 öğrenciden oluşmaktadır. Argümantasyon yönteminin uygulandığı G1 grubunda 10 öğrenci, argümantasyon ve doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B modelleri ile öğretimin gerçekleştirildiği G2 deney grubunda 10 ve G3 (kontrol) grubunda ise 9 öğrenci bulunmaktadır.

3.2.3 Öğretim Tasarımı

Gerçek çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında izlenen basamaklar Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2: Gerçek çalışma sürecinde izlenen basamaklar

3.2.3.1 3B Modellerin İyileştirilmesi

Pilot çalışmada, hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarının öğretimi için silikon malzemeden yapılan kalıp malzemeler hem suya hem hegzana benzer davranış gösterdiğinden damlaların temas açıları arasında belirgin fark gözlenememiştir. Gerçek çalışmada, Ek E’de gösterilmiş Nilüfer çiçeği yüzey özelliğini gösteren 3B baskılı modeller hazırlanmıştır. Pilot çalışmada, Köpek balığı derisindeki pulları gösteren 3B baskılı modellerin yapıştırıldığı kurmalı yüzen bebeklerde bulunan yayın gerilme farklılığından yüzme hızları değişim göstermiştir. Bu nedenle gerçek çalışmada Ek E’de gösterilen, yüzey morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin öğretimi için Köpek balığı derisindeki pulları gösteren 3B baskılı modeller hazırlanmış ve pullar dinamo ile çalışan gemilere yapıştırılmış ve pul yüzeyleri süperhidrofobik hale getiren sprej (Keyf 2019) ile kaplanmıştır. Yüzey alanı artışının ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin öğretimi için EK E’de Gecko kertenkelesi ayak yapısını gösteren 3B baskılı modeller hazırlanmıştır.

3.2.3.2 Öğretim Etkinliklerinin İyileştirilmesi

Pilot çalışmada gözlenen ve çalışmanın başarısını azalttığı düşünülen olumsuzlukların gerçek çalışmada yaşanmasına sebebiyet vermemek için hazırlanan etkinlik kâğıtları ve 3B baskılı modellerde düzenlemeler yapılarak gerçek çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca pilot çalışmada “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğrenilmesi için bir önkoşul olan moleküller arası etkileşimler konusu ile ilgili katılımcılarda gözlenen önbilgi yetersizliği nedeniyle gerçek çalışmaya bu konu da eklenmiştir. Moleküller arası etkileşimler konusu için argüman şablonları hazırlanmıştır. Büyüklük–ölçek konusu öğretiminde kullanılan etkinlik kâğıtları öğretim süresini kısaltacak ve öğrenci motivasyonunu arttıracak şekilde düzenlenmiştir. Nilüfer çiçeği etkinliğinde kullanılan etkinlik kâğıtlarında bulunan fotoğraflar gerçek çalışmada kullanılan modellerin fotoğrafları ile güncellenmiştir.

3.2.4 Öğretim Süreci

Gerçek çalışma, 2019-2020 eğitim–öğretim yılının güz döneminde sekiz haftalık bir zaman diliminde her bir grup için haftada iki ders saati şeklinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretimi;

- Birinci deney grubunda bulunan katılımcılara, hazırlanan argüman şablonları, hikaye metinleri, TGA formları kullanılarak öğretim gerçekleştirilmiştir.

- İkinci deney grubunda bulunan katılımcılara, hazırlanan argüman şablonları, hikaye metinleri, TGA formları ile birlikte 3B yazıcılarda üretilen modeller kullanılarak öğretim gerçekleştirilmiştir.
 - Kontrol grubunda bulunan katılımcılara, power-point sunumları ve video kayıtları kullanılarak sunuş yolu stratejisi (düz anlatım yöntemi ve soru-cevap tekniği) ile geleneksel öğretim gerçekleştirilmiştir.
- Gerçek çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4: Gerçek çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların haftalara göre dağılımı.

Hafta	Yapılan Çalışmalar
1.	Ön test uygulaması
2.	Deney grupları: Argümantasyon yönteminin tanıtılması ve argüman kavramının tanıtılmasına yönelik etkinliklerin yapılması
3.	Polar molekül, apolar molekül kavramlarının ve moleküller arası etkileşimler konusunun öğretimi
4.	Büyükölçü – ölçek konusunun öğretimi
5.	Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzey kavramlarının Nilüfer çiçeği üzerinden öğretimi
6.	Yüzey bileşimi ve morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Köpek balığı ve kambur balina örnekleri üzerinden öğretimi
7.	Yüzey bileşimi, yüzey alanı artışı ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özelliklerin Gecko örneği üzerinden öğretimi
8.	Son test uygulaması ve ikili görüşmelerin yapılması

İlk hafta katılımcıların “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusu ile ilgili ön bilgilerini ölçmek amacı ile konu ile ilgili 5 açık uçlu sorudan oluşan bir kavramsal anlama testi ön test olarak uygulanmıştır. Öğrenciler ön test sonuçları dikkate alınarak homojen olarak kontrol grubu, argümantasyon grubu ve argümantasyon+ 3B Model grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

Pilot uygulamada öğrencilerde gözlenen polar molekül, apolar molekül ve moleküller arası etkileşimler ile ilgili bilgi eksiklikleri nedeni ile gerçek çalışmaya yeni etkinlikler eklenmiştir. Bu amaç doğrultusunda üçüncü hafta uygulamalarında;

- Kontrol grubunda bulunan öğrencilere power point sunumları ile polar molekül, apolar molekül kavramları ve moleküller arası etkileşimler konusu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir.

- Argümantasyon grubunda bulunan öğrenciler küçük gruplara ayrılarak; bazı moleküllerin kapalı ve açık formüllerinin olduğu etkinlik kâğıdı verilmiştir. Grupların kendi içinde tartışıp polar ve apolar molekülleri belirleyip argümanlarını yazmaları beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Gruplara moleküller arası etkileşimleri göstermeleri için farklı bir etkinlik kâğıdı dağıtılarak grup içinde tartışarak etkinlik kâğıdındaki moleküller arası etkileşimleri belirlemeleri beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Tartışmanın sonunda gruplardan moleküller arası etkileşimleri gösteren bir kavram haritası oluşturmaları sağlanmıştır. Dersin sonunda, power point sunumları ile polar molekül, apolar molekül kavramları ve moleküller arası etkileşimler konusu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir.

- Argümantasyon + 3B Model grubunda bulunan öğrenciler küçük gruplara ayrılarak; bazı moleküllerin kapalı ve açık formüllerinin olduğu etkinlik kâğıdı ve atomları ve bağları gösteren modeller verilmiştir. Grupların kendi içinde tartışarak modeller ile molekülleri oluşturarak, polar ve apolar molekülleri belirleyip argümanlarını yazmaları beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Gruplara moleküller arası etkileşimleri göstermeleri için farklı bir etkinlik kâğıdı dağıtılarak grup içinde tartışarak etkinlik kâğıdındaki moleküller arası etkileşimleri belirlemeleri ve modeller üzerinde göstermeleri beklenmiştir. Küçük grup tartışmalarının ardından grup sözcülerinin argümanlarını sınıfta sunup, farklı fikirdeki grupların sözcülerinin tartışmaları sağlanmıştır. Tartışmanın sonunda gruplardan moleküller arası etkileşimleri gösteren bir kavram haritası oluşturmaları sağlanmıştır. Dersin sonunda, power point sunumları ile polar molekül, apolar molekül kavramları ve moleküller arası etkileşimler konusu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir.

Dördüncü hafta pilot çalışmadan farklı olarak Büyüklük-Ölçek konusu için argümantasyon+3B Model grubunda nesnelerin görsellerini içeren kartlar yerine Ek C'de gösterilen farklı nesnelerin 3B modelleri kullanılmıştır. Kontrol grubunda bulunan

öğrencilere geleneksel öğretim ile power point sunumları kullanılarak büyüklük-ölçek konusu ile ilgili teorik bilgi verilmiştir.

Beşinci hafta pilot çalışmadan farklı olarak hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramlarını öğretmek ve maddelerin yüzey özelliklerini tespit edebilmelerini sağlamak için argümantasyon+3B Model grubuna silikon kalıplar yerine Ek E'de gösterilen 3B baskılı modeller kullanılmıştır. Kontrol grubunda bulunan öğrencilere hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik kavramları hakkında power point sunumu üzerinden geleneksel öğretim ile teorik bilgi verilmiştir.

Altıncı hafta pilot çalışmadan farklı olarak yüzey bileşimi ve morfolojisinin doğada bulunan canlılara kazandırdığı özellikleri kavratmak için argümantasyon+3B Model grubuna 3B baskılı pulların yapıştırıldığı yüzen bebekler yerine Ek E'de gösterilen 3B baskılı pulların yapıştırıldığı dinamo ile çalışan gemiler kullanılmıştır. Kontrol grubunda bulunan öğrencilere Köpek balığı ve kambur balının doğadaki davranış şekilleri hakkında power point sunumu üzerinden geleneksel öğretim ile teorik bilgi verilmiştir.

- Yedinci hafta pilot çalışmadan farklı olarak yüzey bileşimi, yüzey alanı artışı ve pürüzlü yapının doğada bulunan canlılara kazandırdığı özellikleri kavratmak için argümantasyon + 3B model grubu grubunda bulunan öğrenciler küçük gruplara ayrılmıştır. Öğrencilerden dağıtılan etkinlik kâğıdı Gecko kertenkelesinin fotoğraflarını incelemeleri ve kertenkelenin çeşitli yüzeylerde baş aşağı nasıl düşmeden hareket edebildiği konusunda tahminlerini belirtmeleri sağlanmıştır. Gruplardan oyun hamurları ile kertenkelenin ayağının modelini yapmaları istenmiştir. Gruplara Ek E'de gösterilen model verilerek, modeli incelemeleri sağlanmıştır. Kontrol grubunda bulunan öğrencilere Gecko kertenkelesinin doğadaki davranış şekilleri hakkında power point sunumu üzerinden geleneksel öğretim ile teorik bilgi verilmiştir.

Sekizinci haftada, tüm gruplara etkinlikler sonunda kazanımlarını ölçmek amacı ile etkinlikler öncesi ön bilgilerini ölçmek için uygulanan “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” bir kavramsal anlama testi ile son test uygulaması yapılmıştır.

3.3 Veri Toplama Araçları

3.3.1 Pilot Çalışma Veri Toplama Aracı

Araştırmada, ön test son test veri toplama aracı olarak, “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusuna yönelik hazırlanmış toplamda 6 açık uçlu soru içeren bir kavramsal anlama testi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan “Yüzey Özellikleri ve Etkileşimler Kavramsal Anlama Testi”ndeki (YÖEKAT) açık uçlu soruların ilk 5 tanesi Akdeniz (2017) tarafından geliştirilen Nanobilim Kavramsal Anlama Testi’nden alınmıştır. Süperhidrofilik ve süper hidrofobiklik kavramlarının tanımına dayanan son soru ise araştırmacılar tarafından eklenmiştir.

“Yüzey özellikleri ve etkileşimler kavramsal anlama testinde (YÖEKAT)” yer alan soruların kazanımları şu şekildedir:

1. Soru: Pürüzlülük değişimi ile yüzey alanındaki değişimin ayırt etme.
2. Soru: Suyun bir yüzeyde damla şeklinde durması ya da dağılmasının nedenlerini açıklama.
3. Soru: Gecko kertenkelesinin tavanda düşmeden nasıl ilerleyebildiğini SEM fotoğraflarından yararlanarak açıklama.
4. Soru: Köpek balığının hızlı yüzmesinin nedenini SEM fotoğraflarından yararlanarak açıklama.
5. Soru: AFM fotoğrafları verilen farklı yüzeylerde su ve hekzan damlalarının nasıl duracağını çizerek gösterme ve çizimlerin gerekçelerini açıklama.
6. Soru: Süperhidrofilik, hidrofilik, süperhidrofobik, hidrofobik kavramlarını ve bir yüzeyin bu özelliklere sahip olduğunun nasıl anlaşılabileceğini açıklama.

3.3.2 Gerçek Çalışma Veri Toplama Araçları

Pilot çalışmada öntest olarak uygulanan YÖEKAT’nde 1. sorunun öğrencilerin neredeyse tamamı tarafından doğru cevaplanması nedeniyle bu soru gerçek uygulamada test kapsamından çıkarılmıştır. Ayrıca gerçek uygulamada 3. ve 4. sorulara çizimler eklenmiştir. YÖEKAT’ın son versiyonu EK F’de verilmiştir. Gerçek çalışmada kullanılan diğer bir veri toplama aracı da üç öğretim grubu için uzman görüşü alınarak hazırlanan ikili görüşme sorularını içeren formlardır ve EK G’de verilmiştir. Öğrencilerden izin alınarak alınan ses kayıtları Google dökümanlar aracılığıyla yazılı ortama aktarılmıştır. İkili görüşmeler yaklaşık 15-20 dakika arasında sürmüştür. Yazılı ortama aktarılan görüş ve düşünceler değişikliğe uğramayacak şekilde düzenlenip bulgulara aktarılmıştır.

3.3.3 Verilerin Analizi

Çalışmada elde edilen veriler nicel ve nitel analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.

3.3.3.1 Nicel Analiz

Pilot ve gerçek çalışma sonucunda elde edilen nicel verilerin analizi SPSS paket programı kullanılarak test edilmiştir. YÖEKAT'den elde edilen verilerin normal dağılım varsayımları Kolmogorov-Smirnov testi, Shapiro Wilks testi ve çarpıklık-basıklık katsayıları hesaplanarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarında verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Daha sonra grup içi ve gruplar arası puanları karşılaştırmak amacıyla tekrarlı ölçümler için t-testi ve tek yönlü varyans analizi yapılmıştır.

3.3.3.2 Nitel Analiz

Gerçek çalışmada öğrencilerin YÖEKAT'ndeki açık uçlu cevapların analizinde Abraham ve diğer. (1994) tarafından geliştirilen (5)'li "Anlama Düzeyi Ölçeği" örnek alınarak teste yönelik bir anlama düzeyi ölçeği oluşturulmuştur:

Tam anlama: Bilimsel olarak kabul edilen kavramların tümünü içeren cevaplar

Kısmen anlama: Bilimsel olarak kabul edilen kavramların bir bölümünü içeren cevaplar

Kavram yanlışlı kısmen anlama: Kavramı anladığını gösteren fakat bir kavram yanlışlığı içeren cevaplar

Kavram Yanılgısı: Bilimsel olarak yanlış cevaplar

Anlaşılmama: Boş, anlamsız, soru tekrarı, ilgisiz veya belirsiz cevaplar

Tablo 3.5'de anlama düzeyi ölçeğine ait cevapların puanlanması Gecko sorusu örneği üzerinde gösterilmiştir. Yüzey özellikleri ve etkileşimler kavramsal anlama testinde (YÖEKAT) yer alan açık uçlu soruların analizinin güvenliğini sağlamak amacıyla, araştırmacı ve Kimya alanında uzman bir öğretim üyesi tarafından sorular birbirinden bağımsız bir şekilde analiz edilip değerlendirilmiştir. Her iki kodlayıcıdan elde edilen veriler kullanılarak güvenilirlik değeri, Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen kodlayıcı güvenilirliği formülü ile belirlenmiştir (Miles ve Huberman, 1994). Bu formüle göre güvenilirlik = (görüş birliği) / (görüş birliği + görüş ayrılığı) x 100 şeklinde hesaplanmıştır. İki farklı kodlayıcının uyuşumu için %70 üzerindeki değerlerin kodlayıcılar arası güvenilirlik için yeterli olduğu ifade edilmiştir (Miles ve Huberman, 1994; Tavşancıl ve Aslan, 2001). Formüle göre yapılan hesaplamalar sonucunda, analizin güvenilirliği %80 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar kodlayıcılar arasındaki uyumun

%70'in üzerinde olduğunu ve güvenilirlik için yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir (Miles ve Huberman, 1994). Ayrıca güvenilirlik hesaplaması sonrasında kodlayıcılar arasında iletişim sağlanmış, görüş ayrılığı yaşanan noktalar tekrar gözden geçirilmiş, tartışılmış ve görüş birliğine varılmaya çalışılmıştır.

Tablo 3.5: Gecko ile ilgili soru için örnek analiz

Kategori	Açıklama Örnekleri	Puan
Kavram Yanılgısı	Bu durum yüzey geriliminden kaynaklanır. Bu durumun nedeni kertenkelenin hafif olmasıdır.	0
Kısmi Anlama (1)	Gecko süperhidrofilik parmaklara sahiptir. Mikro-nano ölçekteki yapıların yüzeye tutunmayı kolaylaştırdığının belirtilmesi Ayaklarının altında pürüzler çok fazladır. Böylelikle yüzeye çok iyi tutunur çünkü sürtünme kuvveti fazladır.	1
Kısmi Anlama (1)- Kavram yanılgısı	Tüyçükler yüzeydeki pürüzlerin içine girer ve yüzeye tutunmasını sağlar. Tutucu ayak uçlarına sahip, yüzeye temasında vakum oluşur.	0
Kısmi Anlama (2)	Kısmi Anlama (1) + Van der Waals etkileşiminden bahsedilmesi	2
Kısmi Anlama (2)- Kavram Yanılgısı	Gecko Van der Waals kuvvetleri sayesinde ayağını duvara yapıştırır. Hiçbir zaman yüzeyden ayağını çekmez.	1
Kısmi Anlama (3)	Kısmi Anlama (2) + Yürüme esnasındaki yüzey alanındaki ve etkileşimdeki değişimden bahsedilmesi	3
Kısmi Anlama (3)- Kavram Yanılgısı	Geckonun parmaklarında nanoboyutta tüyçükler bulunur. Bu tüyçükler sayesinde yüzey ile arasında Vander Waals etkileşimleri oluşur. Gecko yüzeye tutunmak için ayağının temas açısını artırır, yürürken de temas açısını azaltır. Böylece yürürken etkileşim azalır ve yürümesi hareket etmesi kolaylaşır.	2
Tam anlama	Kertenkelenin ayağında mikroölçekte çok sayıda seta ve setaların ucunda da nanoölçekte spatül adı verilen hidrofobik (seta) ve süper hidrofobik (spatül) yapıların olması ve duvara/yüzeye tırmanma esnasında bu yapıların yatay olarak (---) yüzeye etkileşmesi sonucunda yüzey alanındaki artışa bağlı olarak duvar ile ayak arasında Van der Waals etkileşimi artar. Böylece zemin üzerinde kertenkele baş aşağı durabilir. Kertenkele ayağını kaldırdığında setalar dik konuma (:) gelir ve yüzey alanı azaldığı için ayağını rahatlıkla kaldırır.	4

Ayrıca YÖEKAT’nde göstermiş oldukları akademik başarı düzeyleri dikkate alınarak tüm gruplardan üç öğrenci belirlenmiş ve bu öğrencilerin görüşleri çalışmada verilmiştir. Görüşlerine yer verilen öğrencilerin başarı düzeyleri Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6: İkili görüşmelerde görüşleri verilen öğrencilerin akademik başarı düzeyleri.

Grup Adı	Başarı Düzeyi	Öğrenci Kodu
G1	İyi	Ö1
G1	Orta	Ö2
G1	Düşük	Ö3
G2	İyi	Ö4
G2	Orta	Ö5
G2	Düşük	Ö6
G3	İyi	Ö7
G3	Orta	Ö8
G3	Düşük	Ö9

4. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümde öğretim yönteminin kavramsal anlamaya etkisi ile ilgili nicel bulgular, öğretim yönteminin kavram yanlışlarındaki değişime etkisi ile ilgili nitel bulgular, öğretim yöntemi ile ilgili ikili görüşme bulguları yer almaktadır.

4.1 Öğretim Yönteminin Kavramsal Anlamaya Etkisi İle İlgili Nicel Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde Nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde kullanılan argümantasyon yönteminin, mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerin kullanıldığı argümantasyon yönteminin ve geleneksel yöntemin öğrencilerin konu ile ilgili kavramsal anlamalarına etkisi ile ilgili nicel bulgular tablolaştırılarak sunulmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular alt problemler doğrultusunda sıra ile sunulmuştur.

Kavramsal anlama testinin analizinde öncelikle grupların ön test son test puanlarının farkları alınarak normallik analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Normallik analizi için Skewness-Kurtosis değerlerinin standart hataya oranına bakılmıştır. Tablo 4.1’de çarpıklık ve basıklık katsayılarının (Skewness-Kurtosis) sırasıyla çarpıklık ve basıklığın standart hatasına bölüldüğünde elde edilen değerlerin -1.96 ile +1.96 arasında çıktığı tespit edilmiş olup, verilerin normal dağılım gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca dağılımın normal olup olmadığını belirlemek için gözlem sayısının 30’un altında olduğu durumlarda Shapiro Wilk, 30 ve üzerinde olduğunda da Kolmogorov-Smirnov önerilmektedir (Ak, 2008, s.10; akt. Can, 2014). Shapiro Wilk testinin sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Puanların normallik testleri sonuçları.

	Son test-Ön test fark
N	29
Ortalama	6,6552
Ortanca	7,0000
Standart sapma	3,56096
Çarpıklık	-.349
Standart çarpıklık katsayısı	,434
Basıklık	-,052
Standart basıklık hatası	,845

Tablo 4.2'deki Shapiro Wilk test sonuçları toplam puan için p değerinin 0,05'ten büyük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada veriler için parametrik testlerin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Grupların ön test son test puanlarını karşılaştırmak için ilişkili (bağımlı) örneklemeler için t-testi, gruplar arasında karşılaştırmalar yapmak için tekyönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanılmıştır. Her bir veri setinin varyans homojenliğini sağlayıp sağlamadığına ise Levene F testi ile bakılmıştır. Levene F testine ilişkin istatistiklere Tablo 4.3'de yer verilmiştir.

Tablo 4.2: Normalliğin testleri.

	İstatistik	df	p
Son test-Ön test fark	.955	29	.250*
Ön test	.935	29	.064
Son test	.932	29	.072

*p>0.05

Tablo 4.2'deki Shapiro Wilk test sonuçları toplam puan için p değerinin 0,05'ten büyük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada veriler için parametrik testlerin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Grupların ön test son test puanlarını karşılaştırmak için ilişkili (bağımlı) örneklemeler için t-testi, gruplar arasında karşılaştırmalar yapmak için tekyönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanılmıştır. Her bir veri setinin varyans homojenliğini sağlayıp sağlamadığına ise Levene F testi ile bakılmıştır. Levene F testine ilişkin istatistiklere Tablo 4.3'de yer verilmiştir.

Tablo 4.3: YÖEKAT'ye ait puanlara ilişkin Levene F testi sonuçları.

	Levene İstatistiği	df1	df2	p
Son test-Ön test fark	.434	2	26	.652
Ön test toplam	.526	2	26	.597
Son test toplam	.231	2	26	.795

Tablo 4.3 incelendiğinde, YÖEKAT'ye ait son test-ön test puan farkları ve ön test puanların p değerleri 0,05'den büyüktür. Bu testlere ait p değerinin 0,05'den büyük olması varyans homojenliğini sağlandığını göstermektedir.

4.1.1 Birinci Alt Probleme Ait Bulgular

Grupların YÖEKAT'ye ait ön test puanlarının ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Gruplara göre YÖEKAT'nin ön test puanlarına ait ortalamaları ve standart sapmaları.

	Grup	Ort.	Ss	N
Ön test	G1	3,3000	2.72029	10
	G2	3,8000	3.48170	10
	G3	3,5556	2.60342	9
	Toplam	3,5517	2.87335	29

Tablo 4.4 verilerine göre, grupların YÖEKAT 'nın ön test puanlarına ait ortalama değerlerine baktığımızda, argümantasyon yöntemiyle gerçekleştirilen derslere katılan öğrencilerin ortalamasının 3.3000, argümantasyon ve nanoyapıların 3B modelleri ile öğretimin yapıldığı derslere katılan öğrencilerin ortalamasının 3.8000 ve Geleneksel öğretimin gerçekleştirildiği kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamasının 3.5556 olduğu görülmektedir.

Grupların YÖEKAT'ye ait ön test puan farklılıkları arasındaki anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla grupların YÖEKAT ön test verilerine bağımsız örneklem için iki yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. ANOVA sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir. Tablo 4.5'deki sonuçlara baktığımızda; grupların kavramsal anlama testine ait ön test puan ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık ($F_{(2-28)} = .071$; $p > 0,05$) olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.5: YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ANOVA sonuçları.

	Varyans Kaynağı	s.d.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
	Genel	28	231,172			
Ön test	Gruplararası	2	1,250	.625	.071	.932
	Gruplarıçi	26	229,922	8.843		

4.1.2 İkinci Alt Probleme Ait Bulgular

Birinci deney grubunun YÖEKAT'ye ait ön test ve son test puanları arasındaki anlamlılığın son test lehine olup olmadığının belirlenmesi amacıyla birinci deney grubunun YÖEKAT ön test ve son test verilerine ilişkili örneklem için t testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: G1'e ait ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları.

	N	Ort (X)	s.s.	s.d.	t	p
Ön test toplam	10	3,300	2,72029	9	-7.966	0.000
Son test toplam	10	11,0000	2,63523			

Tablo 4.6'daki test sonuçlarına göre, argümantasyon yöntemiyle gerçekleştirilen derslere katılan öğrencilerin ön test puan ortalamaları ($X=3.3000$) ile son test puan ortalamaları ($X=11.0000$) arasındaki fark 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeyinde önemlidir [$t_{(9)}=-7.966$, $p<0.01$]. Test sonucu hesaplanan etki büyüklüğü ($d=2.519$) bu farkın çok büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu grupta, argümantasyon yöntemiyle gerçekleştirilen derslere katılan öğrencilerin “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunda akademik başarılarının arttığını ve bu yöntemin öğrencilerin ilgili konudaki başarılarına anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

4.1.3 Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular

İkinci deney grubunun YÖEKAT'ye ait ön test ve son test puanları arasındaki anlamlılığın son test lehine olup olmadığının belirlenmesi amacıyla ikinci deney grubunun YÖEKAT ön test ve son test verilerine ilişkili örneklem için t testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.7'deki test sonuçlarına göre, argümantasyon ve 3B baskılı modeller ile öğretimin yapıldığı derslere katılan öğrencilerin ön test puan ortalamaları ($X=3.8000$) ile son test puan ortalamaları ($X=10.7500$) arasındaki fark 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeyinde önemlidir [$t_{(9)}=-5.538$, $p<0.01$]. Test sonucu hesaplanan etki büyüklüğü ($d=1.751$) bu farkın çok büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum, argümantasyon ve nanoyapıların 3B baskılı modeller ile öğretimin yapıldığı derslere katılan öğrencilerin “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunda akademik başarılarının arttığını ve bu öğretimin öğrencilerin ilgili konudaki başarılarına anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7: G2'ye ait ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları

	N	Ort (X)	s.s.	s.d.	t	p
Ön test toplam	10	3,8000	3,48170	9	-5.538	0.000
Son test toplam	10	10,7500	2,60608			

4.1.4 Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular

Kontrol grubunun YÖEKAT'ye ait ön test ve son test puanları arasındaki anlamlılığın son test lehine olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kontrol grubunun YÖEKAT ön test ve son test verilerine ilişkili örneklem için t testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4.8'de verilmiştir. Tablo 4.8'deki test sonuçlarına göre, geleneksel öğretimin yapıldığı derslere katılan öğrencilerin ön test puan ortalamaları ($X=3.5556$) ile son test puan ortalamaları ($X=8.7222$) arasındaki fark 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeyinde önemlidir [$t_{(8)}=-4.440$, $p<0.01$]. Test sonucu hesaplanan etki büyüklüğü ($d=1.480$) bu farkın büyük olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.8: G3'e ait ön test-son test puanlarına ilişkin t-testi sonuçları.

	N	Ort (X)	s.s.	s.d.	t	p
Ön test toplam	9	3,5556	2,60342	8	-4.440	0.002
Son test toplam	9	8,7222	2,96975			

4.1.5 Beşinci Alt Probleme Ait Bulgular

Grupların YÖEKAT ön test-son test farkına ait ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.9'da verilmiştir. Tablo 4.9 verilerine göre, gruplara göre YÖEKAT'nın ön test son test puan farklılığına ait ortalama değerlerine baktığımızda, argümantasyon yöntemiyle gerçekleştirilen derslere katılan öğrencilerin ortalamasının 7,7000, argümantasyon ve 3B baskılı modeller ile öğretimin yapıldığı derslere katılan öğrencilerin ortalamasının 6,9500 ve geleneksel öğretimin gerçekleştirildiği kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamasının 5,1667 olduğu görülmektedir.

Tablo 4.9: Gruplara göre YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ortalamaları ve standart sapmaları.

	Grup	Ort.	Ss	N
Ön test-son test fark	G1	7,7000	3.05687	10
	G2	6,9500	3.96828	10
	G3	5,1667	3.49106	9
	Toplam	6,6552	3.56096	29

Grupların YÖEKAT'ye ait ön test-son test puan farklılıkları arasındaki anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla grupların YÖEKAT ön test-son test fark verilerine bağımsız örneklem için iki yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.10'da verilmiştir. Tablo 4.10'daki sonuçlara baktığımızda; grupların kavramsal anlama testine ait ön test-son test puan farklarında anlamlı bir farklılık ($F_{(2-28)}=1,276$; $p>0,05$) olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.10: YÖEKAT'nin ön test-son test farkına ait ANOVA sonuçları.

	Varyans Kaynağı	s.d.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
Ön test Son test fark	Genel	28	355,052			
	Gruplararası	2	31,727	15,863	1,276	.296
	Gruplarıçi	26	323,325	12,436		

4.2 Öğretim Yönteminin Kavram Yanılgılarındaki Değişime Etkisi ile ilgili Nitel

Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde kullanılan yöntemin öğrencilerin kavram yanılgılarının değişimindeki etkisi ile ilgili bulgular tablolaştırılarak sunulmuştur.

4.2.1 Altıncı Alt Probleme Ait Bulgular

YÖEKAT'nin ön test ve son test uygulamalarında gruplarda ortaya çıkan kavram yanılgısı ifadeleri soru numaralarına göre Tablo 4.11, Tablo 4.12, Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.11: Soru-1 ile ilgili belirlenen kavram yanılığısı ifadeleri.

	Kavram yanılığısı örnek ifadeler	GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		
		ÖT	ST	ÖT	ST	ÖT	ST	
		-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	
Soru-1	Adezyon-kohezyon	Su damlasının küresel durmasının nedeni, su moleküllerinin kendi içindeki adezyon kuvvetlerinin kohezyon kuvvetlerine baskın olmasıdır.	-	1	-	-	1	-
	Adezyon-kohezyon	I. fotoğrafta suyun kendi molekülleri arasındaki kohezyon, su ve yaprak arasındaki kohezyondan büyüktür.	-	1	-	-	-	-
		Yüzey gerilimi	I. fotoğrafta yüzey gerilimi nedeniyle su damla şeklindedir.	-	-	1	-	-
	Yüzey gerilimi	I. fotoğrafta yüzey gerilimi bozulmamıştır.	-	-	1	-	-	-
		Fotoğraflardaki ayırımı başlıca sebebi yüzey gerilimidir.	-	-	-	-	-	1
	Zemin eğimi	I. fotoğrafta su damlasının üzerinde durduğu zemin düz, II. fotoğrafta eğimlidir.	-	-	1	-	1	-
	Fotoğraf çekimi	Çekim yapılan yüzey alanları ve bu alanlara yakınlık farklı olduğu için su damlalarının şekli farklıdır.	1	-	-	-	-	-
		Fotoğrafta mikroskobik bir aletle bakılıp, bakılmaması farkı var. İlkinde alet ya da yakınlaştırmak için mercek kullanılmıştır, ikincisinde ise kullanılmamıştır.	1	-	-	-	-	-
	Yer çekimi	Suyun küresel durmasının nedeni yer çekimi olm amasındandır.	1	-	-	-	-	-
	Molekül-damla	2 yaprak üzerinde de su molekülü var, bu yüzden kohezyon aynı.	-	-	-	1	-	-
	Yüzey özelliği	Hidrofob yüzeyde su damlacıkları bir bütün halde kalır.	-	-	-	-	-	2
	TOPLAM		3	2	3	1	2	3

Tablo 4.11’de Soru-1 için ön testteki kavram yanılığısı incelendiğinde, farklı yapraklarda gözlenen su damlası şekillerindeki farklılıkların, fotoğraf çekimine bağlı olduğunu içeren kavram yanılığısı ifadeleri bulunmaktadır. Ayrıca suyun küresel durmasının nedenini yer çekimi olmamasına bağlayan kavram yanılığısı ifadeleri bulunmaktadır. Soru 1 için belirtilen kavram yanılığısı ifadelerinin son testte görülmediği bununla birlikte yeni kavram

yanılgı ifadelerinin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu ifadeler adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin birbirinin yerine kullanıldığı ve bu kuvvetlerin anlaşılmadığını göstermektedir.

Tablo 4.12: Soru-2 ile ilgili belirlenen kavram yanılgısı ifadeleri.

	Kavram yanılgısı örnek ifadeler	GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		
		ÖT	ST	ÖT	ST	ÖT	ST	
		-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	
Soru-2	Örümcek	Derisi tırtıklı olduğu için, küçük küçük ve sivri parçalardan oluştuğu için örümcek gibi hareket edebilir.	-	-	1	-	-	-
		Zemine yapışarak dikey yüzeylerde bile tutunabilir.	1	-	1	-	-	-
	Yapışma-Vantuz	Ayak parmakları vantuzlu bir yapı da olduğu için yapışma olur.	-	-	1	-	-	-
		Ayakları yapışkan olduğu için kaymıyor olabilir.	-	-	1	-	-	-
	Sürtünme kuvveti	Ayak parmaklarının tırtıklı yapıda olması yüzeyle olan sürtünme kuvvetini artırır.	-	-	-	-	1	-
	Temas açısı	Gecko yüzeye tutunmak için ayağının temas açısını artırır, yürürken de temas açısını azaltır.	-	-	-	-	-	1
		Gecko ayak yapısı sebebiyle farklı yüzeylere ahtapot misali vakumlamayla yapışır.	-	-	-	-	1	-
	Vakum/pompa	Tutucu ayakuçlarına sahip, yüzeyle temasında vakum oluşur.	-	-	1	-	-	-
		Gecko'nun ayakları genişleyip yayıldığı için yarı pompa özelliği görüyor.	-	-	-	1	-	-
	Yap boz-cırt cırt	Çok küçük boyutlardaki tırtıklar aynı cırt cırt gibi yüzeydeki boşluklara girer.	-	1	-	-	1	-
		Taraklı yapı sayesinde bizim gözle göremediğimiz boşluklara tutunur.	-	-	1	-	-	-
		Geckonun ayağı tırtıklı olduğu için duvarın tırtıklı kısmına yapışarak, yani iki yapı yap-boz gibi iç içe geçerek hareketini sağlar.	1	-	-	-	-	-
TOPLAM		2	1	6	1	3	1	

Tablo 4.12’de Soru-2 için ön testteki kavram yanlışları incelendiğinde kertenkelenin dikey yüzeylerde tutunabilmesini, yapışmaya ve vakumlamaya dayandıran kavram yanlışları ifadeleri bulunmaktadır. Ayrıca kertenkelenin ayağının yüzey ile yap-boz gibi iç içe geçerek yüzeyde tutunmasını sağladığını belirten kavram yanlışları ifadeleri bulunmaktadır. Soru 2 için belirtilen kavram yanlışları ifadeleri son testte gözlenmemiştir.

Tablo 4.13: Soru-3 ile ilgili belirlenen kavram yanılıgısı ifadeleri.

	Kavram yanılıgısı örnek ifadeler	GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		
		ÖT	ST	ÖT	ST	ÖT	ST	
		-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	
Soru-3	Kürek/Kulaç etkisi	Derisinin üzerindeki tırtıklı bölmelerin her birinin arasındaki boşluğa su dolar. Şişen bölmeler kürek misali aşağı iner.	-	-	1	-	-	-
		Yüzgeçleri esnek bir kürek gibidir.	-	-	1	1	-	-
		Köpek balığının derisi yaprak modeline benzemektedir, bir nevi insanın kulaç atması gibi derinin hareketi sayesinde çok hızlı yüzebilmektedir.	1	-	-	-	-	1
	Gözenekli yapı	Derinin gözenekli olması hızlı yüzmeyi sağlar	-	-	-	-	1	-
		Sürtünme kuvveti	Köpek balığındaki pullarda küçük çıkıntı sayısı çok olduğu için aynı yönde sürtünme kuvveti uygular, bu da balığın hızına hız katar.	-	-	-	-	1
	Etkileşim		Köpek balığı derisi ile su tanecikleri arasında yapışma, tutunma yoktur.	-	-	-	-	1
		Köpek balığının derisinde hidrofil kısımlar olduğu için su ile deri arasında kuvvetli bir etkileşim var.	-	-	-	-	1	-
		Derisinin hidrofilik olması ve girintili çıkıntılı yapıya sahip olması nedeniyle çıkıntılardan giren su, balığın etrafında laminar akım oluşturur.	-	-	-	2	-	1
		Köpek balığının derisi süper hidrofobik özellik gösterdiği için su ile etkileşime girmez.	-	-	-	-	-	-
		Su mikropları apolardır. Köpek balığı derisi de apolar olduğu için yüzeye kuvvetli tutunmamaktadır.	-	-	-	-	-	-
		Balığın özellikleri	Köpek balığının burnu sivri olduğu için suya yaptığı basınç daha fazla olacaktır.	-	-	-	-	1
	Balığın burnu sivri olduğu için suyun uyguladığı kuvveti etkiler.		-	-	1	-	-	-
	Keseli balık olduğu için hızlı yüzer, derisinin etkisi yoktur.		-	-	1	-	-	-
	Derisi su geçirmediği için naylon gibi çok rahat yüzebilir.		-	-	1	-	-	-
	Solungaçları hareket etmesini sağlar.		1	-	-	-	-	-
	Deri sık bir yapıda ve sert olduğu için suyun deriye uyguladığı direnç kırılır.		1	-	-	-	-	-
	Gel-git		Köpek balığının yüzeyinde boyuna uzanmış oluklar içinde gel-gitler oluşur. Bu da Köpek balığının hızlanmasına yardımcı olur.	-	1	-	-	-
		Su derideki pulların arasındaki boşluklara girer, tutunamaz ve balık hareket ettiğinde sudan kuvvet alarak kendini ileri iter.	1	-	-	-	-	-
Diğer	Köpek balığı derisindeki oluklar, derisi hidrofob olduğu için yapışmayan su moleküllerinin küçük girdaplar oluşturmasını sağlar.	-	1	-	-	-	-	
	TOPLAM	4	2	5	3	5	3	

Tablo 4.13’de Soru-3 için ön testteki kavram yanlışları incelendiğinde, Köpek balığının hızlı yüzmesini, balığın özelliklerine, sürtünme kuvvetine ve gel-git olayına bağlı olduğunu ifade eden kavram yanlışları ifadeleri bulunmaktadır. Soru 3 için belirtilen kavram yanlışları ifadelerinin son testte görülmediği ancak balığın derisi ile su arasında oluşan etkileşimler ile ilgili olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.14: Soru-4 ile ilgili belirlenen kavram yanlışları ifadeleri.

Kavram yanlışları örnek ifadeler		GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		
		ÖT	ST	ÖT	ST	ÖT	ST	
		-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	
Soru-4	Kohezyon	Yüzey alanı arttıkça kohezyon kuvvetleri artacaktır.	-	-	-	-	1	-
	Yüzey gerilimi	Damlaların şekli, yüzey geriliminin kırılıp kırılmamasına bağlıdır.	-	-	1	-	-	-
	Polar-apolar	Polipropilen polardır.	-	3	-	-	1	3
		Çözücü türünün değişmesiyle yüzeyde dağılıma değişmez.	2	-	1	1	-	-
		Polipropilen süperhidrofobik olduğu için girinti çıkıntılar sıklaştıkça su aralara daha zor girer.	-	1	-	-	-	-
		Hekzan için a zemini hidrofiliktir.	-	-	-	-	-	1
		Hekzan molekülü polardır.	-	-	-	-	-	-
		Yüzeyin hidrofilikliği ya da hidrofobikliği sıvıya bağlı olarak değişir.	-	-	-	-	-	1
	Pürüzlülük	Pürüz orta derecede olduğu için orta bombeli, pürüz az derecede olduğu için en çok bombeli olur.	-	-	-	1	-	-
		C maddesi süperhidrofobik, b maddesi süperhidrofilik ve a maddesi hidrofiliktir.	-	-	-	-	-	1
		Girinti ve çıkıntılarının fazla olduğu durumlarda zemin yüzeyindeki basınç artar. Su ve hekzan molekülleri yüzeye yapışmaya çalışır.	-	-	-	-	-	1
		Pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu için hidrofobiktir. Pürüzlü bir yüzeye sahip olduğu için hidrofiliktir.	-	-	-	-	-	1
TOPLAM		2	4	2	2	2	8	

Tablo 4.14’de Soru-4 için ön testteki kavram yanlışları incelendiğinde damla şeklinin yüzey gerilimi kırılmasına, çözücü türü değişimine, maddenin polaritesine ve kohezyon kuvvetlerinin artışına dayandıran kavram yanlışları ifadeleri bulunmaktadır. Soru 4 için belirtilen kavram yanlışları ifadelerinin son testte görülmediği ancak pürüzlülük olduğuna yönelik değişiminin yüzeyin hidrofilik ve hidrofobik özelliklerinin değişimine etkisi ile ilgili yeni kavram yanlışları ifadelerinin ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Tablo 4.15: Soru-5 ile ilgili belirlenen kavram yanlışları ifadeleri.

Kavram yanlışları örnek ifadeler		GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		
		ÖT	ST	ÖT	ST	ÖT	ST	
		-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	-f-	
Soru-5	Tepkime	Yüzeylerin suyla gerçekleşen tepkimeleri incelenebilir.	-	-	-	-	1	-
	Geçme hızı	Suyun geçme hızına göre süperhidrofilik ya da hidrofilik olur.	-	-	-	-	1	-
	Bağ yapma	Su ile iyi derecede bağ yapıyorsa süperhidrofilik yüzey olur.	-	-	1	-	-	-
	Su geçirme-temas	Hidrofobik su geçiren, hidrofilik su geçirmeyen maddedir.	1	-	-	-	-	-
		Hidrofobik yüzeyler su ile temas etmez.	-	1	1	-	-	-
	Açı	Suyu çok sevip, 90°’den fazla çeken süperhidrofilik. Suyu hiç sevmeyip, 90° fazla iten süperhidrofobik.	-	1	1	1	-	-
	Örnek	Süperhidrofilik maddeye brokoliyi örnek verebiliriz.	-	-	-	-	-	1
	Pürüzlülük	Pürüzsüz ve apolar yüzeye sahipse hidrofobik, pürüzlü ve polar bir yapıya sahipse hidrofilitir.	-	-	-	-	-	1
TOPLAM		1	1	2	1	2	2	
GENEL TOPLAM		12	10	18	8	14	17	

Tablo 4.15’de Soru-5 için ön testteki kavram yanlışları incelendiğinde yüzeylerin hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik ve süperhidrofobik özelliklerin belirlenebilmesini, yüzeyin su ile gerçekleştirdiği tepkimeye, suyun geçme hızına, yüzeyin su ile bağ yapmasına ve su ile temas etmemesine bağlı olduğunu ifade eden kavram yanlışları

ifadeleri bulunmaktadır. Soru 5 için belirtilen kavram yanlışlığı ifadelerinin son testte görülmediği ancak pürüzlülük değişiminin yüzeyin hidrofilik ya da hidrofobik özelliğinde yaptığı değişim ile ilgili olduğuna dair kavram yanlışlığı ifadelerinin ortaya çıktığı gözlenmiştir. Tablo 4.15’de görüldüğü gibi, ön testte Grup 1’deki öğrencilerin 12, Grup 2’deki öğrencilerin 18 ve Grup 3’deki öğrencilerin 16 tane kavram yanlışlığı bulunmaktadır. Son testte bu yanlışlıkların Grup 1 için 10 ve Grup 2 için 8’e düştüğü görülürken, Grup 3’te kavram yanlışlıklarının sayısının 16’ya çıktığı görülmektedir. Ön testte Grup 1 (f=4) ve Grup 3’ün (f=5) Köpek balığı ile ilgili olan Soru-3’te, Grup 2’nin (f=6) ise Gecko ile ilgili olan Soru 2’de kavram yanlışlıkları yüksek çıkarken, son testte Grup 1 (f=4) ve Grup-3’ün (f=8) farklı yüzey morfolojilerine sahip polipropilen ile ilgili olan Soru 4’te, Grup 2’nin (f=3) ise Soru 3’te daha çok kavram yanlışlığına sahip oldukları görülmektedir. Ön testten son teste gruplarda gözlenen kavram yanlışlıklarındaki değişimin sayısal sonuçları Tablo 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.16: YÖEKAT’nin nitel analizi sonucu belirlenen kavram yanlışlığı ifadelerinin değişimi.

Grup Adı	G1		G2		G3	
	Ön	Son	Ön	Son	Ön	Son
	Test	Test	Test	Test	Test	Test
İfade Sayısı (f)	12	10	18	8	14	17
Değişen İfade Sayısı (f)		2		10		2
İfade Sayısındaki Değişim Yüzdesi (% f)		16		55		18

Tablo 4.16’deki veriler incelendiğinde, argümantasyon yöntemi ile gerçekleştirilen öğretime katılan öğrencilerin bulunduğu G1’de kavram yanlışlığı ifadelerinin %16, argümantasyon yönteminin ve 3B baskılı modellerin kullanıldığı öğretime katılan öğrencilerin bulunduğu G2’de kavram yanlışlığı ifadelerinin %55 oranında azaldığı gözlenirken, geleneksel öğretimin kullanıldığı öğretime katılan öğrencilerin bulunduğu G3’de kavram yanlışlığı ifadelerinin ise %18 oranında arttığı gözlenmiştir.

4.3 Öğretim Yöntemi ile İlgili İkili Görüşme Bulguları

Bu bölümde çalışmaya katılan 29 öğrenci ile gerçekleştirilen ikili görüşmelerden elde edilen bulgular verilmiştir. Ayrıca Tablo 3.6’da her bir grup için belirlenen öğrencilerin (Ö1, Ö2, Ö3- G1; Ö4, Ö5, Ö6- G2; Ö7, Ö8, Ö9- G3) ifadeleri örnek olarak sunulmuştur.

4.3.1 Yedinci Alt Probleme Ait Bulgular

Bu kısımda G1'deki 10 öğrenci ile yapılan yapılandırılmış ikili görüşme bulguları verilmiştir. Görüşme formundaki birinci soru “Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler (Argümantasyon) bu zamana kadar gerçekleştirilen Fen Bilimleri derslerinizden farklı mıydı? Eğer farklı olmadığını düşünüyorsanız sebebini açıklayınız. Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.” şeklindedir. Birinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, Grup 1’de bulunan öğrencilerin tümü gerçekleştirilen öğretimin geçmişte katıldıkları fen derslerinden öğretim şekli bakımından farklı olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %80’i işlenen konu içeriğinin farklı olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin %20’si konuların günlük hayat ile ilişkilendirilmesini farklı bulduğunu belirtmiştir. Grup 1’den seçilen Ö1, Ö2 ve Ö3’ün birinci soru için görüşleri şu şekildedir:

“Evet farklıydı. Genelde ilk önce hocalar anlatır sonra öğrenciye soru sorulurdu. Bu etkinliklerde ise ilk önce bizden bir şeyler bekleniyordu. Konu hakkında fikir yürütmeye çalışıyorduk ve öğretmenimiz yönlendiriyordu bir şekilde doğruyu bulmaya çalışıyorduk.”(Ö1)

“Farklıydı, bu çalışmalarda daha derine inerek daha günlük hayatla ilişkili konular verildi. Ve dersler tartışmaya dayalı şekilde işlendi.” (Ö2)

“Evet farklıydı konular ilgimi çekti konular güzeldi ama sürekli bizden akıl yürütmemiz istendiği için argüman yazmak bana biraz zor geldi.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ilk maddesi “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde “Moleküller arası etkileşimler, Büyüklük-ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko” etkinlikleri gerçekleştirildi. Bu etkinliklerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?” şeklindedir. İkinci sorunun ilk maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü etkinliklerin konuyu öğrenmede etkisi olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %90’ı işlenen konu içeriği hakkında daha önce bir fikri olmadığını öğretimden sonra konuya dair fikir üretebildiklerini ifade etmiştir. Grup 1’den seçilen Ö1, Ö2 ve Ö3’ün ikinci soru için görüşleri şu şekildedir:

“Etkisi oldu bu konularla ilgili hiçbir fikrim yoktu şimdi ise rahat bir şekilde açıklama yapabiliyorum.” (Ö1)

“Evet etkili oldu daha önce tanımlayamayacağım kavramları artık tanımlayabiliyorum.” (Ö2)

“Evet etkisi oldu. Daha önce fikrim olmayan konulardı artık en azından duymuştum diyebilirim.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ikinci maddesi “Bu etkinliklerden hangi etkinliği daha çok beğendiniz? Neden?” şeklindedir. İkinci sorunun ikinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %70’i Köpek balığı etkinliğini, %30’u ise Gecko kertenkelesi etkinliğini beğendiğini ifade etmiştir. Öğrencilerin etkinlikleri beğenme nedenleri incelendiğinde, öğrencilerden %50’si günlük hayat ile ilişkilendirebildiğini ifade ederken, %30’u hayvan özelliklerinin ilgisini çektiğini belirtmiştir. Öğrencilerin %20’si herhangi bir neden belirtmemiştir. Ö1, Ö2 ve Ö3’ün bu madde için görüşleri şu şekildedir:

“Özellikle Köpek balığı etkinliğini çok beğendim nasıl bu kadar hızlı yüzüyorlar bunu öğrenmiş oldum.” (Ö1)

“Köpek balığı, çünkü yüzücülerin kıyafetlerinin bu canlıya göre yapılmış olması ve günlük hayatta kullanılıyor olması ilgimi çekti.” (Ö2)

“En çok Gecko etkinliğini beğendim çünkü hayvan hoşuma gitti.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun üçüncü maddesi “Hangi etkinliğin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?” şeklindedir. İkinci sorunun üçüncü maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, Grup 1’de bulunan öğrencilerin %60’ı Köpek balığı etkinliğinin, %40’u ise Gecko kertenkelesi etkinliğinin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, öğrencilerden %40’ı konu içeriğini en iyi örneklediğini ifade ederken, %30’u hayvan özelliklerinin ilgisini çektiğini belirtmiştir. Öğrencilerin %30’u herhangi bir neden belirtmemiştir. Ö1, Ö2 ve Ö3’ün bu madde ile görüşleri şu şekildedir:

“Köpek balığı etkinliğinin en etkili olan olduğunu düşünüyorum birçok özelliği içinde barındıran bir etkinlikti.” (Ö1)

“Köpek balığı etkinliği çünkü yüzey özelliklerinin etkisini çok iyi örneklemiş.” (Ö2)

“En çok Gecko etkinliği etkili oldu çünkü ilgimi en çok çeken etkinlikti.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun dördüncü maddesi “Öğretim açısından katıldığınız etkinlikleri değerlendirir misiniz?” şeklindedir. İkinci sorunun dördüncü maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %80’i öğretim şeklini eğlenceli bulduğunu, %20’si ise öğretim şeklini sıkıcı bulduğunu ifade etmiştir. Ö1, Ö2 ve Ö3’ün bu madde ile görüşleri şu şekildedir:

“Öğretim şekli şu ana kadar yapılan ders işleyişlerinden farklı olmasından dolayı başlangıçta karmaşık geliyordu sonrasında daha eğlenceli hale geldi.” (Ö1)

“Bütün etkinliklerde grup arkadaşlarımızla bir tartışma ortamı şeklinde gerçekleşti. Çok güzel ve eğlenceli bir öğretim oldu.” (Ö2)

“Bence öğrenciler için zor ve biraz sıkıcı bir öğretimdi.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun beşinci maddesi “Argümantasyon yönteminin “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.” şeklindedir. İkinci sorunun beşinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %80’i argümantasyon yönteminin konuyu öğrenmede bir etkisi olduğunu ifade ederken, %20’si ise argümantasyon yönteminin konuyu öğrenmede bir etkisi olmadığını ifade etmiştir. Yöntemin etkili olduğunu düşünen öğrenciler bunun nedenini, sınıf ortamında aktif rol alma ve tartışmalara katılma şeklinde açıklamıştır. Yöntemin etkisiz olduğunu düşünen öğrencinin ifadeleri incelendiğinde, konu hakkında ön bilgi olmadan tartışmakta zorluk çektikleri belirtilmiştir. Ö1, Ö2 ve Ö3’ün bu madde ile görüşleri şu şekildedir:

“Oldu çünkü argüman yazarken arkadaşlarımızla tartışmalar gerçekleştirdik. Derslerde aktif durumdaydık, herkes fikrini söylediği için farklı fikirler de ortaya çıktı. Böylelikle de farklı bakış açılarını görebildim ve konuyu irdelemiş olduk.” (Ö1)

“Evet etkili oldu. Tartışmaları biz gerçekleştirdik bu sayede düşüncelerimizi açıklarken düşünemediklerimizi başkalarından duymak beyin fırtınası yapmamızı sağladı.” (Ö2)

“Hayır olmadı. Argüman yazma kısmı sıkıcıydı çünkü bilmediğimiz konu ile ilgili fikir beyan etmemiz isteniyordu.” (Ö3)

Görüşme formundaki ikinci sorunun altıncı maddesi “Derslerin argümantasyon yöntemi kullanılarak işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse neden? Gitmediyse neden?” şeklindedir. İkinci sorunun altıncı maddesine verilen cevaplar incelendiğinde Grup 1’de bulunan öğrencilerin %70’i derslerin argümantasyon yöntemi kullanılarak işlenmesinden hoşlandığını ifade ederken, %30’u ise derslerin argümantasyon yöntemi kullanılarak işlenmesinden hoşlanmadığını ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, özgürce düşüncelerini açıklayabilmeleri ve arkadaşları ile tartışabilmeleri hoşlanma nedenleri olarak belirtilirken, konu hakkında ön bilgileri olmadan argüman üretmekte zorluk çekmeleri hoşlanmama nedeni olarak belirtilmiştir. Ö1, Ö2 ve Ö3’ün bu madde ile görüşleri şu şekildedir:

“İlk başlarda hoşuma gitmemiştir. Çünkü konular ile ilgili bir şey bilmiyordum yani bilmeden fikir üretmeye çalışıyorduk. Bilmeden bir şeyler yapmaya çalıştığımız için çok zorlanıyorduk ama sonra uyguladıkça anladım ki aslında tahminlerimizi söylüyoruz sonrasında her şey verilere dayalı şekilde açıklanarak karşılaştırma yapmamızı sağladığı ve kendi fikirlerimi söyleyebildiğim için hoşlandım.” (Ö1)

“Evet hoşuma gitti arkadaşlarımızla münazara tartışma ortamı oluşturdu ve güzel oldu.” (Ö2)

“Hayır hoşuma gitmedi çünkü konuyu bilmeden argüman yazmak çok zordu.” (Ö3)

Görüşme formundaki üçüncü soru “Derslerde kullanılan etkinlik kâğıtları hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu etkinlik kâğıtları konuyu öğrenmenizde yararlı oldu mu?” şeklindedir. Üçüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %100’ü etkinlik kâğıtlarının konuyu öğrenmelerinde yararlı olduğunu belirtmiştir. Öğrenciler açıklamalarında etkinlik kâğıtlarında bulunan konu ile ilgili bilgi ve görsellerin argüman üretmelerine yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu soruya ilişkin Ö1, Ö2 ve Ö3’ün görüşleri şu şekildedir:

“Yararlı oldu, içerisindeki görseller daha iyi yorum yapmamızı sağladı.” (Ö1)

“Tabii ki de çok yararlı oldu, rahat yorumlayabileceğim bilgiler değildi, yönlendirici ifade ve görseller argüman üretmemizde etkili oldu.” (Ö2)

“Evet yararlı oldu. Resimlerin olması tahminlerde bulunmamıza yardım etti. Güzel hazırlanmıştı.” (Ö3)

Görüşme formundaki dördüncü soru “Katıldığımız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açınızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?” şeklindedir. Dördüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %100’ü gerçekleştirilen derslerin fen derslerine karşı bakış açılarını olumlu yönde değiştirdiğini ve fen derslerini doğa ve günlük hayat ile ilişkilendirebildiklerini ifade etmişlerdir. Bu soruya ilişkin Ö1, Ö2 ve Ö3’ün görüşleri şu şekildedir:

“Fen derslerini zaten seviyordum, tartışma ortamı ile fen derslerinin daha anlaşılır olduğunu gördüm. Ayrıca fen derslerinin günlük hayatla ilişkilendirilmiş olması daha çok sevmeme neden oldu.” (Ö1)

“Evet değiştirdi arkadaşlarımla fikir alışverişinde bulunmak öğrenmemi kolaylaştırdı. Fen derslerinin günlük hayat ile birleştirilebildiğini gördüm.” (Ö2)

“Değiştirdi fen derslerine karşı ilgim yoktu. Bu etkinlikler fen derslerinin doğa ile olan ilişkisini görmemi sağladı. Daha öncelerinde doğa ile fenin bu kadar ilişki olduğunu düşünmüyordum.” (Ö3)

Görüşme formundaki beşinci soru “Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?” şeklindedir. Beşinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %90’ı konuların daha önceden kendileri ile paylaşılmasının daha iyi bir öğretim sağlayacağını belirtirken, %10’u ise öğretimin yeterli olduğunu ifade etmiştir. Bu soruya ilişkin Ö1, Ö2 ve Ö3’ün görüşleri şu şekildedir:

“Argüman oluştururken bilimsel verilere ihtiyaç duyuyoruz. O konuda en azından az da olsa bir fikrimiz olsa o konularla ilgili daha iyi iddialar ortaya atılabilir. Çünkü hiç bilmeden bazı şeyleri yaptık önceden araştırma imkânımız olsa daha iyi olurdu.” (Ö1)

“Hayır yok, yapılan öğretimler bence yeterliydi.” (Ö2)

“Evet konular daha önceden bize bildirilirse araştırma yapma şansımız olurdu diye düşünüyorum çünkü konular ile ilgili bir fikrim olmadığı için derse katılım sağlayamadım.” (Ö3)

4.3.2 Sekizinci Alt Probleme Ait Bulgular

Bu kısımda G2’deki 10 öğrenci ile yapılan yapılandırılmış ikili görüşme bulguları verilmiştir. Görüşme formundaki birinci soru “Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler (Argümantasyon + Model) bu zamana kadar gerçekleştirilen fen bilimleri derslerinizden farklı mıydı? Eğer farklı olmadığını düşünüyorsanız sebebini açıklayınız. Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.” şeklindedir. Birinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, Grup 2’de bulunan öğrencilerin tümü gerçekleştirilen dersleri geçmişte katıldıkları fen derslerinden öğretim şekli bakımından farklı olduğunu belirtmiştir. Tüm öğrenciler katıldıkları derslerdeki en önemli farklılığın 3-B baskılı modeller olduğunu ve derslerin teorik bilgi aktarımından ziyade uygulama ve bilimsel tartışma şeklinde geçtiğini ifade etmiştir. Öğrencilerin %80’i işlenen konu içeriğinin farklı olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin %20’si konuların günlük hayat ve doğa ile ilişkilendirdiği için aktarımını farklı bulduğunu belirtmiştir. Grup 2’den seçilen Ö4, Ö5 ve Ö6’nın birinci soruya ilişkin görüşleri şu şekildedir:

“Ben bu dersin diğer derslerden farklı olduğunu düşünüyorum konu içeriği farklıydı. Modeller kullandık diğer derslerden farklı olarak konu ile ilgili tartışarak fikirler ürettik ve ders sonunda modeller üzerinden konu ile ilgili doğru bilgileri öğrendik.” (Ö4)

“Evet farklıydı bu derslerde konular doğa ile birleştirilerek daha ayrıntılı incelendi, soyut kavramlar modeller yardımı ile somutlaştırıldı ve araştırmaya ve uygulamaya yönelik dersler gerçekleştirildi.” (Ö5)

“Bana göre Fen Bilgisi derslerinden çok farklıydı teoriden çok uygulamaya dayalı öğretimdi. Nanoteknoloji ile ilgili fikir sahibi oldum.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ilk maddesi “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde “Moleküller arası etkileşimler, Büyüklük–ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko” etkinlikleri gerçekleştirildi. Bu etkinliklerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?” şeklindedir. İkinci sorunun ilk maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü etkinliklerin konuyu öğrenmede etkisi olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde tüm öğrenciler konunun örnekler ve modeller üzerinden öğretilmesinin öğrenmelerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrencilerden %90’ı işlenen konu içeriği hakkında daha önce bir fikri olmadığını öğretimden sonra konuyu öğrendiklerini ifade etmiştir. Öğrencilerden %60’ı konunun günlük hayat ve doğa ile ilişkilendirilmesinin konunun öğreniminde etkili olduğunu belirtmiştir Grup 2’den seçilen Ö4, Ö5 ve Ö6’nın bu maddeye ilişkin görüşleri aşağıda verilmiştir:

“Kesinlikle etkisi oldu. Daha önce duymadığım konuları günlük hayatla ilişkilendirerek ve modeller üzerinde uygulayarak öğrenmiş oldum.” (Ö4)

“Evet etkili oldu. Örnekler ve modeller üzerinden konu gösterildiği için hiçbir ön bilgin olmamasına rağmen konuyu iyi anlamamı sağladı.” (Ö5)

“Evet zaten bahsettiğim gibi teorik bilgi olmadığı için burada uygulama şeklinde eğitim aldığımız için etkili oldu.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ikinci maddesi “Bu etkinliklerden hangi etkinliği daha çok beğendiniz? Neden?” şeklindedir. İkinci sorunun ikinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %50’si Köpek balığı etkinliğini, %40’ı ise Gecko kertenkelesi etkinliğini, %10’u hem Köpek balığı hem Gecko etkinliğini beğendiğini ifade etmiştir. Öğrencilerin etkinlikleri beğenme nedenleri incelendiğinde, öğrencilerden %70’i modellerin konuyu anlamlandırmada etkili olduğunu ifade ederken, %30’u örnekleri günlük hayat ile ilişkilendirebildiği için beğendiğini ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Gecko etkinliğini beğendim, yüzeye nasıl tutunduğunu açıklarken tahmin olarak bir vakum özelliği söylemiştim bu konuda yanıldığımı gördüm modeller ile gözlemlediklerim şaşırtıcı geldi.” (Ö4)

“Gecko ve Köpek balığı etkinliğini daha çok beğendim çünkü konuyu çok iyi şekilde örnekleyerek daha iyi anlamamı sağladı.” (Ö5)

“Köpek balığı etkinliği. Çünkü modeller çok etkiliydi.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun üçüncü maddesi “Hangi etkinliğin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?” şeklindedir. İkinci sorunun üçüncü maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %80’i Köpek balığı etkinliğinin, %20’si ise Gecko kertenkelesi etkinliğinin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşündüğünü ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, öğrencilerin tümü konu içeriğinin modeller ile somutlaştırılmasının etkili olduğunu ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Gecko etkinliği çünkü model ve görseller çok açıklayıcıydı.” (Ö4)

“Köpekbaliğı etkinliğinin daha etkili olduğunu düşünüyorum çünkü yaptığımız deneyde bebekleri yüzdürürken bebeklerin üstüne yapıştırdığımız pullar Köpek balığının derisindeki etkiyi görmemizi sağladı.” (Ö5)

“Köpek balığı etkinliği. Neden suda hızlı yüzdüğünü modeller sayesinde çok iyi bir şekilde öğrendim.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun dördüncü maddesi “Öğretim açısından katıldığınız etkinlikleri değerlendirir misiniz?” şeklindedir. İkinci sorunun dördüncü maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü öğretim şeklini eğlenceli bulduğunu, ve öğrencilerin %70’i konuların akılda kalıcılığını arttıran bir öğretim şekli olduğunu ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Argümantasyon ve model yöntemi ile işledik. Daha önceden bilmediğimiz konular ile ilgili tahminlerde bulunduk ve bunu modeller üzerinde görerek ve yaparak yanlışlarımızı görmüş olduk sonrasında gerçek bilgilere ulaşmış olduk. Eğlenceli bir öğretimdi.” (Ö4)

“Argümanları oluştururken yaptığımız tartışmalar ve modeller üzerinde uygulama yapmak konuyu daha kalıcı şekilde öğrenmemize neden oldu.” (Ö5)

“Bence teoriden çok uygulamaya dayalı olması kalıcılığı sağladı.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun beşinci maddesi “Argümantasyon yönteminin “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.” şeklindedir. İkinci sorunun beşinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, grup 2’de bulunan öğrencilerin tümü argümantasyon yönteminin konuyu öğrenmede bir etkisi olduğunu ifade etmiştir. Yöntemin etkili olduğunu düşünen öğrenciler sınıf ortamında aktif rol aldıkları ve tartışmalara katıldıkları için konuyu kalıcı şekilde öğrendiklerini belirtmişlerdir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Etkili olduğunu düşünüyorum çünkü önce konu ile ilgili bir tahminde bulunuyoruz. Herkes düşüncesini söylüyor ve tartışma ortamı yaratılıyor. Herkes kendi argümanını savunuyor ve sonra tahminlerimizle açıklamanın uyumuna göre argümanımızı tekrar gözden geçiriyoruz doğru sonuca ulaşmış oluyoruz.” (Ö4)

“Öğrenmemize bir etkisi olduğunu düşünüyorum, tartışmalar bazı konuların akılda kalıcılığını arttırdı.” (Ö5)

“Etkili oldu çünkü argümantasyon yöntemi fikirlerimizi ortaya atmamızı sağlıyordu. Bizi sınıf içinde daha aktif hale getirdi.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun altıncı maddesi “Derslerde kullanılan 3B baskılı modellerinin 'Yüzey özellikleri ve etkileşimler' konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.” şeklindedir. İkinci sorunun altıncı maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü 3B baskılı modellerinin konuyu öğrenmede bir etkisi olduğunu ifade etmiştir. Öğrenciler, 3B baskılı modellerin konuda geçen soyut kavramları somutlaştırdığı ve daha fazla duyu organına hitap ettiğinden dolayı konuyu öğrenmede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Etkisi olduğunu düşünüyorum dokunarak ve görerek argüman oluşturduk ve bu bizim fikir üretmemizi kolaylaştırdı. Daha sonra modeller üzerinde yaptığımız uygulamalar ile gerçek halini görmüş olduk.” (Ö4)

“Evet etkili oldu çünkü soyut kavramları somutlaştırdı” (Ö5)

“Evet etkili oldu 3-B modeller konuyu somutlaştırdı.” (Ö6)

Görüşme formundaki ikinci sorunun yedinci maddesi “Derslerin argümantasyon yöntemi ve 3B baskılı modeller kullanılarak işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse neden? Gitmediyse neden?” şeklindedir. İkinci sorunun yedinci maddesine verilen cevaplar

incelendiğinde, Grup 2’de bulunan öğrencilerin tümü derslerin argümantasyon yöntemi ve 3-B baskılı modellerin kullanılarak işlenmesinden hoşlandığını ifade etmiştir. Öğrenci ifadelerinden, öğrencilerin tartışma ortamı, model kullanımı ve derslerde aktif olmaları nedeni ile bu öğretim yönteminden hoşlandıkları görülmektedir. Bu maddeye ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri aşağıdaki şekildedir:

“Hoşuma gitti çünkü uygulama yaparak ve tartışarak öğrenmiş olduk bizim için daha kalıcı olduğunu düşünüyorum.” (Ö4)

“Evet hoşuma gitti, çünkü derslerde biz aktif olduğumuz için sıkıcı değildi.” (Ö5)

“Hoşuma gitti. Tartışma ortamları ve model kullanımı eğlenceliydi.” (Ö6)

Görüşme formundaki üçüncü soru “Derslerde kullanılan etkinlik kâğıtları hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu etkinlik kâğıtları konuyu öğrenmenizde yararlı oldu mu?” şeklindedir. Üçüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü etkinlik kâğıtlarının konuyu öğrenmelerinde yararlı olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin tümü etkinliklerde bulunan konu ile ilgili bilgi ve görsellerin argüman üretmelerinde yardımcı olduğunu ifade ederken bir öğrenci etkinlik kâğıtlarını doldurmakta güçlük çektiğini ifade etmiştir. Bu soruya ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri şu şekildedir:

“Yararlı olduğunu düşünüyorum konu ile ilgili fikir sahibi olmamızı sağladı. Etkinlik kâğıtlarındaki görsellerin argüman yazmamıza yardımcı olduğunu düşünüyorum.” (Ö4)

“Konuyu öğrenmem için yararlı oldu konu ile ilgili fikir verdi. Ama ilk önce tahminlerimizi belirtmemizi istendiği için doldurmakta zorlandım. Çünkü konu ile ilgili ön bilgim yeterli değildi.” (Ö5)

“Konu ile ilgili fikir üretmemizde etkinlik kâğıtlarında bulunan görsellerin çok etkisi oldu.” (Ö6)

Görüşme formundaki dördüncü soru “Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açınızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?” şeklindedir. Dördüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %100’ü gerçekleştirilen derslerin fen derslerine karşı bakış açılarını olumlu yönde değiştirdiğini ve fen derslerini doğa ve günlük hayat ile ilişkilendirebildiklerini ifade etmişlerdir. Bu soruya ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri şu şekildedir:

“Açıkçası olumlu bir şekilde değiştirdi. Çünkü biz bu derslerde doğadaki canlıların teknolojiye ilham kaynağı olduğunu da görmüş olduk.” (Ö4)

“Zaten fen derslerini seviyorum bu derslerde fen derslerinin günlük hayatta birçok yerde olduğunu daha iyi anladım.” (Ö5)

“Evet değiştirdi ilk defa fen derslerinin hayatta nerede işe yaradığının farkına varmış oldum.” (Ö6)

Görüşme formundaki beşinci soru “Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?” şeklindedir. Beşinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %80’i etkinlik sürelerinin değiştirilmesinin daha iyi bir öğretim sağlayacağını ifade etmiştir. Öğrencilerin %90’ı konuların daha önceden kendileri ile paylaşılmasının daha iyi bir öğretim sağlayacağını ifade etmiştir. Öğrencilerin %10’u ise öğretimin yeterli olduğunu ifade etmiştir. Bu soruya ilişkin Ö4, Ö5 ve Ö6’nın görüşleri şu şekildedir:

“Etkinliklerin süresi biraz kısaltılabilir ya da daha fazla haftaya yayılabilir çünkü belirli bir süre sonra konuları anlamakta zorluk çektim. Birde işlenecek konular bir hafta önceden bizimle paylaşılsaydı araştırma yapma şansımız olur ve daha iyi argümanlar üretebilirdik çünkü öğretilen konular daha önce hiç bilmediğimiz konulardı.” (Ö4)

“Yeterliydi bence herhangi bir önerim yok.” (Ö5)

“Etkinlik sürelerinin kısaltılmasının uygulamaların daha verimli şekilde gerçekleşmesini sağlayacağını düşünüyorum.” (Ö6)

4.3.3 Dokuzuncu Alt Probleme Ait Bulgular

Bu kısımda G3’deki 9 öğrenci ile yapılan yapılandırılmış ikili görüşme bulguları verilmiştir. Görüşme formundaki birinci soru “Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler bu zamana kadar gerçekleştirilen fen bilimleri derslerinizden farklı mıydı? Eğer farklı olmadığını düşünüyorsanız sebebini açıklayınız. Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.” şeklindedir. Birinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde Grup 3’de bulunan öğrencilerin tümü gerçekleştirilen derslerin geçmişte katıldıkları fen derslerinden öğretim şekli bakımından farklı olmadığını ancak işlenen konu içeriğinin farklı olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin %78’i konuların günlük hayat ile ilişkilendirilmesi nedeni ile bu dersleri farklı bulduğunu belirtmiştir. Grup 3’den seçilen Ö7, Ö8 ve Ö9’un ifadeleri aşağıdaki gibidir:

“Öğretim açısından farklı değildi hocalarımız anlattı biz dinledik. Ancak işlenen konular çok farklıydı çünkü günlük hayat ile ilişkilendirilmişti.” (Ö7)

“Öğretim şekli bu zamana kadar aldığım tüm dersler gibi power point sunumu şeklindeydi konu bakımından farklıydı.” (Ö8)

“Derslerin işlenişi farklı değildi ama konular günlük hayat ile ilgiliydi daha önce görmediğim bir konu işlendi derslerde.” (Ö9)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ilk maddesi “‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun öğretiminde ‘Moleküller arası etkileşimler, Büyüklük–ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko’ ilgili dersler işlendi. Bu derslerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?” şeklindedir. İkinci sorunun ilk maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü derslerin konuyu öğrenmede etkisi olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %88’i işlenen konu içeriği hakkında daha önce bir fikri olmadığını öğretimden sonra konuya dair fikir üretebildiklerini ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9’un görüşleri şu şekildedir:

“Evet oldu. Bu konular hakkındaki bilgim oldukça zayıftı, hatta yorum bile yapamazdım dersleri aldıktan sonra öğrendim.” (Ö7)

“Oldu, gerçek hayattan örneklerin olması bu konuyu daha iyi anlamamı sağladı.” (Ö8)

“Evet etkili oldu ve konuya dair bilgim yoktu artık hepsi ile ilgili bir fikrim var.” (Ö9)

Görüşme formundaki ikinci sorunun ikinci maddesi “Bu derslerden hangisini daha çok beğendiniz? Neden?” şeklindedir. İkinci sorunun ikinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, grup 3’de bulunan öğrencilerin %66’sı Köpek balığı özelliklerinin işlendiği dersi, %33’ü ise Gecko kertenkelesi özelliklerinin işlendiği dersi beğendiğini ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, öğrencilerin tümü derslerin günlük hayat ile ilişkilendirildiği için beğendiklerini ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9’un görüşleri şu şekildedir:

“Köpek balığı işlenen dersi daha çok beğendim çünkü köpek balıklarının bu özelliğinin su içinde yüzmeye hızlarının deride bulunan yapılar sebebiyle olduğunu ve suyun uyguladığı direnci azalttığını öğrendim. Bu özelliğin yüzücü kıyafetlerine uyarlandığını öğrendim.” (Ö7)

“Geckoyu daha çok beğendim, çünkü biraz daha izlediğimiz filmlere veya mühendislik alanı ile bağdaştırabildiğim için bana anlamlı geldi.” (Ö8)

“Köpekbalığı ile ilgili olan dersi beğendim, çünkü öğrendiklerimi gerçek yaşamla ilişkilendirebildim.” (Ö9)

Görüşme formundaki ikinci sorunun üçüncü maddesi “Hangi dersin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?” şeklindedir. İkinci sorunun üçüncü

maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin %55'i Köpek balığı özelliklerinin işlendiği dersin, %44'ü ise Gecko kertenkelesi özelliklerinin işlendiği dersin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, öğrencilerden % 77'si konu içeriğini en iyi örneklediğini ifade etmiştir. Öğrencilerin %22'si konu anlatımının video kayıtları ile desteklenmiş olmasının konuyu öğrenmede etkili olduğunu ifade etmiştir. Bu maddeye ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9'un görüşleri şu şekildedir: *Köpek balığı anlatılan ders en etkiliydi. Çünkü bütün özellikleri etkili şekilde balık yüzeyinde içeriyordu. (Ö7)*

Gecko kertenkelesi anlatılan ders, çünkü videolar ile desteklendiği için daha akılda kalıcıydı. (Ö8)

Köpek balığının anlatıldığı ders çünkü bütün yüzey özelliklerini örneklemişti. (Ö9)

Görüşme formundaki ikinci sorunun dördüncü maddesi "Öğretim açısından katıldığınız dersleri değerlendirir misiniz?" şeklindedir. İkinci sorunun dördüncü maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü derslerin verimli olduğu ancak derslerde uygulamalara yer verilmesinin faydalı olacağını düşündükleri görülmektedir. Bu maddeye ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9'un görüşleri şu şekildedir:

"Az bir sürede konuyu hem öğrenip hem de incelemek bence oldukça yararlı, yormadan daha çok kafaya girmesini sağlıyor. Verilen örnekler ve gösterilen videolar bilgilenmemize katkı sağladı. Uygulama yapabilsedik dersler daha verimli geçirdi diye düşünüyorum." (Ö7)

"Genel olarak kısa tutulduğu için güzeldi ama bence deneylerle daha fazla desteklenebilirdi." (Ö8)

"Güzel ama uygulamalı olan dersler daha verimli ve daha güzel geçiyor." (Ö9)

Görüşme formundaki ikinci sorunun beşinci maddesi "Derslerin bu şekilde işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse Neden? /Gitmediyse neden?" şeklindedir. İkinci sorunun beşinci maddesine verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin tümü derslerin sunuş yolu ile öğretim stratejisi ile işlenmesinden hoşlandığını ifade etmiştir. Öğrencilerin açıklamaları incelendiğinde, ders sürelerinin kısa olması ve konu içeriğinin farklı olması nedeniyle dersleri beğendikleri anlaşılmaktadır. Bu maddeye ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9'un görüşleri şu şekildedir:

"Evet hoşuma gitti çünkü kısa sürede çok şey öğrendim." (Ö7)

"Dersler çok sıkıcı değildi çok uzun olmaması güzeldi." (Ö8)

“Hoşuma gitti konu içeriği faklıydı.” (Ö9)

Görüşme formundaki üçüncü soru “Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açınızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?” şeklindedir. Öğrencilerin tümü fen derslerine karşı bakış açılarının değiştiğini ifade etmiştir.

Bu soruya ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9’un görüşleri şu şekildedir:

“Zaten fen dersini seviyordum. Bu dersi seçme sebepim buydu, fen dersini daha çok sevmemi sağladı.” (Ö7)

“Çok değiştirdi çünkü çok klasik fen derslerinden farkı günlük hayat ile ilişkilendirilmiş olmasıydı.” (Ö8)

“Değiştirdi. Nanobilim ve nanoteknolojinin neye odaklandığını öğrendim.” (Ö9)

Görüşme formundaki dördüncü soru “Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?” şeklindedir. Dördüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde öğrencilerin %88’i derslerin uygulamaya yönelik işlenmesinin daha iyi bir öğretim sağlayacağını ifade etmiştir. Öğrencilerin %11’i kendilerine bir öğretim materyali sunulmasının daha iyi bir öğretim sağlayacağını ifade etmiştir. Bu soruya ilişkin Ö7, Ö8 ve Ö9’un görüşleri şu şekildedir:

“Biraz daha uygulamaya yönelik olabilir.” (Ö7)

“Belgeseller izlemiştik Bence daha fazla video görsel ile desteklenebilir. İşlediğimiz derslerin not olarak materyali elimizde yoktu bundan dolayı ben not almaya çalışıyorum ders esnasında ve bu nedenle söylenen sözleri kaçırabiliyordum. Bir not ya da bir materyal olmasının kesinlikle öğrenciyi rahatlatacağını hem de öğrenmeyi ilerleteceğini düşünüyorum.” (Ö8)

“Deneyler ile desteklenebilir.” (Ö9)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada nanobilim kapsamında “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde kullanılan yöntemin lisans öğrencilerinin konu ile ilgili kavramsal anlamalarına etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, öğretim yönteminin kavramsal anlamaya etkisi ile ilgili sonuçlar, öğretim yönteminin kavram yanılığlarındaki değişime etkisi ile ilgili sonuçlar ve öğretim yöntemi ile ilgili ikili görüşme sonuçları ve öneriler verilmiştir.

5.1 Sonuçlar

5.1.1 Öğretim Yönteminin Kavramsal Anlamaya Etkisi İle İlgili Sonuçlar

Öğretim yöntemlerinin lisans öğrencilerinin “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusundaki kavramsal anlamalarına katkıları açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı, ancak ortalama puanlarına bakıldığında argümantasyon yönteminin uygulandığı grubun puanlarının diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İlgili alan yazında da argümantasyon yönteminin akademik başarıya olumlu etkilerinin görüldüğü çalışmalar mevcuttur (Özkara, 2011; Venville ve Dawson, 2010; Aydeniz, Pabuccu, Çetin ve Kaya, 2012). Özkara (2011), yarı deneysel tasarımı kullandığı çalışmada, kontrol grubu öğrencilerine basınç konusunun öğretimini fen ve teknoloji öğretim programında öngörülen etkinliklerle, deney grubuna ise bilimsel tartışma odaklı öğretim etkinlikleri ile gerçekleştirmiştir. İstatistiksel olarak yapılan analizler sonucunda, çalışmada deney grubu öğrencilerinin basınç konusundaki akademik başarılarının anlamlı düzeyde değiştiği ve bilgi yapılarının kalıcılığını sağladığı belirlenmiştir. Venville ve Dawson (2010) çalışmalarında, deney grubunda yer alan öğrencilerin genetik konusunda kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduklarını belirleyerek argümantasyonun öğrencilerin kavramsal anlamalarına pozitif bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

5.1.2 Öğretim Yönteminin Kavram Yanılığlarındaki Değişime Etkisi İle İlgili

Sonuçlar

Argümantasyon yöntemi ve 3B baskılı modeller ile birlikte argümantasyon yönteminin kullanıldığı deney gruplarında öğretim sonucunda kavram yanılığı ifade sayılarında azalma gözlenirken, kontrol grubunda kavram yanılığı ifade sayısında artış gözlenmiştir. İlgili alan yazında argümantasyona dayalı pedagojinin geleneksel öğretime göre kavram yanılığını azaltmada ya da tamamen yok etmede daha etkili olduğu belirlenmiştir

(Aydeniz, Pabuccu, Çetin ve Kaya, 2012; Danil, Ryan ve Sergey, 2015). Ayrıca argümantasyon sürecinde öğrenciler kavram yanlışlarının farkına varmakta, farklı düşünceleri ele almakta ve değerlendirmekte, sonrasında da yeni bir düşünceyi destekleme ve kabul etme yoluna gitmektedirler (Chin ve Osborne, 2008). Cross, Taasoobshirazi, Hendricks ve Hickey (2008) argümantasyonun kavramsal anlamayı etkilediği hipotezini test etmek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında, argümantasyonun var olan kavramların daha sağlam bir şekilde anlaşılmasını sağladığını ve aynı zamanda öğrencilerin olası kavram yanlışlarını ortadan kaldırdığını ve yeni fikirlerle var olan bilgilerini arttırdıklarını belirtmişlerdir.

Ayrıca öğretim sonucunda kavram yanlışları ifadelerinde gözlenen olumlu yöndeki değişimin diğer gruplara oranla argümantasyon+3B Model grubunda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni Gülyüz, Dilber ve Erdoğan (2019)'unda belirttiği gibi 3B yazıcıların soyut kavramları somutlaştırmaya fırsat vermesi, bunun sonucu olarak da oluşturulan 3B baskılı modellerden anlamlı öğrenmeyi kolaylaştırması (Vincent ve Thomas 2014a, Moeck, Stone, Sundberg, Snyder ve Kaminsky,2014) olabilir. Vincent ve Thomas (2014b) çalışmalarında ayrıca öğrenmede 3B baskılı modellerin 2B sunulardan daha etkili olduğunu belirtmiştir. Argümantasyon+3B Model grubunda ortalama başarı puanı argümantasyon grubuna göre düşüken, kavram yanlışlarının bu grupta daha fazla azalması bazı öğrencilerin soruların cevaplarını doldurmadaki isteksizlikleriyle ve diğer gruba oranla duyuşsal özelliklerindeki farklılıklarla açıklanabilir. İlgili alan yazıda Fen Bilimleri dersine yönelik tutumlar ile akademik başarı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin bulunduğu çalışmalar mevcuttur (Uyanık, 2017; Bakar, Tarmizi, Mahyuddin, Elias, Luan ve Ayub, 2010; Singh, Granville ve Dika 2002).

Çalışmada belirlenen kavram yanlışları ifadelerinin bazıları, daha önce ilgili alan yazında da belirlenmiştir. Bir yüzeyde su damlasının küresel şekilde durmasının yüzey gerilimine bağlı olduğu düşüncesi Seifried ve Figueroa (2016)'nın çalışmasındaki lise öğrencilerinin birkaçında da görülmüştür. Vitharana (2015)'in çalışmasında öğrencilerin adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin rollerini tam olarak bilmedikleri belirtilirken, bu çalışmada öğrencilerin adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin karıştırılması ile ilgili kavram yanlışları ifadeleri belirlenmiştir. Gecko'nun ıslak yüzeylerde ve tavanda baş aşağı yürüebilmesinin sürtünme kuvvetine bağlanması ve Gecko'nun ayaklarındaki tırtıkların yüzeydeki boşluklara girmesi ile ilgili olarak yapboz-cırt cırt teması altında verilen kavram yanlışları

ifadeleri Sockman, Ristvey ve Jones (2012)'nin ve yapışma-vantuz ve vakum-pompa teması altında verilen kavram yanlışlığı ifadeleri ise Short, Lundsgaard ve Krajcik (2009)'nun çalışmasında belirlenen ifadelere benzerlik göstermektedir. Ayrıca hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik ve süper hidrofobik kavramlarını içeren soruda daha az kavram yanlışlığının olduğu gözlenmiştir. Seifried ve Figueroa (2016)'nın da belirttiği gibi büyük olasılıkla içerik bilgisinin diğer fen sınıflarında aktarılmasından veya -filik ve -fobik kök kelimelerinin anlamının bilinmesinden kaynaklanabilir.

Çalışmada üç grupta gerçekleştirilen öğretimler sonucunda, damlaların küresel duruş şekillerinin yüzey gerilimi ile ilişkilendirildiği, Gecko kertenkelesinin tavanda ve ıslak zeminde baş aşağı yürümesinin yapboz-cırt cırt mekanizmasına bağladığı, Köpek balığının özelliklerinin yüzme hızını arttırması ile ilgili kavram yanlışlığı ifadelerinin ortadan kalktığı görülmüştür. Polipropilenin polar olması ile ilgili kavram yanlışlığının son testte görülmesinin nedeni, moleküller arası etkileşimler konusu ile ilgili yapılan etkinlikte propenin polarlığı apolarlığı konusunda yapılan tartışma ve apolar moleküllerde dipol momentin kesin sıfır olması gerektiği ile ilgili düşünce olabilir. İlgili alan yazında da moleküllerin polarlığının ve apolarlığının belirlenmesinde öğrencilerin zorlandığına yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Birk ve Kurtz 1999; Carlos ve Calatayud 1996; Nakhleh 1992).

5.1.3 Öğretim Yöntemi İle İlgili İkili Görüşme Sonuçları

Öğrencilerin tümü gerçekleştirilen derslerin fen derslerine karşı bakış açılarını olumlu yönde değiştirdiğini ifade etmişlerdir. Bu sonuç öğretimde ele alınan yapısında mikro ve nanoyapılar içeren doğadaki ilgi çekici canlıların incelenmesi olabilir. Bunun yanı sıra, argümantasyon yönteminin derslere karşı olumlu tutum geliştirmede faydalı olduğu Kaya ve diğ. (2005)'nin gerçekleştirdiği çalışmasında da görülmektedir. Araştırmacılar, tartışmalara dayalı olarak deneylerini gerçekleştiren deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre kimya laboratuvarına karşı daha pozitif tutumlar sergilediklerini, deney grubundaki öğrencilerin argümantatif tartışmalar sayesinde laboratuvar ortamında bilginin nasıl yapılandırıldığını ve laboratuvar araştırmalarına rehberlik eden kavramsal bilginin nasıl yapılandırıldığını öğrendiklerini belirlemişlerdir.

Argümantasyon yönteminin kullanıldığı gruplarda bazı öğrenciler yöntemin zor ve sıkıcı olduğunu ve argüman yazmanın zor olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin

olduğu fen sınıflarında gruplar halinde tartışmacı bir şekilde çalışmaya alışkın olmamasının (İnam, Güven, 2019) bir sonucu olabilir. Ayrıca akademik başarı düzeyi düşük öğrencilerin ön bilgi eksikliğinden dolayı argüman yazamadıkları belirlenmiştir.

Argümantasyon yönteminin kullanıldığı gruplardaki öğrenciler kullanılan etkinlik kâğıtlarında bulunan görsellerin argüman yazmalarını kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Bu durum öğrencilerin görseller üzerinden daha iyi argümanlar üretebildiğini (Yaman, 2019) gösterebilir. Ayrıca argümantasyon yönteminin kullanıldığı her iki gruptaki öğrencilerin bir kısmı etkinlik sürelerinin azaltılmasını ve konuların önceden öğrencilere verilmesini önermişlerdir. Bununla birlikte konuyu öğrenmede en etkili olan etkinliklerin Gecko ve Köpek balığı olduğunu belirtmişlerdir.

3B baskılı modellerin kullanıldığı gruptaki öğrenciler modellerin kavramları somutlaştırdığını ve daha fazla duyu organına hitap ettiğini belirtmişlerdir. İlgili alan yazında 3B baskılı modellerin öğretimde kullanımının “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunda varolan soyut kavramları somutlaştırdığı ve öğrencilerin öğrenmelerine olumlu bir katkı sağladığı (Vincent ve Thomas, 2014) belirlenmiştir.

5.2 Öneriler

Araştırma sonuçlarından hareketle aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- 1) Çalışmada ortalama puanlar açısından argümantasyon yönteminin öne çıkması, 3B baskılı modellerinin argümantasyonla birlikte kullanıldığı öğretimin iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu amaçla etkinliklerde 3B modeller ile ilgili hesaplamaların ve incelemelerin yapılmasının artırılması uygun olabilir. Köpek balığı etkinliğinde farklı yüzey morfolojileri içeren farklı modeller kullanılarak, riblet etkisini keşfetmelerine katkı sağlanabilir (Heidarian, Ghassem ve Liu, 2018; Kim, 2014). Gecko etkinliğindeki modellere motor bağlanarak hareketi sağlanabilir. İkili görüşmelerde Köpek balığı ve Gecko etkinliklerinin Nilüfer çiçeği etkinliğinden daha fazla beğenilen etkinlikler olarak ortaya çıkması Nilüfer çiçeği etkinliğinde kullanılan modeller ve etkinlik kâğıtları iyileştirilebilir ve etkinlik süresi azaltılabilir.
- 2) Çalışmada Nilüfer çiçeği için ABS'den bastırılan 3B baskılı pürüzlü küp yapılarına süperhidrofobik özellik kazandırabilmek için bakır stearat çözeltisi kullanılmıştır (Keyf, 2019) ve ulaşılan en büyük açı 135°'dir. İlgili alan yazında da belirtildiği gibi, çeşitli 3B baskı teknolojileri kullanılarak süperhidrofobik yüzeylerin imal edilmesine yönelik çok

çaba gösterilmiştir. Birçok gelişme gelecek vadedmesine rağmen, bazı zorluklar hala devam etmektedir. Hemen hemen tüm doğal süperhidrofobik yüzeyler mikron ve mikron altı pürüzlülüğü göstermektedir. Malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün bu aralıklar içinde azaltılması süperhidrofobikliğin dayanıklılığını arttırmaktadır. Mikron altı aralığında bu tür çift ölçekli pürüzlülüğü elde etmek, özellikle XY düzlemi boyunca, çoğu ticari 3B yazıcısı için büyük bir zorluk olmaya devam etmektedir. Ayrıca, yazıcı çözünürlüğü arttıkça, baskı süreleri gibi maliyetler de artmaktadır. Bu gibi yüksek çözünürlüklü yazıcılarla geniş yüzeyli alanların üretilmesi, çoğu yüksek çözünürlüklü yazıcıda boyut olarak sınırlı plakalar bulunduğundan finansal olarak mantıklı veya ticari bulunmayabilir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) mühendisleri kısa süre önce, malzemeyi daha hızlı ısıtarak ve eriterek malzemenin akış hızını artıran bir lazer kullanarak, 3B yazıcı bazlı ekstrüzyon uygulamışlardır. 3B baskıda kullanılan dökme malzeme içinde nanoparçacıkların kullanılması, fazladan zaman harcamak yerine, doğrudan 3B baskı nano-ölçekli belirsizliklere mal olmak yerine, mikro ölçekli desenlerde mikron altı pürüzlülüğün oluşturulmasına yardımcı olabilir. Süperhidrofobik yüzeylerin 3B baskı ile üretilmesindeki bir başka zorluk da, yüksek hassasiyetli 3B yazıcılarda kullanılan malzemelerin çoğunun çok düşük yüzey gerilimine sahip olmamasıdır. Bu, yazdırılan yüzey üzerinde çok ince ve düşük yüzey enerjili kaplama tabakasının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Karmaşık geometriler için, bu adım risklidir çünkü kaplama nanoölçekli özellikleri doldurmamalıdır. Aynı zamanda, kaplama aşınmaya neden olabilir veya alt tabakaya yapışmasına engel olabilir. Baz malzemenin hidrofilik yapısı daha sonra başka problemlere neden olabilir. 3B baskının süperhidrofobik yüzeylere uygulanmasının avantajları için, endüstriyel ticarileşmeye ve bu tür yüzeylerin büyük ölçekli üretimine yol açmak için daha fazla gelişme gerekmektedir (Jafari, Cloutier, Allahdini ve Momen, 2019). 3B yazıcı teknolojisinin daha da gelişmesiyle Nilüfer çiçeği için belki de nanoparçacıklar içeren daha iyi modeller oluşturulacaktır. Stereolitografi (SLA) reçineler kullanılarak da daha detaylı görünüme sahip 3B baskılı modellerin yazdırılması denenebilir.

3) Çalışmada gerçekleştirilen öğretimler duyuşsal özellikleri ve ön bilgileri benzer olan başka gruplara da uygulanarak, sonuçlar karşılaştırılabilir. “Yüzey özellikleri ve etkileşimler” konusunun öğretiminde animasyonlar ve 3B baskılı modellerin kullanımının kavramsal anlamaya etkileri incelenebilir. “Büyük fikirler” kapsamındaki diğer konuların öğretimi için de 3B baskılı modellerden yararlanılabilir.

4) Üniversitelerin eğitim fakültelerinde Fizik, Kimya, Biyoloji ve Fen Bilgisi eğitimi anabilim dallarında argümantasyon yönteminin kullanıldığı “Nanobilim ve Nanoteknoloji”

dersinin zorunlu hale getirilmesi, öğretmen adaylarının bu konuda donanımlı olarak mezun olmasına ve bunun sonucunda üniversite öncesi nesillerin nanoteknolojik gelişmelere hazır olmasına katkı sağlayabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abraham, M. R., Williamson, V. M. and Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding five concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Aizenberg, J. and Fratzl, P. (2013) New materials through bioinspiration and nanoscience. *Advanced Functional Materials*, 23, 4398-4399
- Ak, N. (2009). *Nanoteknoloji eğitiminin lise düzeyinde uyarlanması*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 278338).
- Akdeniz, N. (2017). *Fen bilimleri öğretmen adaylarına yönelik nanobilim kavramsal anlama testinin geliştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 456166).
- Akdeniz, N., Benlikaya, R. (2015). Öğretmen adaylarının nanobilimi anlayışı: boyut ve büyüklük. IV. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi, BAÜN Necatibey Eğitim Fakültesi, 07-10 Eylül 2015, Balıkesir.
- Akdeniz, N., Benlikaya, R. (2015). Pre-service chemistry teachers understanding of size-dependent properties. International Congress on Education, 4-7 June 2015, Athens.
- Aslan, O. ve Şenel, T. (2015). Ortaokul ve lise fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363-389.
- Ateş, İ. (2015). *Ortaöğretim kimya eğitiminde nanobilim ve nanoteknolojinin yeri*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 412406).
- Aydeniz, M., Pabuçcu, A., Çetin, P. ve Kaya, E. (2012). Argumentation and students conceptual understanding of properties and behaviors of gases. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10 (6), 1303-1324.
- Bakar, KA., Tarmizi, RA., Mahyuddin, R., Elias, H., Luan, WS., Ayub, AFM. (2010). Relationships between university students' achievement motivation, attitude and academic performance in Malaysia. *Procedia Soc Behav Sci.*, 2 (2), 4906-4910.
- Barroso, L. R., Bicer, A., Capraro, M. M., Capraro, R. M., Foran, A.L., Grant, M.R., Rice, D. (2017) Run! Spot run!: vocabulary development and the evolution of STEM disciplinary language for secondary teachers. *ZDM*, 49(2), 187-201.

- Birk, J.P., Kurtz, M.J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding. *Journal of Chemical Education*, 76 (1), 124-132.
- Blonder, R. and 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.
- Bryan, L. A., Magana, A. J., and Sederberg, D. (2015). Published research on pre-college students' and teachers' nanoscale science, engineering and technology learning. *De Gruyter Nanotechnology Review*, 4(1), 7-32.
- Bryan, L.A., Sederberg, D., Daly, S., Sears, D. and Giordano, N. (2012). Facilitating teachers' development of nanoscale science, engineering, and technology content knowledge. *Nanotechnology Review*, 1, 85–95.
- Carlos, F. and Calatayud, M.L. (1996). Difficulties with the geometry and polarity of molecules: beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 73, 1-36.
- Castellini, Walejko, Holladay, Theim, Zenner, Crone (2007)
- Chin, C. and Osborne, J. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Cross, D., Taasoobshirazi, G., Hendricks, S. and Hickey, D.T. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education*, 30(6), 837-861.
- Daly, S. and Bryan, L.A. (2010). Model use choices of secondary teachers in nanoscale science and engineering education. *J. Nano Educ.* 1–2, 76–90.
- Delgado, C. (2013). Cross-cultural study of understanding of scale and measurement: does the everyday use of US customary units disadvantage US students? *Int. J. Sci. Educ.*, 35, 1277–1298.
- Dean, N.L., Ewan, C., McIndoe, J.S. (2016). Applying hand-held 3D printing technology to the teaching of vsepr theory. *Journal of Chemical Education*, 93 (9), 1660-1662.
- Demir, K., Demir, E. B. K., Çaka, C., Tuğtekin, U., İslamoğlu, H., & Kuzu, A. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 481-503.

- Demircioğlu, H. ve Özdemir, R. (2019). Bağlam temelli öğrenme yaklaşımının öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunu anlamaları üzerindeki etkisi. *Journal of Computer and Education Research*, 7(14), 314-336.
- Ecevit, T. ve Kaptan, F. (2019) Fen bilimleri öğretmen adaylarının argümantasyon destekli araştırma sorgulamaya dayalı öğretim yeterliklerinin geliştirilmesi. *İlköğretim Online*, 18(4), 2041-2062.
- Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> (Erişim Tarihi 20.11.2019)
- Enghag, M. and Schenk, L. (2016). *Students' arguments of risks and benefits in a debate about nanotechnology as a socioscientific issue included in a teaching sequence in secondary school*. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto and K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 8 (co-ed.)* Jan Alexis Nielsen & Miriam Ossevoort, (pp. 1191-1198). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6
- Erkoç, Ş. (2014). *Nanobilim ve nanoteknoloji*, Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- Feather, J. L. & Aznar, M. F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K12 Resources*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Garcia-Mila, M. and Andersen, C. (2008). *Cognitive foundation in the study of argumentation in science classrooms*. *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (s. 29-45), New York: Springer.
- Güleryüz, H., Dilber, R. ve Erdoğan, İ. (2019). STEM uygulamalarında öğretmen adaylarının 3-B yazıcı kullanımı hakkındaki görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1-8.
- Heidarian, A., Ghassem, H. and Liu, P. (2018). Drag reduction by using the microriblet of sawtooth and scalloped types. *International Journal of Physics*, 6(3) 93-98.
- İnam, A. ve Güven, S. (2019). Argümantasyon yönteminin kullanıldığı deneysel çalışmaların analizi: bir metasentez çalışması. *The Journal of International Lingual, Social and Educational Sciences*, 5(1), 155-173.
- İpek, Z. (2017). *Ortaöğretim fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin nanobilim ve nanoteknoloji konusundaki farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 485989).

- Jafari, R., Cloutier, C., Allahdini, A. and Momen, G. (2019). Recent progress and challenges with 3-B printing of patterned hydrophobic and superhydrophobic surfaces. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-14.
- Jimenez- Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B. and Duschl, R. (2000). Doing the lesson or doing science: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6),757-792.
- Jimenez-Aleixandre, M.P. and Erduran, S. (2008). *Argumentation in science education: an overview*. Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based
- Karaduman, H. (2018). Soyuttan somuta, sanaldan gerçeğe: öğretmen adaylarının bakış açısıyla üç boyutlu yazıcılar. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 273-303.
- Karışan, D. (2011). *Fen Bilgisi öğretmen adaylarının iklim değişiminin dünyamıza etkileri konusundaki yazılı argümantasyon yeteneklerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 285526).
- Kaya, O.N., Doğan, A. and Kılıç, Z. (2005). University students' attitudes toward chemistry laboratory: effects of argumentative discourse accompanied by concept mapping. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(2), 201-213.
- Keogh, B. and Naylor, S. (2007). Talking and thinking in science. *School Science Review*, 88, 85-90.
- Keyf, S. (2019). Hidrofobik bakır stearat sentezinin box-benhken tasarımıyla modellenmesi. *European Journal of Science and Technology* 16, 834-840.
- Kılınç Alpat, S., Uyulgan, M.A., Şeker, S., Altaş, H.Ş. ve Gezer, E. (2017). Nanoteknoloji konusunda işbirlikli öğrenme yönteminin ortaöğretim 10.sınıf öğrencilerinin akademik başarı ve görüşlerine etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 27-57.
- Kim, T.W. (2014). Assessment of hydro/oleophobicity for shark skin replica with riblets, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14(1), 7562–7568.
- Kolstø, S.D. (2006) Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific Issue, *International Journal of Science Education*, 28:14, 1689-1716.
- Kuzu Demir, E.B., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 48 – 503.

- Magana, A. J., Brophy, S. P., Bryan, L.A. (2012). An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181-2203.
- Mcneill, K. L. and Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: the role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Mcneill, K.L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- MEB. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı (2013). Ortaöğretim biyoloji, fizik ve kimya dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı. <http://ttkb.meb.gov.tr/www/ogretim-programlari/icerik/72> Erişim tarihi: 18.10.2019.
- MEB. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı (2017). Ortaöğretim biyoloji, fizik ve kimya dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) öğretim programı. <http://tebligler.meb.gov.tr/index.php/tuem-sayilar/viewcategory/85> Erişim tarihi: 18.10.2019.
- Menthe, J. and Heller, H. (2015). Can silver nanoparticles superclean and sanitize laundry? high school students tackle an inquiry-based technology assessment. *Journal of Nano Education*, 7, 73-79.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. (2. Baskı). Thousand
- Moeck, P., Stone-Sundberg J., Snyder T. J. and Kaminsky, W. (2014). Enlivening 300 level general education classes on nano-science and nano- technology with 3-B printed crystallographic models. *Journal of Materials Education*, 3, 77-96.
- Özkara, D. (2011). *Basınç konusunun sekizinci sınıf öğrencilerine bilimsel argümantasyona dayalı etkinlikler ile öğretilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 295019).
- Ratto, M. and Ree, R. (2012). Materializing information: 3D printing and social change. *First Monday*, 17(7)
- Ristvey, J.D. and Pacheco, K.A.O. (2013). Atomic force microscope mobile lab inspires high school teachers participating in NanoTeach workshops. *Journal Nano Education*, 5(2), 148–153.
- Roco MC. (2003). Nanoscale science and engineering education activities in the United States (2001–2002). *J. Nanoparticle Res.*, 4, 271–274.

- Roco, M. C. & Bainbridge, W. (2005). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: Maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research* 7, 1–13. <http://doi.10.1007/s11051-004-2336-5>
- Sagun-Gököz, B. ve Akaygün, S. (2013). Üniversiteden liseye uzanan köprü: Bir nanobilim atölye çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 49-72.
- Sarıtaş, O., Taymaz, E. & Tumer, T. (2007). Vision 2023: Turkey's National Technology Foresight Program: A Contextualist Analysis and Discussion, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8), 1374-1393.
- Scalfani, V.F. and, Vaid, T.P. (2014). 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 91 (8), 1174-1180.
- Schönborn, K.J., Höst, G.E., and Lundin Palmerius, K.E. (2016). *Interactive visualization for learning and teaching nanoscience and nanotechnology*. In: Winkelmann K., Bhushan B. (eds) *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*. Science Policy Reports. Springer, Cham. Online ISBN 978-3- 319-31833-2.
- Swarat, S., Light, G., Park, E. J. and Drane, D., (2011), A typology of undergraduate students' conceptions of size and scale: Identifying and characterizing conceptual variation. *Journal of Research Science Teaching*, 48(5), 512–533
- Sarıtaş, O., Taymaz, E. & Tumer, T. (2007). Vision 2023: Turkey's National Technology Foresight Program: A Contextualist Analysis and Discussion, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8), 1374-1393.
- Sergio, R., Maurizio, B., Davide, B., Riccardo, P. and Manuel, O. (2015). Three dimensional (3D) Printing: A straightforward, user-friendly protocol to convert virtual chemical models to real-life objects. *Journal of Chemical Education*, 92 (8), 1398-1401.
- Short, H., Lundsgaard, M., and Krajcik, J. (2009). The development of argumentation skills and content knowledge of intermolecular forces using a nanoscience context. Poster Presented At International Conference Great Challenges And Great Opportunities In Science Teaching Hyatt Regency Orange County Garden Grove, CA.
- Singh, K., Granville, M. and Dika, S. (2002). Mathematics and science achievement: Effects of motivation, interest, and academic engagement. *The Journal of Educational Research*, 95(6), 323–332.

- Sockman, B. R., Ristvey, J., and Jones, C. S. (2012). Student understanding of nanoscience through the Gecko's surface to surface interactions. *International Journal of Engineering Education*, 28(5), 1068-1077.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57.
- Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). The big ideas of nanoscale science and engineering: A guide book for secondary teachers. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Tavşancıl, E. ve Aslan, E. (2001). *İçerik analizi ve uygulama örnekleri*. İstanbul: Epsilon Yayınları.
- Taylor, A. ve Jones, G. (2009). Proportional Reasoning Ability and Concept of Scale: Surface area to volume relationships in science. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1231-1247.
- Tretter, Jones, Minogue (2006)
- Tozlu, İ., Gülseven, E., Tüysüz, M. (2019). FeTeMM eğitimine yönelik etkinlik uygulaması: kuvvet ve enerji örneği. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 869-896.
- TÜBİTAK (2004). *Nanobilim ve nanoteknoloji stratejileri*. Ankara: Vizyon 2023 projesi Nanoteknoloji Strateji Grubu.
- Uyanık, G. (2017). İlkokul öğrencilerinin fen bilimleri dersine yönelik tutumları ile akademik başarıları arasındaki ilişki. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10 (1), 86-93 .
- Xie, Q., Pallant A. (2011). The molecular workbench software: an innovative dynamic modeling tool for nanoscience education. *Models and Modeling*, New York
- Venville, G. J. and Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
- Vincent, F. S., and Thomas P.V. (2014). 3 D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal Of Chemical Education*, 91, 1174-1180.
- Vitharana, P.R.K.A. (2015). Student misconceptions about plant transport--a sri lankan example. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3 (3), 275-288.
- Waldron, A.M., Spencer, D. and Batt, C.A. (2006). The current state of public understanding of nanotechnology. *J. Nanoparticle Res.*, 8, 569-575.
- Wansom, S., Mason, T. O., Hersam, M. C., Drane, D., Light, G., Cormia, R., Stevens, S., Bodner, G. M. (2009). A Rubric for Post-Secondary Degree Programs in

Nanoscience and Nanotechnology. *International Journal of Engineering Education*, 25(3), 615-627

- Yaman, F. (2019). Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının ortaokul öğrencilerinin kavramsal anlamalarına ve fendeki gösterimleri kullanmayla ilgili görüşlerine etkisi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(1), 399-41.
- Yaman, F. (2019). Öğrencilerin sanal kimya laboratuvarı kullanarak hazırladıkları argümantasyona dayalı yazma etkinliklerinin çoklu gösterimler açısından incelenmesi. *İlköğretim Online*, 18(1), 207-225.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S. ve Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış- 3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Zhao, D., Tian, Q., Wanf, M and Jin, Y. (2014). Study on the hydrophobic property of shark-skin-inspired micro-riblets. *Journal of Bionic Engineering*, 11 (2), 296-302.

EKLER

**EK A: Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi Özet
Kitapçığı Kapak Sayfası ve Bildiri Özeti**

INTERNATIONAL LEARNING, TEACHING AND EDUCATIONAL RESEARCH CONGRESS

(Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi)

5-7 September 2019

AMASYA-TURKEY

www.iltercongress.org

ILTER CONGRESS **ABSTRACT BOOK**



Argümantasyon ve/veya 3-B Baskılı Modellerin Kullanılmasının Öğretmen Adaylarının Kavramsal Anlamalarına Etkisi: Yüzey Alanı ve Etkileşimler

Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA
Balıkesir Üniversitesi
ruhan@balikesir.edu.tr

Duygu Işık Erol
Sındırgı Anadolu İmam Hatip Lisesi
duyguerol10@gmail.com

Dr. Hasene Esra YILDIRIR
Balıkesir Üniversitesi
epoyraz@balikesir.edu.tr

Dr. Mehmet Emin KORKUSUZ
Balıkesir Üniversitesi
korkusuz@balikesir.edu.tr

Özet

Yapılandırmacı yaklaşıma uygun düşünebilen, sorgulayabilen, üretebilen, fikirlerini savunabilen ve paylaşabilen bireylerin yetiştirilmesini sağlayıcı öğrenme ortamlarının oluşturulmasında son zamanlarda en çok kullanılan öğretim yöntemlerinden biri *argümantasyon*dur. Fizik, kimya, biyoloji ve fen gibi birçok alanda öğrencilerin kavramsal anlamalarını geliştirmek için argümantasyon yönteminin birçok çalışmada kullanıldığı, ancak nanobilim öğretiminde argümantasyonun kullanıldığı çok az çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Nanobilim, küresel bilimsel araştırmalarda en hızlı büyüyen ve en etkili alanlardan biridir. ABD Ulusal Bilim Vakfının desteğiyle düzenlenen çalıştaylarda, *Yüzey alanı ve etkileşimler* konusu nanobilim ve nanoteknolojinin öğretimi için üniversite öncesi eğitim programlarına dâhil edilmesi gereken konulardan biri olarak belirlenmiştir. Nanobilim eğitimi, algılanamayan küçük nesnelere ve süreçlere kavramsallaştırmanın zorluğuyla mücadele etmeyi gerektirirken, 3-B baskılı teknolojinin yükselişi malzeme biliminin görüntüleme problemlerine çözüm sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, nanobilim kapsamında yüzey alanı ve etkileşimler konusunun öğretiminde argümantasyon ve/veya 3-B baskılı modellerin kullanılmasının öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarına etkisini incelemektir. Çalışma, 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim dalının 3. sınıfında öğrenim gören öğretmen adayları ile gerçekleştirilmiştir. Öğretimin ilk iki haftasında argüman kavramı çeşitli etkinliklerle öğretmen adaylarına tanıtılmıştır. Yüzey Alanı ve Etkileşimler Kavramsal Anlama Testinin ön test sonuçlarına göre üç gruba ayrılan öğretmen adaylarıyla, “*Argümantasyon*”, “*3-B Model*”, “*Argümantasyon+3-B Model*” yöntemleri kullanılarak 3 hafta süren öğretimler yapılmıştır. Hidrofilikten süperhidrofilikliğe ve hidrofobiklikten süperhidrofobikliğe yüzey özelliklerinin nasıl değişebileceğini ve bu yüzey özelliklerinin köpek balığı, gecko ve nilüfer çiçeği gibi canlılara kazandırdığı özellikleri gösteren etkinlikler, kullanılan üç yöntem dikkate alınarak uygulanmıştır. Ön test-son testten elde edilen verilerin analizinde SPSS paket programı kullanılmış ve ayrıca bu testlere verilen cevaplar kavram yanlışları açısından da incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda istatistiksel analizlere göre gruplar arasında anlamlı bir öğrenme farklılığının olmadığı ve bunun yanı sıra her bir grupta son-test lehine puanlarda anlamlı bir artış olduğu görülmüştür. Ayrıca “*Pürüzlülük değişimi yüzeyin özelliğini değiştirmez*” ve “*Bir yüzeyde suyun damla şeklinde durması suyun yüzey geriliminden kaynaklanır*” şeklindeki kavram yanlışlarının ortadan kalktığı belirlenmiştir. Bir etkinlik üzerinden üç yöntem kullanılarak öğretimlerin nasıl yapıldığı açıklanmış ve incelenen kavram yanlışlarına göre bu etkinliğin geliştirilmesine yönelik öneriler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Nanobilim, Yüzey Alanı ve Etkileşimler, 3-B Model, Argümantasyon, Öğretmen Adayları*

Teşekkür: “Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BAP 2018/162 numaralı proje ile desteklenmektedir.”

EK B: Etkinlik Kâğıtlarından Örnekler

Argüman nedir?

Argüman farklı şekilde algılanır.

- Sence argüman en çok neye benzer;
- Sıradan biri argümanı en çok neye benzetir.

Argüman ile ilgili benzetmelerde neden beğendiğini ya da beğenmediğini yorumlar sütununa yazabilirsin.

Argüman benzer.....	Yorumlar
Beyin Fırtınası	
Savaş	
Diplomatik müzakere (görüşme)	
Çatışma	
Gerçeğe giden dolambaçlı bir yol	
Bir açıklama	
Çıkılmaz bir sokak	
(Diğer öneriler/ düşünceler)	

KAVRAM HARİTAM

Aşağıda verilen kavramlar ile uygun bir kavram haritası oluşturunuz.

- 1-Molekül 2-Apolar Molekül 3- Vander Waals Etkileşimleri 4-Hidrojen Bağı Etkileşimi
5-Dipol Dipol Etkileşimi 6-London Kuvvetleri 7-Dipol-Geçici Dipol Etkileşimi 8- Polar Molekül

MOLEKÜLLER ARASI ETKİLEŞİMLER

Aşağıda verilen tabloda belirtilen moleküller arasında var olan etkileşim türünü belirterek, etkileşimlerin gösterimini yapınız. Örnek kısmına verilen moleküllerden aynı etkileşim türünü gösteren farklı bir molekül çifti yazınız.

1- CCl_4 (Karbon Tetra Klorür)	2- H_2O (Su)	3- $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ (KloroBenzen)
4- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (Etil Alkol)	5- C_6H_6 (Benzen)	6- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (n-Bütanol)
7- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ (ter-Bütanol)		

	ETKİLEŞİMLERİN GÖSTERİMİ	ETKİLEŞİM TÜRÜ	ÖRNEK	DÜŞÜNCELERİNİZİ DESTEKLEYEN NEDENLERİNİZ
1 ve 4 Nolu Moleküller Arası				
1 ve 5 No'lu Moleküller Arası				
3 No'lu Moleküller Arası				
2 ve 4 No'lu Moleküller Arası				

ARGÜMANIMIZ

Nesneleri küçükten büyüğe doğru sıralamamız;

.....<.....<.....<.....
<.....<.....<.....<.....
<.....<.....<.....<.....

Şeklindedir.

Sıralamamızı destekleyen kanıtlarımız ve gerekçelerimiz:

.....
.....
.....
.....
.....

Sıralamamız ile ilgili farklı iddialar ortaya atılabilir.

Örneğin;.....
.....
.....
.....
.....

Biz bu iddialara katılmıyoruz. Bu iddiaları çürütmek için aşağıdaki kanıt ve gerekçeleri sunabiliriz.

.....
.....
.....
.....

ARGÜMANIMIZ

Nesnelerin bağıl büyüklüklerini;

Boğaziçi köprüsünün uzunluğu, saç telinin çapından kat büyüktür.

Virüsün çapı, silikon atomunun çapındankat büyüktür.

Alyuvarın çapı, DNA'nın genişliğindenkat büyüktür.

Şeklinde kıyasladık.

İddiamızı destekleyen kanıtlarımız ve gerekçelerimiz:

.....
.....
.....
.....
.....

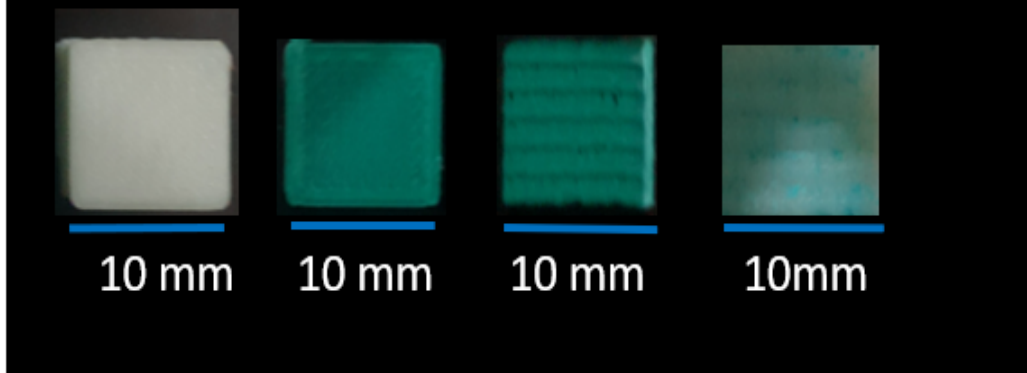
İddiamız ile ilgili farklı iddialar ortaya atılabilir.

Örneğin;.....
.....
.....
.....
.....

Biz bu iddialara katılmıyoruz. Bu iddiaları çürütmek için aşağıdaki kanıt ve gerekçeleri sunabiliriz.

.....
.....
.....
.....
.....

TGA FORMU



1. Model

2. Model

3. Model

4. Model

TAHMİNİM:

Modellere su damlatıldığında damlaların duruş şekilleri tahminlerim

1. Modele su damlatıldığında.....

2. Modele su damlatıldığında.....

3. Modele su damlatıldığında.....

4. Modele su damlatıldığında.....

Şeklindedir.

GÖZLEMİM:

1. İstasyon.....

2. İstasyon.....

3. İstasyon.....

4. İstasyon.....

Şeklindedir.

AÇIKLAMA:

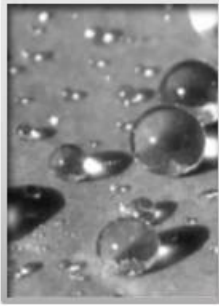
Hangi modelde su damla özelliğini daha fazla gösterdi? İddialarınız ile gözlemlerinizi karşılaştırınız. İddialarınız ile gözlemlerinizi birbiriyle uyum gösterdi mi? Açıklamanızı yazınız.

BİR FOTOĞRAF HİKAYESİ

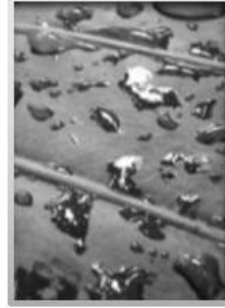
Uzun ve soğuk bir kışın ardından nihayet bahar gelmiş ve aylardan nisandı. Doğa gene yeşil elbiselerini giymiş ve tüm canlılar neşelenmişti.

Efe o sabah kuşların sesine uyanmış ve hemen cama fırlamıştı. Güneşli ve neşeli bir Pazar günü onu bekliyordu; bir gün öncesi annesi ve babası ile bugün pikniğe gitmeyi planlamışlardı. Hemen üstüne rahat bir şeyler giydi ve odasından çıktığında anne ve babasının da hazırlanmış olduğunu gördü. Vakit kaybetmeden Efe ve ailesi piknik yapmak üzere Değirmen Boğazı mesire alanına doğru yola çıktılar.

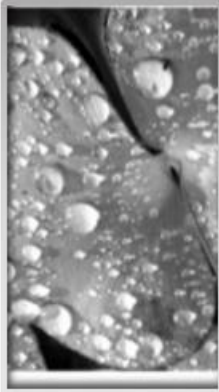
Piknik alanına vardıklarında Efe, annesi kahvaltayı hazırlayana kadar geçen süreyi değerlendirmek üzere fotoğraf makinesi ile çekim yapmaya koyuldu.



1



2



3



4

Çektiği fotoğrafları inceler iken çiğ tanelerinin farklı bitkiler üzerinde farklı şekilde dağıldığını fark etti. Efe; yaprakların üzerinde çiğ tanelerinin neden farklı şekilde durduğunu düşünmeye başladı.

Sizce fotoğraflarda çiğ tanelerinin yapraklar üzerinde farklı görünmelerine etki eden faktörler nelerdir?

ARGÜMANIMIZ

Fotoğraflarımızdaki yaprakları yüzey özelliklerine göre gruplayıp, yüzey morfolojileri çizimlerimiz;

1.Yaprak

2.Yaprak;

3.Yaprak

4.Yaprak;

şeklindedir.

Gruplamamızı ve çizimlerimizi destekleyen kanıtlarımız ve gerekçelerimiz:

.....
.....
.....
.....

Gruplamamız ve çizimlerimiz ile ilgili farklı iddialar ortaya atılabilir.

Örneğin;.....
.....
.....
.....

Biz bu iddialara katılmıyoruz. Bu iddiaları çürütmek için aşağıdaki kanıt ve gerekçeleri sunabiliriz.

.....
.....
.....
.....

KANIT KARTLARI

Desteklediğiniz iddiayı kanıtlamak için aşağıda verilen kanıt kartlarından faydalanabilirsiniz

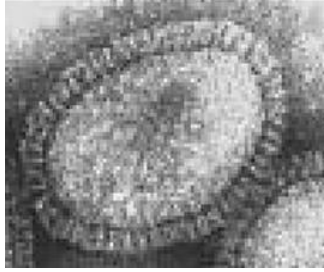
1	Köpek balığının derisi hidrofilik özellik gösterir.
2	Köpek balığının derisi süperhidrofilik özellik gösterir.
3	Köpek balığının derisi hidrofobik özellik gösterir.
4	Köpek balığının derisi süperhidrofobik özellik gösterir.
5	Köpek balığının derisinde bulunan pullar yüzey alanını artırır.
6	Köpek balığının derisinde bulunan pullar pürüzlülüğü artırır.
7	Köpek balığının derisinde bulunan pullar pürüzlülüğü artırdığından suyun oluşturacağı sürtünme kuvvetini azaltır.
8	Köpek balığının derisinde bulunan pullar pürüzlülüğü artırdığından suyun oluşturacağı sürtünme kuvvetini artırır.
9	Köpek balığının derisinde bulunan pullar pürüzlülüğü artırdığından suyun oluşturacağı sürtünme kuvvetini artırır.
10	Köpek balığının riblet yüzeyli deriye sahiptir.
11	Riblet yüzeyi yarıçapı çok büyük olan girdapların oluşumunu engeller, oluşan küçük girdapları sabitler.
12	Riblet yüzeyi yarıçapı çok büyük olan girdapların oluşumunu destekler, oluşan büyük girdapları sabitler.
13	mikroorganizmaların ribletler arasındaki boşluktan daha büyük olması mikroorganizmaların tutunmasını zorlaştırır.
14	Derideki birbirini takip eden sıvı akış hızı, mikroorganizma yerleşim süresini azaltır.

EK C: Büyüklük – Ölçek Konusu Öğretiminde Kullanılan Kartlardan ve Modellerden Örnekler

Alyuvar Görselini İçeren Kart



Grip Virüsü Görselini İçeren Kart



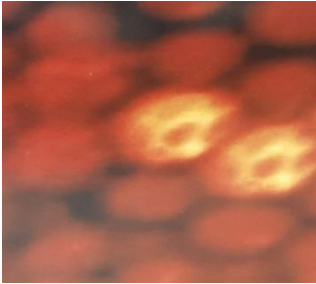
Su Ayısı Görselini İçeren Kart



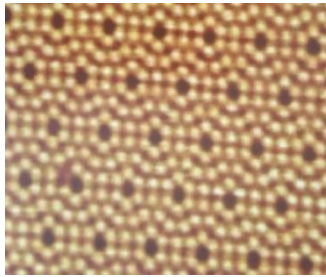
Saç Teli Görselini İçeren Kart



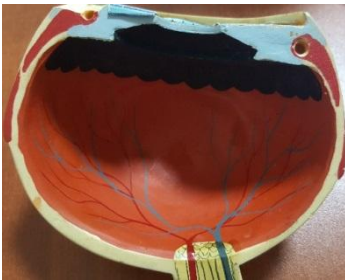
Fulleren Görselini İçeren Kart



Silikon Atomlarının Görselini İçeren Kart



Kılcal Damar Modeli



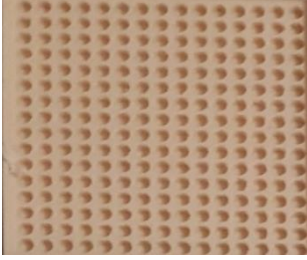
Kornea Modeli



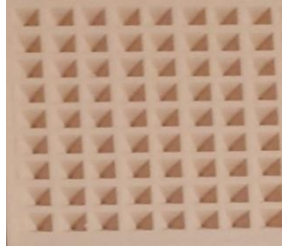
EK D: Pilot Uygulamada Kullanılan 3B Baskılı Modellerden Örnekler

Nilüfer Çiçeği:

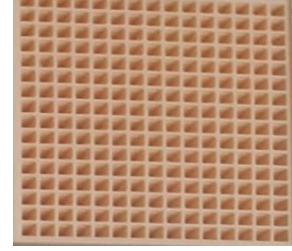
Model 1



Model 2



Model 3



Köpek balığı Derisi:



Gecko Kertenkelesi:



EK E: Gerçek Uygulamada Kullanılan 3B Baskılı Modellerden Örnekler

Nilüfer Çiçeği:

Model 1



Model 2



Model 3



Model 4

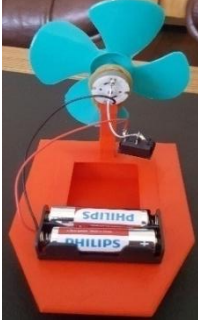


Köpek balığı Derisi:

Model 1



Model 2



Gecko Kertenkelesi Ayak Yapısı:



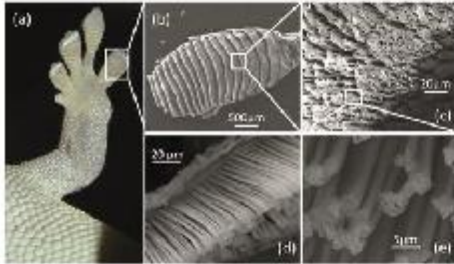
EK F: YÖEKAT

SORULAR

Soru-1: I ve II no'lu fotoğraflar, iki yaprak üzerindeki su damlalarının durumunu göstermektedir. Su damlalarının şekilleri açısından fotoğraflar arasındaki farklılıkların nedenlerini açıklayınız



Soru-2: Bir kertenkele türü olan Gecko kaygan cama tutunabilir, tavanda baş aşağı hızla ilerleyebilir ve hatta tek ayak parmaklarıyla bile dikey yüzeylere tutunabilir. Aşağıda verilen SEM görüntülerini de dikkate alarak bu durumun nedenini açıklayınız ve Gecko'nun ayaklarının/ayak parmaklarının yüzey (cam veya duvar) ile nasıl etkileştiğini ve baş aşağı nasıl yürüebildiğini çizerek gösteriniz?

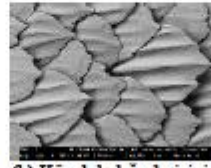


(a) Bir kertenkele türü olan Geckonun ayağı, Gecko'nun ayak parmağından alınan bir kesitin farklı büyütmelerdeki SEM görüntüleri
(b) 500 μm
(c) ve (d) 20 μm
(e) 5 μm

Soru-3: Aşağıda köpek balığı derisinin yapısını gösteren resimler verilmiştir. Bu resimleri dikkate alarak, köpek balıklarının neden çok hızlı yüzdüklerini açıklayınız ve köpek balığı derisinin suyla nasıl etkileştiğini çizerek gösteriniz.

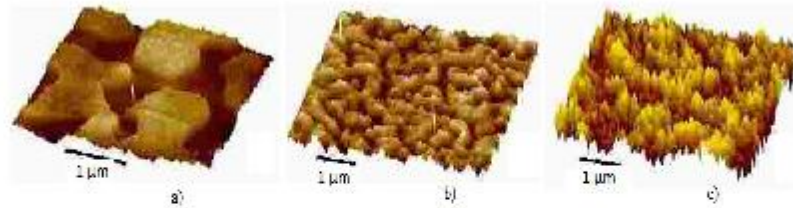


(a) Köpek balığı ve derisi



(b) Köpek balığı derisinin SEM görüntüsü (20 μm)

Soru-4: Polipropilenden (C_3H_6) yapılmış zeminlerin 1 μm skaladaki Atomik Kuvvet/Force Mikroskop (AFM) görüntüleri aşağıda verilmiştir. Bu zeminlerde (a-c) üzerine aynı miktarda 1 damla su ve 1 damla hekzan damlatılıyor. Su ve yağ damlalarının zeminler (a, b ve c) üzerinde nasıl duracağını çizerek gösteriniz ve çizimlerinizin nedenlerini açıklayınız?



Soru-5: Süperhidrofilik, süperhidrofobik, hidrofilik ve hidrofobik kavramlarını açıklayınız. Bir yüzeyin süperhidrofilik, süperhidrofobik, hidrofilik veya hidrofobik olduğunu nasıl anlayabilirsiniz? Açıklayınız.

EK G: Yapılandırılmış İkili Görüşme Formları

Doğadaki nanoyapılardan yararlanılarak 'Yüzey özellikleri ve etkileşimler' konusunun argüman temelli öğretimine yönelik Grup 1 (Argümantasyon grubu) için hazırlanan ikili görüşme soruları

Araştırma Sorusu: Doğadaki nanoyapılardan yararlanılarak 'Yüzey özellikleri ve etkileşimler' konusunun argüman temelli öğretimine yönelik etkinliklere katılan lisans öğrencilerinin etkinlikler ve öğretim ile ilgili görüşleri nelerdir?

Görüşme Tarihi:

Görüşmeye Başlama Saati:

Görüşmenin Bitiş Saati:

Görüşülen Kişi:

Görüşmeci:

Katılımcıya Görüşmeden Önce Söylenecek İfadeler:

Bu çalışmanın amacı, doğadaki nanoyapılardan yararlanılarak 'Yüzey özellikleri ve etkileşimler' konusunun argüman temelli öğretimine yönelik katıldığımız öğretim ve etkinlikler hakkında görüşlerinizi almaktır. Bu görüşme ile ilgili tüm bilgiler ve kimliğiniz gizli tutulacaktır. Açıklamalarımızı yaparken hiçbir şeyden endişe etmenize gerek yoktur. Soruları içtenlikle cevaplayacağımıza inanıyorum. Görüşmeye katıldığınız için çok teşekkür ediyorum. Hazırsanız görüşme sorularına geçiyorum.

GÖRÜŞME SORULARI

- Katıldığımız öğretime göre gerçekleştirilen dersler (Argümantasyon) bu zamana kadar gerçekleştirilen fen bilimleri derslerinizden farklı mıydı?
 - Eğer farklı olmadığımı düşünüyorsanız sebebini açıklayınız.
 - Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.
- 'Yüzey özellikleri ve Etkileşimler' konusunun öğretiminde Tanecikler arası etkileşimler, Büyüklük-ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko etkinlikleri gerçekleştirildi.
 - Bu etkinliklerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?
 - Bu etkinliklerden hangi etkinliği daha çok beğendiniz? Neden?
 - Hangi etkinliğin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?
 - Öğretim açısından katıldığımız etkinlikleri değerlendir misiniz?
 - Argümantasyon yönteminin 'Yüzey özellikleri ve Etkileşimler' konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.
 - Derslerin argümantasyon yöntemi kullanılarak işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse neden? Gitmediyse neden?
- Derslerde kullanılan etkinlik kâğıtları hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu etkinlik kâğıtları konuyu öğrenmenizde yararlı oldu mu?
- Katıldığımız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açınızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?
- Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?

Doğadaki nanoyapıların 3-B baskılı modelleri üzerinden ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun argüman temelli öğretimine yönelik Grup 2 (Argümantasyon+3-B model grubu) için hazırlanan ikili görüşme soruları

Araştırma Sorusu: Doğadaki nanoyapıların 3-B baskılı modelleri üzerinden ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun argüman temelli öğretimine yönelik etkinliklere katılan lisans öğrencilerinin etkinlikler ve öğretim ile ilgili görüşleri nelerdir?

Görüşme Tarihi:

Görüşmeye Başlama Saati:

Görüşmenin Bitiş Saati:

Görüşülen Kişi:

Görüşmeci:

Katılımcıya Görüşmeden Önce Söylenecek İfadeler:

Bu çalışmanın amacı, doğadaki nanoyapıların 3-B baskılı modelleri üzerinden ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun argüman temelli öğretimine yönelik katıldığınız öğretim ve etkinlikler hakkında görüşlerinizi almaktır. Bu görüşme ile ilgili tüm bilgiler ve kimliğiniz gizli tutulacaktır. Açıklamalarınızı yaparken hiçbir şeyden endişe etmenize gerek yoktur. Soruları içtenlikle cevaplayacağımıza inanıyorum. Görüşmeye katıldığınız için çok teşekkür ediyorum. Hazırsanız görüşme sorularına geçiyorum.

GÖRÜŞME SORULARI

1. Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler (Argümantasyon+Model) bu zamana kadar gerçekleştirilen fen bilimleri derslerinizden farklı mıydı?
 - Eğer farklı olmadığını düşünüyorsanız sebebini açıklayınız.
 - Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.
2. ‘Yüzey özellikleri ve Etkileşimler’ konusunun öğretiminde Tanecikler arası etkileşimler, Büyükhük-ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko etkinlikleri gerçekleştirildi.
 - Bu etkinliklerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?
 - Bu etkinliklerden hangi etkinliği daha çok beğendiniz? Neden?
 - Hangi etkinliğin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?
 - Öğretim açısından katıldığınız etkinlikleri değerlendirir misiniz?
 - Argümantasyon yönteminin ‘Yüzey özellikleri ve Etkileşimler’ konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.
 - Derslerde kullanılan 3-B baskılı modellerinin ‘Yüzey özellikleri ve Etkileşimler’ konusunu öğrenmenize bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz? Nedenini açıklayınız.
 - Derslerin argümantasyon yöntemi ve 3-B baskılı modellerin kullanılarak işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse neden? Gitmediyse neden?
3. Derslerde kullanılan etkinlik kâğıtları hakkında ne düşünüyorsunuz? Bu etkinlik kâğıtları konuyu öğrenmenizde yararlı oldu mu?
4. Katıldığınız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açınızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?
5. Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?

**Doğadaki nanoyapılar kullanılarak ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun öğretimine yönelik Grup
3 (Kontrol) için hazırlanan ikili görüşme soruları**

Araştırma Sorusu: Doğadaki nanoyapılar kullanılarak ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun öğretimine yönelik derslere katılan lisans öğrencilerinin dersler ve öğretim ile ilgili görüşleri nelerdir?

Görüşme Tarihi:

Görüşmeye Başlama Saati:

Görüşmenin Bitiş Saati:

Görüşülen Kişi:

Görüşmeci:

Katılımcıya Görüşmeden Önce Söylenecek İfadeler:

Bu çalışmanın amacı, doğadaki nanoyapılar kullanılarak ‘Yüzey özellikleri ve etkileşimler’ konusunun öğretimine yönelik katıldığımız öğretim ve etkinlikler hakkında görüşlerinizi almaktır. Bu görüşme ile ilgili tüm bilgiler ve kimliğimiz gizli tutulacaktır. Açıklamalarınızı yaparken hiçbir şeyden endişe etmenize gerek yoktur. Soruları içtenlikle cevaplayacağımıza inanıyorum. Görüşmeye katıldığınız için çok teşekkür ediyorum. Hazırsanız görüşme sorularına geçiyorum.

GÖRÜŞME SORULARI

1. Katıldığımız öğretime göre gerçekleştirilen dersler bu zamana kadar gerçekleştirilen fen bilimleri derslerinizden farklı mıydı?
 - Eğer farklı olmadığını düşünüyorsanız sebebini açıklayınız.
 - Eğer farklı olduğunu düşünüyorsanız ne tür farklılıklar olduğunu açıklayınız.
2. ‘Yüzey özellikleri ve Etkileşimler’ konusunun öğretiminde Tanecikler arası etkileşimler, Büyüklük-ölçek, Hidrofilik, hidrofobik, süperhidrofilik, süperhidrofobik yüzeyler (Nilüfer çiçeği bitkisi), Köpek balığı ve Gecko ile ilgili dersler işlendi.
 - Bu derslerin konuyu öğrenmenize etkisi oldu mu? Açıklar mısınız?
 - Bu derslerden hangisini daha çok beğendiniz? Neden?
 - Hangi dersin konuyu öğrenmede daha etkili olduğunu düşünüyorsunuz, neden?
 - Öğretim açısından katıldığımız dersleri değerlendirir misiniz?
 - Derslerin bu şekilde işlenmesi hoşunuza gitti mi? Gittiyse Neden? /Gitmediyse neden?
3. Katıldığımız öğretime göre gerçekleştirilen dersler fen derslerine karşı bakış açımızı değiştirdi mi? Değiştirdiyse nasıl ve neden?
4. Uygulanan öğretimin daha iyi bir hale getirilmesi için önerileriniz var mı?
5. Eklemek istediğimiz başka bir şey var mı?

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Duygu IŞIK EROL
Doğum tarihi ve yeri : **18.11.1980 / Balıkesir**
e-posta : duyguerol10@gmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Kimya Öğretmenliği	2002
Lise	Sındırgı Lisesi/ Sındırgı/ BALIKESİR	1998

Yayın Listesi

Yüksel M., Işık Erol D. ve Benlikaya R. (2017, Kasım) Kimya Öğretmen Adaylarında Alaşım lar ile ilgili Eksik Bilgilerin Oluşumuna Kaynak Kitapların Etkisi, 1. Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Sempozyumu, 3-5 Kasım 2017, Bandırma.

Benlikaya R., Kabaca A., Yılmaz M., Balcı B., Korkusuz M. E. ve Işık Erol D. (2018, Ekim) Ortaöğretim Düzeyin de Nanobilim Öğretimi İçin Kullanılabilecek Etkinlikler, Uluslararası Necatibey Eğitim ve Sosyal Bilimler Araştırmaları Kongresi, 26-28 Ekim 2018, Balıkesir.

Benlikaya, R., Işık Erol, D., Yıldırım, H. E. ve Korkusuz, M. E. (2019, Eylül). Argümantasyon ve/veya 3-B Baskılı Modellerin Kullanılmasının Öğretmen Adaylarının Kavramsal Anlamalarına Etkisi: Yüzey özellikleri ve etkileşimler. II. Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi, 5-7 Eylül, 2019, Amasya [**Tezden türetilmiştir**]